

DIVISÃO 1 - SOLO NO ESPAÇO E NO TEMPO

Comissão 1.1 - Gênese e morfologia do solo

Nota

INDICATIVOS DE DESCONTINUIDADE LITOLÓGICA DE REGOLITOS DERIVADOS DE GRANITOS EM UMA MICROBACIA SOB FLORESTA AMAZÔNICA, EM JURUENA – MT⁽¹⁾

João Paulo Novaes Filho⁽²⁾, Eduardo Guimarães Couto⁽³⁾, Luiz Carlos Mattos Rodrigues⁽⁴⁾, Léo Adriano Chig⁽⁵⁾ & Mark S. Johnson⁽⁶⁾

RESUMO

As paisagens tropicais são caracterizadas por possuírem complexas coberturas superficiais que trazem consigo os registros de processos que ocorreram durante os períodos geológicos antecedentes. Porém, é comum as camadas verticais de uma paisagem apresentarem características morfológicas aparentemente homogêneas, dificultando, assim, a identificação da natureza do material de origem dos seus estratos. Objetivou-se estudar regolitos (*solum* + saprolito) derivados de granitos do Complexo Xingu em uma microbacia sob vegetação de floresta amazônica, a partir de atributos indicadores de sua formação. Predominam na área estudada Latossolos Vermelho-Amarelos e Plintossolos. Foram coletadas amostras em quatro pontos da paisagem: um no platô, dois na encosta e um no sopé; as profundidades de coleta foram de 0–0,6, 0,6–1,0 m e, a partir de 1,0 m, a cada metro de profundidade até atingir 8,0 m, ou a rocha. Os resultados das relações Ki, Kr, Zr/Ti e areia fina/areia grossa (AF/AG) foram discutidos, permitindo identificar alguns aspectos dos processos de formação dos regolitos da microbacia. Os regolitos dos pontos 1 (platô) e 3 (encosta 2) possuem material de origem *ex-situ*; o ponto 2 (encosta 1) possui a sua gênese dentro de uma sequência normal de intemperismo, sem aporte de material externo; e o ponto 4, localizado no sopé da paisagem, apresentou algumas diferenças nos materiais próximos da superfície – indicativo de deposição de material das partes mais altas do relevo. Dos atributos utilizados, a relação Zr/Ti, juntamente com a relação AF/AG, foi mais eficiente na identificação de descontinuidades de material de origem dos regolitos.

Termos de indexação: intemperismo, gênese, alóctone.

⁽¹⁾ Pesquisa realizada em Juruena (MT), durante o projeto de cooperação entre a FAMEV/UFMT e o LBA (Experimento de Grande Escala Biosfera e Atmosfera na Amazônia), no período de 2003 a 2005. Recebido para publicação em 24 de março de 2011 e aprovado em 24 de janeiro de 2012.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo (Doutorando), Pesquisador do Departamento de Solos e Extensão Rural - FAMEV/UFMT. Rua Buenos Aires 410, Jardim das Américas, CEP 78060-634 Cuiabá (MT). E-mail: jpnovaes@terra.com.br

⁽³⁾ Professor Doutor do Departamento de Solos e Extensão Rural, FAMEV/UFMT. E-mail: couto@ufmt.br

⁽⁴⁾ Engenheiro-Agrônomo, Mestre em Agricultura Tropical. E-mail: mattosr@cpd.ufmt.br

⁽⁵⁾ Engenheiro-Agrônomo, Pesquisador Doutor do Departamento de Solos e Extensão Rural, FAMEV/UFMT. E-mail: leochig@gmail.com

⁽⁶⁾ Professor Doutor, Institute for Resources, Environment & Sustainability, The University of British Columbia, Vancouver, Canada. E-mail: mark.johnson@ubc.ca

SUMMARY: LITHOLOGICAL DISCONTINUITY OF GRANITE REGOLITH IN A SMALL WATERSHED IN THE AMAZON FOREST, IN JURUENA, MATO GROSSO

Tropical landscapes are characterized by complex surface mantles which carry the marks of processes that took place during previous geological periods. However, it is common for vertical layers in the landscape to show morphological characteristics apparently homogeneous, thus hampering the identification of the nature of the source material of their strata. The objective of this study was to analyze the regolith (solum + saprolite) formation from granite of the Xingu Complex in a small watershed covered with Amazonian forest, based on pedological soil indicators. The predominant soils in the study area were Oxisols and Plinthosols. Soil samples were collected from four positions: one on the plateau, two on a hillslope and one at a footslope, from the layers 0–0.6, 0.6–1.0 m and then every meter down to 8.0 m, or until bedrock was reached. The Ki, Kr, zirconium/titanium (Zr/Ti) and fine sand/coarse sand (AF/AG) ratios were used to identify aspects of the processes of regolith formation in the small watershed. The regoliths at site 1 (summit) and 3 (hillslope 2) were formed from ex-situ soil material; site 2 (hillslope 1) was formed in a normal sequence of weathering, with no indication of contribution of allochthonous material; however, at site 4, a footslope, some differences were observed in the topsoil, suggesting the deposition of material from the higher parts of the landscape. The ratios Zr/Ti and AF/AG were more effective as indicators of the lithological discontinuity of granite regolith.

Index terms: weathering; soil genesis; allochthonous.

INTRODUÇÃO

Existem nas paisagens tropicais complexas coberturas superficiais, distribuídas por diversos segmentos do relevo. Os horizontes do regolito (*solum* + saprolito), materiais inconsolidados, podem ser tanto originados de material *in situ* quanto de material transportado. Como resultado, muitos solos dos trópicos úmidos são poligenéticos, isto é, sua gênese está associada tanto a processos intensos de intemperismo, que gera remoção de sílica e acúmulo relativo de alumínio (Moniz et al., 1982), como a atividades de erosão e deposição do material de origem. O entendimento da pedogênese e da variabilidade do solo, bem como a quantificação de elementos indicadores de sua formação, nem sempre são simples e diretos. Para esses estudos, as relações solo-paisagem foram utilizadas por Vidal-Torrado & Lepsch (1993) e Coelho et al. (1994), sobretudo, por permitir estabelecer correlações entre determinados atributos de solos e os seus processos de formação.

Entre os clássicos fatores de pedogênese descritos por Jenny (1941), o material de origem pode ser constituído por matérias transportadas, distintas, portanto, das encontradas no local pesquisado. A característica morfológica mais marcante, indicadora da descontinuidade de materiais formadores de um regolito, é a presença de linha de pedras entre horizontes (Birkeland, 1984; Taylor & Eggleton, 2001; Cruz et al., 2006), porém isso nem sempre ocorre. É comum as camadas verticais de uma paisagem apresentarem características morfológicas aparentemente homogêneas, dificultando, assim, a identificação da natureza do material de origem dos seus estratos. Dessa forma, há necessidade de empregar outros critérios nessas pesquisas, entre os quais são

recomendados estudos de propriedades mineralógicas e químicas dos materiais constituintes.

Uma sequência normal de intemperismo da rocha para o solo deve mostrar alterações na concentração dos componentes químicos em concordância com acumulação relativa de alguns elementos menos móveis e com perda de elementos mais móveis ou mais solúveis. O uso de certos atributos geoquímicos baseia-se na ideia de que os depósitos residuais são produtos do intemperismo diferencial e da lixiviação, responsáveis pela remoção de elementos mais solúveis do perfil, deixando os elementos relativamente menos móveis, como o Al, Fe, Zr e Ti (Birkeland, 1984; Taylor & Eggleton, 2001; Moreira & Oliveira, 2008).

Devido à pequena remoção do alumínio, praticamente desprezível, esse elemento é usado junto com o silício para avaliar o grau de evolução de materiais em decomposição, por meio da relação molecular sílica/alumina, cujo símbolo é Ki. Esse índice, representado pela relação ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$), é utilizado para estabelecer um limite entre solos muito intemperizados ($\text{Ki} < 2,0$) e pouco intemperizados ($\text{Ki} > 2,0$), além de ser um referencial empregado na definição de horizonte B latossólico ($\text{Ki} < 2,2$). Outra relação semelhante é o Kr, que representa a relação entre um elemento de grande mobilidade (Si) e o somatório de elementos de baixa mobilidade (Fe e Al). Por envolver os teores de Fe, Al e Si, é empregado para separar solos cauliniticos ($\text{Kr} > 0,75$) de solos oxídicos ($\text{Kr} < 0,75$) (Resende & Santana, 1998; IBGE, 2005).

Os elementos Zr e Ti integram minerais de grande estabilidade, como o zircão (ZrSiO_4) e o rutilo (TiO_2), respectivamente. Por isso, eles têm sido utilizados como indicadores da quantidade de material de origem que foi intemperizado para

produzir determinado volume de solo, bem como para indicar a ocorrência de descontinuidade litológica no perfil (Luz et al., 1992; Rolim Neto & Santos, 1994; Moreira & Oliveira, 2008).

A relação areia fina/areia grossa (AF/AG) tem sido usada com sucesso para estudos de homogeneidade nos materiais de origem do solo. Espera-se que em materiais homogêneos a relação se mantenha uniforme ao longo das camadas em profundidade e, onde haja descontinuidade litológica, a relação também se altere (Kuzila, 1995).

Neste estudo, foram utilizadas as relações Ki, Kr, Zr/Ti e AF/AG em pontos distintos da paisagem de uma microbacia, com o objetivo de investigar a gênese dos materiais dos regolitos (*solum* + saprolito) que se encontram sob aquela superfície. Houve também a intenção de verificar-se a eficiência dos marcadores geoquímicos na identificação de descontinuidades de materiais de origem, já que os pontos de coleta não apresentaram evidências claras, como a presença de linhas de pedras separando horizontes.

MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada é uma microbacia de 1,90 ha, localizada na Fazenda Rohsamar, no município de Juruena, Estado de Mato Grosso (coordenadas

geográficas 10° 28' 34" S e 58° 28' 05" WGr). Essa área pertence à grande bacia do rio Juruena, cuja vegetação não perturbada é classificada como Floresta Ombrófila Densa de formação submontana (IBGE, 1990).

A geologia consiste em litografia Pré-Cambriana do Complexo Xingu, com predominância de granitos (Brasil, 1980). A formação geomorfológica pertence à Depressão Interplanáltica da Amazônia Meridional, com relevo suave ondulado na maior parte da região e altitude em torno de 280 m (Brasil, 1980; SEPLAN, 2001). Os solos da microbacia foram descritos e classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e Plintossolo Háptico distrófico, em levantamento ultradetalhado realizado por Novaes Filho et al. (2007).

O clima da região é o tropical quente e úmido (Aw), pelo sistema de Köppen; a temperatura média anual é de 24 °C, e a precipitação pluvial total no ano de 2003, medida por Johnson et al. (2004), foi de 2.379 mm. O regime de umidade do solo é caracterizado como ústico, pois compreende um período seco de mais de 90 dias (van Wambeke, 2002).

Os locais escolhidos foram georreferenciados (tomada de coordenadas), e as coletas das amostras foram realizadas com trado holandês em quatro pontos da paisagem (Figura 1): um no platô (P1), dois na encosta (P2 e P3) e um no sopé (P4). As

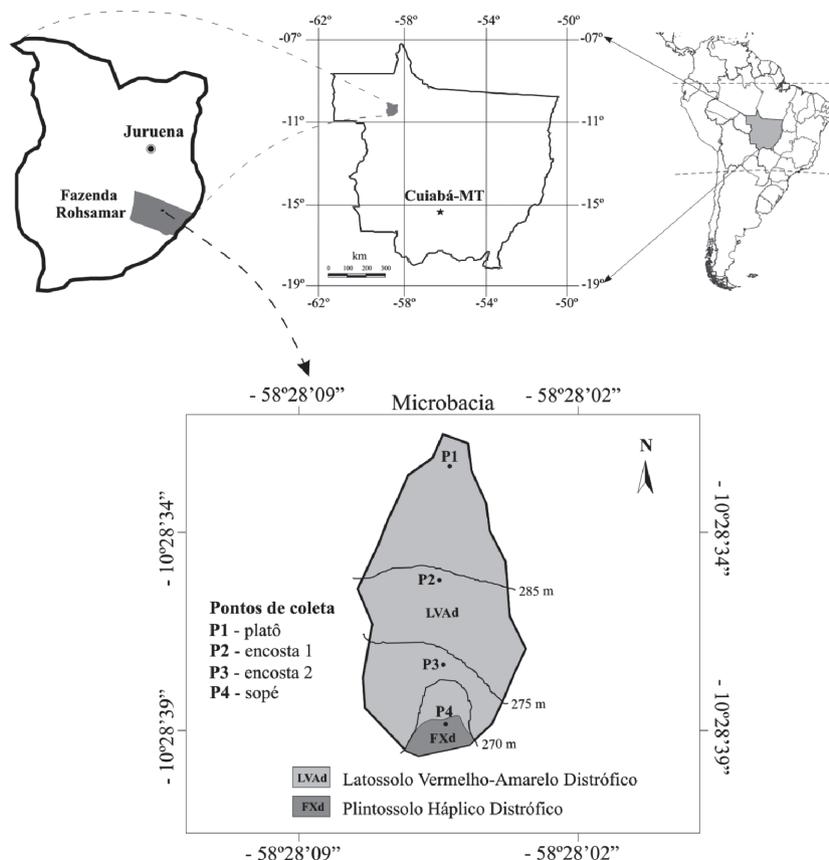


Figura 1. Localização da microbacia e distribuição dos perfis coletados.

profundidades de coleta foram: 0–0,6 m, 0,6–1,0 m e, a partir de 1,0 m, as coletas foram feitas a cada metro de profundidade até atingir o máximo de 8,0 m, ou a rocha. Esses locais de coletas foram selecionados de acordo com a sua posição na paisagem, pois os solos constituintes da microbacia, Latossolo Vermelho-Amarelo (P1 – platô; P2 e P3 – encostas) e Plintossolo Háptico (P4 – sopé), possuem perfis descritos que apresentam aparente homogeneidade em seus horizontes, isto é, sem a presença de linhas de pedras, que poderiam indicar descontinuidade litológica.

As amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm (TFSA). A análise textural foi determinada pelo método do densímetro, com agitação em solução de NaOH, com subfracionamento da fração areia, conforme descrito por Embrapa (1997). Os elementos Zr e Ti foram determinados por espectrometria de fluorescência de raios X (FR-X), por energia dispersiva, método FP QUALI-QUANT, em atmosfera de vácuo, com calibrador de 10 mm. Os elementos, expressos na forma de óxidos (Al_2O_3 , Fe_2O_3 e SiO_2), foram determinados pelo método do ataque sulfúrico (H_2SO_4 , volume 1:1), conforme descrito em Embrapa (1997). Esse método pressupõe a solubilização somente da fração argila do solo para quantificação de seus elementos formadores, permitindo a determinação das relações moleculares Ki e Kr, calculados segundo o IBGE (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da estatística descritiva das relações dos atributos estudados em cada paisagem dentro da microbacia pesquisada estão no quadro 1, onde se verifica que o P1 (platô), estudado até a profundidade de 8,0 m, entre todos, foi o que apresentou maior variação de atributos Ki, Kr e Zr/Ti, com os mais altos coeficientes de variação (22, 23 e 61 %, respectivamente).

Os resultados também mostraram valores discordantes da sequência normal de intemperismo no P1, já que foi observado, no sentido da rocha para o solo, acréscimo relativo de SiO_2 e decréscimo nos valores de Al_2O_3 (Figura 2); isso é incompatível com o esperado, pois o silício é um elemento móvel que sai do sistema no decorrer desse processo (Moreira & Oliveira, 2008). As relações moleculares Ki e Kr (Figura 3) apresentam-se crescentes acima da profundidade de 3,0 m, indicando material menos intemperizado, o que corrobora a hipótese de aporte de material externo. A relação Zr/Ti (Figura 4) também apresenta brusca mudança na profundidade de 3,0 m no P1, revelando a possível ocorrência de descontinuidade geoquímica, porém não há uma regra geral para a análise desse índice. Na literatura, são abordadas algumas considerações para a identificação de descontinuidades utilizando a relação entre o Zr e o Ti, entre as quais as comentadas nos trabalhos realizados por Maynard (1992) e Cooper et al. (2002).

Quadro 1. Estatística descritiva das relações dos atributos estudados nas diferentes paisagens

Relação	Pontos	Paisagem	N	Mínimo	Máximo	Amplitude	Média	S	CV (%)
Ki	P1	Platô	9	1,33	2,63	1,29	1,91	0,41	22
	P2	Encosta 1	5	1,97	2,44	0,47	2,12	0,19	9
	P3	Encosta 2	9	1,91	2,68	0,76	2,15	0,23	11
	P4	Sopé	4	2,21	2,91	0,71	2,45	0,31	13
Kr	P1	Platô	9	1,15	2,39	1,23	1,71	0,40	23
	P2	Encosta 1	5	1,76	2,22	0,46	1,90	0,19	10
	P3	Encosta 2	9	1,71	2,46	0,75	1,92	0,23	12
	P4	Sopé	4	1,98	2,57	0,59	2,18	0,27	12
Zr/Ti	P1	Platô	9	0,06	0,23	0,17	0,12	0,07	61
	P2	Encosta 1	5	0,09	0,12	0,03	0,10	0,01	13
	P3	Encosta 2	9	0,01	0,12	0,11	0,07	0,03	49
	P4	Sopé	4	0,07	0,08	0,01	0,07	0,01	7
AF/AG	P1	Platô	3	120,40	194,07	73,68	147,99	40,17	27
	P2	Encosta 1	3	86,92	102,33	15,41	94,97	7,73	8
	P3	Encosta 2	3	35,01	95,84	60,83	60,49	31,60	52
	P4	Sopé	3	47,93	62,30	14,37	52,85	8,19	16

N: número de amostras por perfil; S: desvio-padrão; CV (%): coeficiente de variação; Ki: relação molecular ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$); Kr: relação molecular [$\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$]; Zr/Ti: relação entre os elementos zircônio e titânio; e AF/AG: relação areia fina/areia grossa.

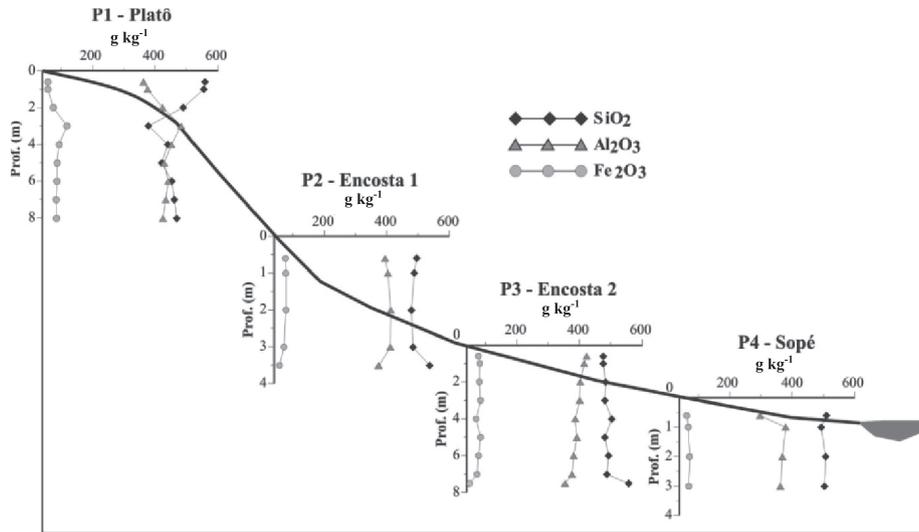


Figura 2. Distribuição dos teores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 nos pontos localizados em paisagens distintas da microbacia.

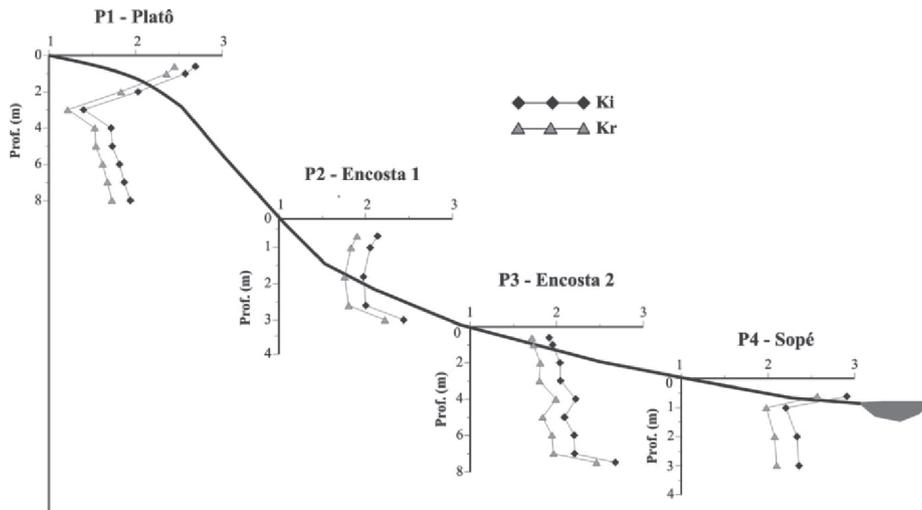


Figura 3. Distribuição das relações moleculares K_i ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) e K_r [$\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$] nos pontos estudados da microbacia.

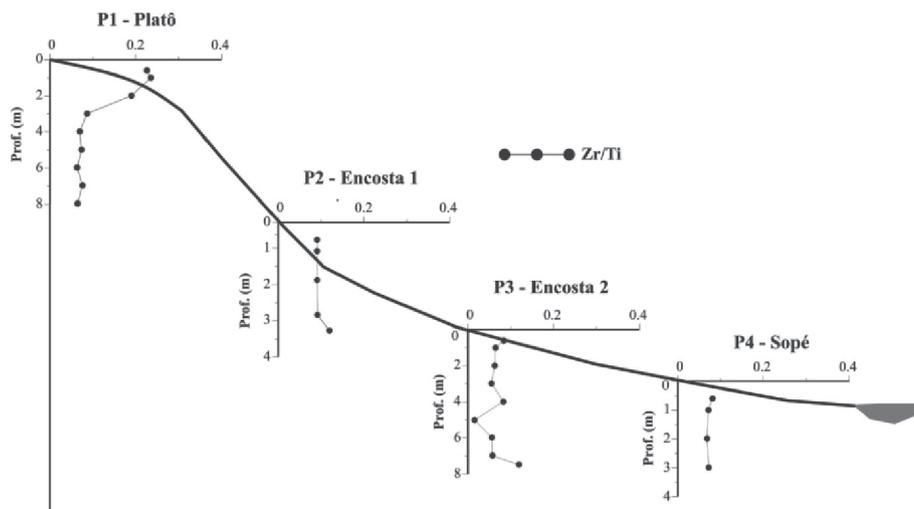


Figura 4. Distribuição da relação Zr/Ti nos pontos estudados da microbacia.

Maynard (1992) considerou que, se a relação Zr/Ti tiver desvio maior que 100 %, a partir do material de origem, para materiais muito intemperizados, possivelmente há material alóctone, segundo a expressão adaptada [Desvio = $(Zr/Ti_s - Zr/Ti_m) / Zr/Ti_m$, em que: s – solo e m – material de origem]. Como o material de origem da microbacia estudada, formada predominantemente de granito, apresentou relação Zr/Ti = 0,07, houve variação superior a 100 % no platô (P1). Já Cooper et al. (2002) destacaram a insuficiência de informações na literatura que especifiquem a diferença necessária para indicar descontinuidade litológica em solos de climas tropicais.

Há também a possibilidade de analisar a variabilidade da relação Zr/Ti entre as camadas de regolito sob o critério proposto por Wilding & Drees (1983). De acordo com esses autores, a variabilidade esperada de atributos de solo, dentro de uma paisagem, é assim expressa: baixa (coeficiente de variação < 15 %), moderada (coeficiente de variação de 15 a 35 %) e alta (coeficiente de variação > 35 %). Por esse critério, o P1 (platô) apresentou alta variabilidade quando se analisou a relação Zr/Ti (Quadro 1), indicando diferenças notáveis distribuídas entre as camadas estudadas.

Investigando a distribuição da relação AF/AG no P1, foi observada significativa alteração de seus índices próximo da profundidade de 3,0 m (Figura 5). Essas alterações demonstram a boa sensibilidade da relação AF/AG para identificar descontinuidades de materiais de origem – fato já relatado por Karathanasis & MacNeal (1994).

No P2 (encosta 1) foram coletadas amostras até o contato com a rocha, na profundidade de 3,5 m. Nesse ponto da paisagem foi observada menor variação dos atributos Ki e Kr, comparativamente

aos outros locais, com menores valores de coeficiente de variação (Quadro 1). Verificou-se que há sequência normal de intemperismo, em que há no sentido da rocha para o solo diminuição relativa de SiO₂ e acréscimo de Al₂O₃ (Figura 2). Há também pouca diferenciação quanto às variações das relações Zr/Ti e AF/AG, com variabilidades consideradas baixas (Wilding & Drees, 1983) – indicativo de que o regolito desse local não foi influenciado por material externo.

No outro ponto da encosta, P3, houve coletas até a profundidade de 7,5 m, limite com a rocha matriz. Alguns atributos apresentaram variações pouco significativas nesse perfil, como o Ki e Kr; exceto por um pequeno desvio na sequência dos valores na profundidade a partir de 3,0 m, essas relações moleculares mostraram-se dentro da normalidade esperada, isto é, maiores valores em profundidade e menores próximos da superfície, onde o intemperismo é mais acentuado. Houve, no sentido da rocha para o solo, diminuição relativa de SiO₂ e acréscimo de Al₂O₃ (Figura 2). Contudo, a relação Zr/Ti (Figura 4) para esse ponto demonstrou de forma mais evidente interrupções bruscas entre as camadas coletadas, principalmente a partir da profundidade de 3,0 m, o que indica possível descontinuidade geoquímica. Considerando o critério proposto por Maynard (1992), observa-se que existe desvio maior que 100 %, a partir do material de origem (relação Zr/Ti = 0,07), entre as camadas do P3. Essa variação pode ser constatada pelo valor de coeficiente de variação (CV = 49 %) (Quadro 1), cuja variabilidade é considerada alta, segundo Wilding & Drees (1983). Quanto aos índices gerados pela relação AF/AG (Figura 5) das camadas do regolito, observou-se que houve brusca alteração de valores a partir da profundidade de 3,0 m, que coincidiu também com alterações da relação Zr/Ti. Outra observação

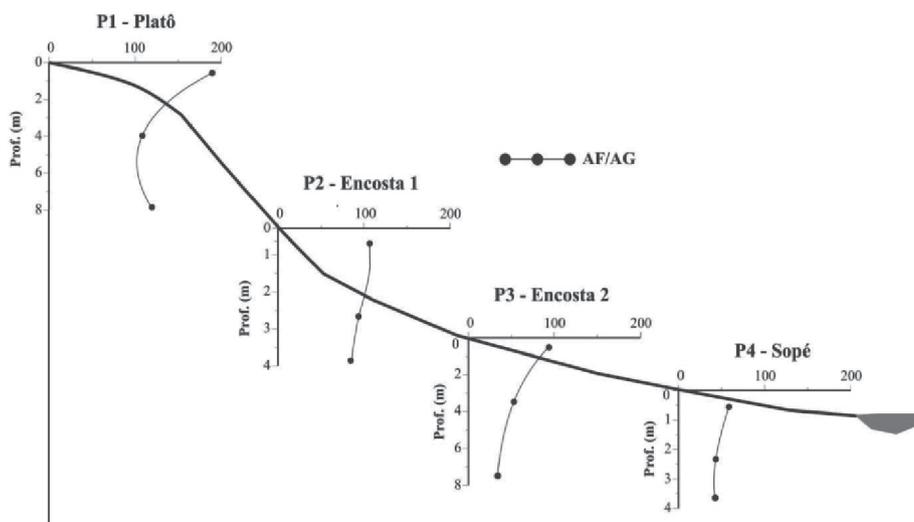


Figura 5. Distribuição da relação areia fina/areia grossa (AF/AG) nos pontos estudados da microbacia.

pertinente é o alto valor de coeficiente de variação apresentado na distribuição da razão AF/AG (CV = 52 %), indicativo de alta dispersão de dados. Dessa forma, ficou demonstrada a importância de utilizar conjuntamente vários atributos indicadores para a análise de pedogênese, já que, isoladamente, as relações Ki e Kr não identificaram a descontinuidade do material de origem.

O P4 (sopé), o único coletado em solo da classe Plintossolo, até a profundidade de 3,5 m, exibe distribuição anômala discordante da sequência normal de intemperismo, em que há elevação relativa de SiO₂ e decréscimo nos valores de Al₂O₃, no sentido da rocha para o solo (Figura 2). Essa descontinuidade é mais acentuada próximo da superfície do solo, na profundidade de 0,6 m. O mesmo comportamento ocorre com os atributos Ki e Kr (Figura 3), pois se apresentam crescente da profundidade de 1,0 m até a superfície, indicando material menos intemperizado do que em maiores profundidades. As relações Zr/Ti e AF/AG, para esse ponto, mostram-se sem interrupções bruscas entre as camadas do solo e a rocha subjacente, indicando a semelhança de material. A diferença de atributos Ki e Kr próxima da superfície, aliada à distribuição relativamente homogênea das relações Zr/Ti e AF/AG no P4, sugere a ocorrência de mobilização e transporte de material de origem semelhante das partes altas (sedimentos) e deposição na superfície deste solo, no sopé da microbacia.

As relações moleculares Ki e Kr demonstraram boa sensibilidade para identificar sequências de intemperismo, ou seja, apontaram camadas verticais que perderam em maior ou menor grau o elemento Si, de grande mobilidade, com a consequente acumulação relativa de elementos de baixa mobilidade (Fe e Al). Assim, essas relações entre moléculas mais solúveis e as de baixa mobilidade indicaram valores discordantes da sequência normal de intemperismo nos pontos P1 e P4; no ponto P2, essas relações moleculares demonstraram a existência de uma sequência normal de intemperismo, em que há no sentido da rocha para o solo diminuição relativa de SiO₂ e acréscimo de Al₂O₃; por sua vez, no ponto P3, as relações Ki e Kr foram muito modestas em identificar alterações anômalas da sequência esperada a partir de 3,0 m de profundidade.

Quando se analisou a distribuição em profundidade das relações Zr/Ti e AF/AG, observou-se que elas foram mais eficientes em demonstrar alterações de materiais de origem no corpo dos regolitos estudados.

Essas alterações encontradas nos quatro pontos localizados em espaços tão próximos entre si, como no caso da paisagem da microbacia estudada, parecem estar mais relacionadas com o material de origem e o relevo do que com os outros fatores de formação do solo, corroborando, assim, os estudos

pedológicos feitos por Novaes Filho et al. (2007) naquela área.

CONCLUSÕES

1. Os pontos P1 (platô) e P3 (encosta 2), por serem os mais profundos, expressaram mais claramente a distribuição dos atributos pesquisados, demonstrando a presença de material alóctone no corpo dos regolitos.

2. Quanto ao ponto P2 (encosta 1), pouco profundo, constatou-se que a sua gênese ocorreu dentro de uma sequência normal de intemperismo, o que não indica aporte de material externo.

3. O ponto 4, localizado na parte baixa da microbacia (sopé), apresenta algumas diferenças nos materiais próximos da superfície, o que possibilita a ideia de mobilização de material das partes altas e a consequente deposição nessa paisagem.

4. As relações Zr/Ti e AF/AG foram mais eficientes na identificação de descontinuidades de material de origem na microbacia estudada. Contudo, apesar de as descontinuidades por material *ex-situ* serem facilmente detectadas por alguns atributos geoquímicos, é prudente a utilização de vários critérios de interpretação no estudo da pedogênese.

LITERATURA CITADA

- BIRKELAND, P.W. Soils and geomorphology. New York, 1984. 372p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC. 21 - Juruena. Rio de Janeiro, 1980. 460p. (Levantamento de Recursos Naturais, 20)
- COELHO, R.M.; LEPSCH, I.F. & MENK, J.R.F. Relações solo-relevo em uma encosta com transição arenito-basalto em Jaú (SP). R. Bras. Ci. Solo, 18:125-137, 1994.
- COOPER, M.; VITAL-TORRADO, P. & LEPSCH, I.F. Stratigraphical discontinuities, tropical landscape evolution and soil distribution relationships in a case study in SE-Brasil. R. Bras. Ci. Solo, 26:673-683, 2002.
- CRUZ, L.O.M.; VALADÃO, R.C. & OLIVEIRA C.V. Utilização de marcadores geoquímicos na identificação de descontinuidades erosivas em unidades colúvies da depressão de Gouveia/MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA / REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY, 6., 2006, Goiânia. Disponível em: <<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/aut/articles/138.pdf>>. Acesso em: 20 nov. de 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Projeto zoneamento das potencialidades dos recursos naturais da Amazônia Legal. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Convênio IBGE/SUDAM. Rio de Janeiro, 1990. 212p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manual técnico de pedologia. 2.ed. Rio de Janeiro, 2005. 300p. (Manuais Técnicos em Geociências, 4)
- JENNY, H. Factors of soil formation: a system of quantitative pedology. New York, MacGraw Hill, 1941. 281p.
- JOHNSON, M.S.; LEHMANN, J.; SELVA, E.C.; ABDO, M.; RIHA, S. & COUTO, E.G. Organic carbon fluxes within and exports from headwater catchments in the Southern Amazon. Ithaca, Cornell University, 2004. 29p.
- KARATHANASIS, A.D. & MacNEAL, B.R. Evaluation of parent material uniformity criteria in loess-influenced soils of west-central Kentucky. *Geoderma*, 64:73-92, 1994.
- KUZILA, M.S. Identification of multiple loess units within modern soils of Clay County, Nebraska. *Geoderma*, 65:45-57, 1995.
- LUZ, L.R.Q.P.; SANTOS, M.C. & MERMUT, A.R. Pedogênese em uma topossequência do semi-árido de Pernambuco. *R. Bras. Ci. Solo*, 16:95-102, 1992.
- MAYNARD J.B. Chemistry of modern soils as a guide to interpreting precambrian paleosols. *J. Geol.*, 100:279-289, 1992.
- MONIZ, A.C.; BUOL, S.W. & WEED, S.B. Formation of an Oxisol-Ultisol transition in São Paulo, Brazil II: Lateral dynamics of chemical weathering. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:1234-1239, 1982.
- MOREIRA, H.L. & OLIVEIRA, V.A. Evolução e gênese de um Plintossolo Pétrico concrecionário êutrico argissólico no município de Ouro Verde de Goiás. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1683-1690, 2008.
- NOVAES FILHO, J.P.; COUTO, E.G.; OLIVEIRA, V.A.; JOHNSON, M.S.; LEHMANN, J. & RIHA, S. Variabilidade espacial de atributos físicos de solo usada na identificação de classes pedológicas de microbacias na Amazônia meridional. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:91-100, 2007.
- RESENDE, M. & SANTANA, D.P. Uso das relações K_i e K_r na estimativa da mineralogia para classificação dos latossolos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DOS SOLOS E INTERPRETAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1998. p.225-232.
- ROLIM NETO, F.C. & SANTOS, M.C. Gênese de solo arenoso com lamelas e fragipã no agreste de Pernambuco. *R. Bras. Ci. Solo*, 18:243-253, 1994.
- SEPLAN. Diagnóstico Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso. Governo do Estado de Mato Grosso - Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral, 2001. CD ROM.
- TAYLOR, G. & EGGLETON, R.A. Regolith geology and geomorphology. Chichester, John Wiley, 2001. 375p.
- van WAMBEKE, A. Soils of the tropics: properties and appraisal. 2.ed. Ithaca, Cornell University – Department of Crop and Soil Sciences, 2002.
- VIDAL-TORRADO, P. & LEPSH, 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.
- WILDING, L.P. & DREES, L.R. Spatial variability and pedology. In: WILDING, L.P. & SMECK, N.E., eds. Pedogenesis and soil taxonomy I. Concepts and Interactions. Amsterdam, Elsevier, 1983. p.83-116.