

EVOLUÇÃO DE HORIZONTES B DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA DE SOLOS GNÁISSICOS NO COMPLEXO BAÇÃO – QUADRILÁTERO FERRÍFERO – MG

Múcio do Amaral Figueiredo, UFOP, m67f@yahoo.com.br

Angélica F. Drummond C. Varajão, UFOP, angelica@degeo.ufop.br

José Domingos Fabris, UFMG, fabris@dedalus.lcc.ufmg.br

Izabel de Souza Azevedo, CBPF.

Ivan Soares Loutfi, UFOP.

Apoio da FAPEMIG, CAPES e DEGEO-UFOP.

1 INTRODUÇÃO

A evolução da paisagem de ambientes tropicais tem sido bem estudada, principalmente no que tange o intemperismo químico, fator preponderante nos processos de denudação geoquímica (MILLOT, 1983; THOMAS, 1994a). Vários aspectos têm sido abordados, e entre eles, o estágio de desenvolvimento do solo como indicador de variações na dinâmica geomorfológica ao longo do tempo (THOMAS, 1994a; THOMAS 1994b; FIGUEIREDO, 1999; FIGUEIREDO et al., 1999; VIDAL-TORRADO & LEPSCH, 1999). O estágio de intemperismo dos solos está intimamente ligado a processos climáticos e/ou tectônicos. Do ponto de vista climático os solos quando expostos a ambientes úmidos (tropicais) são alvo de intenso intemperismo químico responsável pela rápida transformação dos minerais primários (LUCAS & CHAUVEL, 1992; MACIAS & CHESWORTH, 1992). No entanto, mesmo em condições de intenso intemperismo químico, muitos solos de regiões úmidas tropicais ainda mantêm uma correlação mineralógica direta com as características da rocha mãe (MACIAS & CHESWORTH, 1992). Pelo lado tectônico, uma dada região, ao passar por pulsos de soergimento, possibilita o encaixamento da rede de drenagem local, proporcionando, por sua vez, um aumento no gradiente de declividade das vertentes, além de provocar possíveis desequilíbrios hidrológicos de subsuperfície, como o rápido rebaixamento da zona piezométrica, acompanhando um novo perfil de equilíbrio fluvial.

No Complexo Bação, Quadrilátero Ferrífero, particularmente na sua área sul-sudeste, ocorrem vertentes com baixa declividade em cujo eixo desenvolvem-se solos de origem gnáissica (rocha predominante na área), com diferentes graus de alteração. As características mineralógicas desses solos foram estudadas apenas por Parzanese (1991), cujo trabalho objetivou a relação entre natureza pedológica e gênese de voçorocas na região.

Os solos da área em questão são considerados como latossolos vermelho-amarelos distróficos (CETEC-MG, 1983), latossolos vermelho-escuros e cambissolos álicos (RADAMBRASIL, 1983). Conforme Parzanese (1991), os latossolos vermelho-amarelos são dominantes, indicando perfis bastante lixiviados. Nos locais de relevo mais suave predominam os latossolos; nas zonas de interflúvios ocorrem muitos cambissolos com forte influência da rocha parental gnáissica. O solo é pouco espesso na alta vertente, (neossolos/cambissolos) espesso na meia (latossolos) e novamente pouco espesso na baixa vertente (latossolos câmbicos/neossolos/gleissolos).

A correlação pedogeomorfológica entre solos alóctones e solos autóctones é de fundamental importância para a interpretação dos estágios de evolução dos perfis de

intemperismo e das vertentes (QUEIROZ NETO, 2000). Sabe-se que com os ciclos de erosão e sedimentação verificados na região em questão durante o quaternário (VALADÃO & SILVEIRA, 1992), os solos produzidos nas zonas de interflúvio foram transportados (gravitacionalmente ou através de erosão hídrica) e depositados em vários pontos da vertente. Nos solos pedologicamente evoluídos da região, Bacellar (2000) relata ter sido impossível determinar com segurança a gênese dos mesmos, se eluvial ou coluvial. Entretanto, o autor supra citado não se valeu da utilização de estudos micromorfológicos que provavelmente poderiam ajudar a elucidar tal indagação. Aspectos micromorfológicos como a organização do fundo matricial, características texturais dos grãos esqueléticos e as microfissões (BREWER, 1976; ESWARAN & STOOPS, 1979; BULLOCK et al., 1985; CASTRO, 1999, SANDER, 2002) podem determinar a natureza do geomaterial investigado, inclusive quanto à sua susceptibilidade à erosão (CASTRO, 1999).

No intuito de contribuir para o entendimento da evolução recente dos solos da região em questão, faz-se uma avaliação dos níveis de alteração de três horizontes B, a partir de estudos macromorfológicos e micromorfológicos, suportados por análises físicas, químicas e mineralógicas.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo encontra-se inserida no sul do Complexo Bação, entre os paralelos 20°20'00" e 20°23'16" S e os meridianos 43°38'32" e 43°42'16" W, abrangendo aproximadamente 38,4 km². O Complexo Bação encontra-se inserido no SSE do Quadrilátero Ferrífero - QF, no estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil, e constitui o embasamento cristalino granito-gnáissico-migmatítico das unidades geológicas do Quadrilátero Ferrífero. É caracterizado como gnáisse Funil (SALAROLI, 1999; VILELA, 1999) e tem como características básicas estrutura de bandamentos, migmatização intensa e maior riqueza em biotita (SALAROLI, 1999; VILELA, 1999). Sua composição global é granodiorítica, com bandas variando de composição tonalítica (bandas escuras) a de granitóides ricos em quartzo (bandas claras) (BACELLAR, 2000). Os minerais predominantes são o quartzo e os plagioclásios, que se alternam em faixas de enriquecimento, ora maior em quartzo, ora maior em plagioclásio. As bandas enriquecidas em quartzo (55% em volume, conforme Salaroli, 1999) são muitas vezes resistentes ao encaixamento da drenagem e dissecação do relevo, mantendo-o em níveis de base locais (BACELLAR, 2000).

A geomorfologia da área pode ser descrita como uma paisagem de colinas policonvexas de baixa declividade quando no domínio gnáissico. Os regolitos são espessos, com saprolito profundo, demonstrando intensa atuação de intemperismo químico. A rede de drenagem desenvolve-se sob controle estrutural, com planícies fluviais de agradação sedimentar recentes (BACELLAR, 2000). Os sedimentos acumulados nas planícies, cujo volume parece ser incompatível com a capacidade de transporte da rede de drenagem, são provenientes do grande número de voçorocamentos ocorrentes nas vertentes sob domínio gnáissico, evidenciando o processo de agradação. Os cursos fluviais têm profundidade mínima e continuam recebendo grande aporte de sedimentos areno-siltosos. Todos os vales fluviais têm fundo plano – devido à grande acumulação de sedimentos - e o contato entre a planície fluvial e o segmentos de baixa vertente se dá de forma abrupta, em ruptura de declive.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A partir do levantamento de campo, precedido de interpretações em fotografias aéreas (escala 1: 25.000) e ortofotos (escala 1: 10.000), foi selecionada a vertente para o presente estudo. Em função das características morfológicas da vertente, foram abertas trincheiras com 1,9 m de profundidade média, nos segmentos de alta, meia e baixa vertente.

Nas trincheiras, os perfis foram descritos utilizando-se técnica adaptada de Lemos & Santos (1996) onde foram coletadas amostras deformadas e indeformadas nos diferentes horizontes e suas transições, sendo os horizontes B o foco principal da investigação do presente trabalho.

A distribuição granulométrica foi efetuada conforme metodologia da EMBRAPA-CNPS (1997). Análise química total dos elementos maiores (óxidos), foi realizada utilizando-se fluorescência de raios X em um equipamento Rigaku, modelo 3064, com padrões específicos para cada elemento químico. As análises mineralógicas foram realizadas na fração terra fina, destorroada e passada em peneira de malha de 2 mm, utilizando um difratômetro de raios X Rigaku, modelo Geigerflex CN D/MAX-B com tubo de cobre e um espectrômetro Mössbauer de transmissão com constante de aceleração convencional, e fonte de $^{57}\text{Co/Rh}$, à temperatura de 4,2 K. A análise micromorfológica foi realizada em um microscópio petrográfico de luz polarizada Leica, modelo DMLP, equipado com câmera digital Nikon, modelo COOLPIX 990. As descrições foram realizadas com base nas metodologias desenvolvidas por Brewer (1976) e Bullock, et al. (1985), além do suporte dos trabalhos de Curi, et al. (1985) e Resende, et al. (1997).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vertente analisada tem um perfil longitudinal convexo-côncavo-convexo, com declividades variando de 30 – 35% no terço superior, 15 – 30% no terço médio e inferior. O extrato vegetacional corresponde a espécies gramíneas (pastagem plantada), herbáceas e arbustivas esparsas na alta vertente; vegetação gramínea esparsa e arbustiva natural nos segmentos de meia e baixa vertente. A cobertura superficial vai de não pedregosa na alta vertente a ligeiramente pedregosa na meia vertente e na baixa vertente.

Buscando estabelecer relacionamento evolutivo entre os segmentos de vertente, três trincheiras foram abertas, uma em cada segmento.

No segmento de alta vertente, verifica-se um horizonte B, cor 2,5YR 5/8 (vermelho), tem textura franco-argilosa, espessura entre 150 – 80/84 cm, com ocorrência de pequenas manchas litorreliquiais nodulares de tamanhos milimétricos a centimétricos da rocha parental gnáissica, que tornam-se mais intensas e mais preservadas estruturalmente em direção à base do perfil.

Micromorfológicamente, apresenta um horizonte B com plasma ferruginoso muito abundante, contituído mineralogicamente por gibbsita, caulinita e feldspato predominantemente (DRX), e baixa isotropia. O esqueleto é predominantemente quartzoso ($\text{Ø} < 1,53 \text{ mm}$), com partículas subangulosas a subarredondadas, ocupando cerca de 50% do fundo matricial, envoltos pelo plasma segundo um padrão porfiroscúlico. Os poros são caracterizados como fendas e cavidades abundantes. Ocorrem ferruginizações nas bordas de dissolução das litorreliquias de feldspatos e nas fraturas e cavidades esqueléticas

quartzosas em continuidade com o plasma. Argilãs e pedotúbulos são pouco abundantes. Um aumento da presença de litorrelíquias no sentido topo – base é marcante.

No segmento de meia vertente o horizonte B, cor 2,5YR 4/8 (vermelho) tem textura argilosa e espessura entre 170+ e 121 cm. Há intensa bioturbação (ação de formigas e cupins).

Micromorfológicamente, o horizonte B apresenta plasma ferruginoso abundante, baixa isotropia, mineralogicamente constituído por caulinita, gibbsita e goethita envolvendo o esqueleto segundo um padrão com domínios porfirosquélido e aglomeroplásmico. O esqueleto é predominantemente quartzoso ($\emptyset < 0,59$ mm), subanguloso a subarredondado, respondendo por cerca de 18% do fundo matricial. Ocorrem poros em forma de fendas e cavidades numerosas. As ferruginizações são observadas nas fraturas e cavidades do esqueleto quartzoso à semelhança do perfil de alta vertente, porém são abruptamente interrompidas no contato com plasma. Há argilãs e pedotúbulos pouco abundantes.

No segmento de baixa vertente, observa-se um horizonte B, cor 2,5YR 4/8 (vermelho) de textura argilosa e espessura entre 190+ e 29 cm. Neste perfil ocorrem estruturas nodulares litorrelíquias parentais milimétricas a centimétricas de forma disseminada. Há diminuição gradativa da quantidade destas litorrelíquias da base para o topo do perfil. No horizonte superficial Ap, algumas dessas estruturas ainda persistem, sugerindo ligação com a rocha parental e desenvolvimento *in situ*.

O contato desde segmento de vertente com a incipiente planície fluvial se dá numa ruptura de declive e não de forma gradacional com acúmulo de materiais colúviais na baixa vertente, de acordo com os modelos geomorfológicos tradicionais de evolução de vertentes (Carson & Kirkby, 1972; Young, 1972).

No horizonte B, observa-se plasma ferruginoso, silassépico abundante, envolvendo um esqueleto predominantemente quartzoso ($\emptyset < 0,48$ mm), com cristais angulosos a subarredondados, correspondendo a cerca de 20% do fundo matricial, segundo um padrão com domínios porfirosquélidos e aglomeroplásmico. Os poros são do tipo fendas e cavidades muito abundantes. Ocorrem fracas ferruginizações nas fraturas e cavidades esqueléticas. Há argilãs e pedotúbulos pouco abundantes.

Desta forma, a distribuição dos elementos maiores (FRX) corrobora as evidências micromorfológicas, ocorrendo uma maior concentração de SiO_2 e K_2O nos três horizontes investigados e depleção de ferro na baixa vertente.

Os espectros Mössbauer mostram a ocorrência dos óxidos de ferro goethita e hematita, distribuídos, em média, da seguinte forma: 70,3 e 19,4 %, respectivamente, sendo o restante, 10,3 %, correspondendo a ferro amorfo. A dispersão dos pontos de absorção no espectro mostram uma baixa quantidade óxidos de ferro, corroborando com a análise química (FRX) e micromorfologia. A largura dos picos correspondentes à goethita evidencia a ocorrência de mais de um tipo deste mineral, provavelmente uma espécie mais aluminosa (> presença de alumínio na sua estrutura cristalina) e outra mais pura (menos aluminosa), formadas provavelmente em distintas condições ambientais. A mais aluminosa teria se formado em um ambiente mais úmido do que o atual, pois uma grande disponibilização de alumínio somente acontece sob elevados índices de umidade. A disponibilização do Al seria através do intemperismo das caulinitas.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se, com base no acima exposto, que os perfis de alta e baixa vertente assumem um processo evolutivo semelhante e distinto do perfil de meia vertente. Os perfis de alta vertente e baixa vertente são caracterizados como autóctones (cambissolos), evidenciados pela clara relação gradacional decrescente, no sentido base topo, de ocorrência de litorreliíquias. A ausência de qualquer indício de organização e de relação gradacional com o horizonte C sugere o carácter alóctone coluvial do perfil de meia vertente.

Portanto, as condições ambientais que levaram à ruptura na dinâmica de erosão, transporte e deposição sugere que a vertente investigada parece estar atravessando um período de rejuvenescimento pedogeomorfológico, manifestado pela desconexão entre as características dos segmentos de montante (alta e meia vertente) e jusante (baixa vertente).

REFERÊNCIAS

- BACELLAR, L. de A. P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto, MG**. 2000. 226 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- BREWER, R. **Fabric and mineral analysis of soils**. New York: R. E. Krieger. 1976, 482 p.
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, J. R.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G. & GURSINA, T.. **Handbook for soil thin section description**. Wolverhampton: Wayne Research. 1985. 157 p.
- CARSON, M. A. & KIRKBY, M. J.. **Hillslope form and process**. London: Cambridge University Press. 1972. 475 p.
- CASTRO, S. S. de. Micromorfologia de solos aplicada ao diagnóstico de erosão. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da & BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1999. p. 127 – 163.
- CETEC-MG – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte. CETEC. 1983. 158 p.
- CURI, N.; LIMA, P. C. de & LEPSCH, I. F.. Terminologia de micromorfologia do solo. **Boletim Informativo da Soc. Bras. de Ciência do Solo**, 10: 33 – 44. 1985.
- EMBRAPA-CNPS - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. 2^a ed. EMBRAPA-CNPS. 1997. 212 p.
- ESWARAN, H. & STOOPS, G.. Surface textures of quartz in tropical soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.43, p. 420 – 424, 1979.
- FIGUEIREDO, M. do A.. **Óxidos de ferro pedogênicos e sua influência na agregação de partículas de argila: estudo de caso nos solos da região de Gouveia - Serra do Espinhaço Meridional – MG**. 1999. 95 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1999.
- FIGUEIREDO, M. do A.; AUGUSTIN, C. H. R. R. & FABRIS, J. D.. Mineralogy, size, morphology and porosity of aggregates and their relationship with soil susceptibility to water erosion. **Hyperfine Interactions**, v. 122, p. 177 – 184, 1999.

- LEMOS, R. C. de & SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1996. 84 p.
- LUCAS, Y. & CHAUVEL, A.. Soil formation in tropically weathered terrains. In: BUTT, C. R. M. & ZEEGERS, H. (ed.). **Regolith exploration geochemistry in tropical and subtropical terrains**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V., 1992, p. 57 – 77.
- MACIAS, F. & CHESWORTH, W.. Weathering in humid regions, with emphasis on igneous rocks and their metamorphic equivalents. In: MARTINI, I. P. & CHESWORTH, W. (ed.). **Weathering, soils and Paleosols**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. V.. 1992, p. 283 – 305.
- MILLOT, G.. Planation of continents by intertropical weathering and pedogenetic processes. In: MELFI, A. J. & CARVALHO, A. (ed.). **INTERNATIONAL SEMINAR ON LATERITISATION PROCESSES, 2.**, 1982, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: IUGS – UNESCO – IGCP – IAGC, 1983. p. 53 – 63.
- MUNSELL COLOR. **Munsell® Soil Color Charts**. Baltimore: Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, 1975.
- PARZANESE, G. A. C.. **Gênese e desenvolvimento de voçorocas em solos originados de rochas granitóides na região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais**. 1991. 117 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- QUEIROZ NETO, J. P. de. Geomorfologia e Pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 59 – 67, 2000.
- RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais. Folhas SF 23/24** – Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro. IBGE. v. 32. 1983. 767 p.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de & CORRÊA, G. F.. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT. 1997, 367 p.
- SALAROLI, I. S.. **Mapeamento litoestrutural da região de Santo Antônio do Leite - Ouro Preto. Ouro Preto**. 1999. Monografia. (Graduação em Geologia) - Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.
- SANDER, H. The porosity of tropical soils and implications for geomorphological and pedogenetic processes and the movement of solutions within the weathering cover. **Catena**, v. 49, n. 1-2, p. 129 – 137, 2002.
- THOMAS, M. F.. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.. 1994a, 460 p..
- THOMAS, M. F.. Ages and geomorphic relationships of saprolite mantles. In: ROBINSON, D. A. & WILLIAMS, R. B. G., ed.. **Rock Weathering and Landform Evolution**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.. 1994b, p. 287 - 301.
- VALADÃO, R. C. & SILVEIRA, J. S.. Estratigrafia quaternária e evolução do relevo no Complexo Bação: dados preliminares. In: **SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 6**, 1992, Ouro Preto. **REM-Revista da Escola de Minas**, v. 45, n. 01-02, p. 85 – 87, 1992.
- VIDAL-TORRADO, P. & LEPSCH, I. F.. Relações material de origem / solo e pedogênese em uma sequência de solos predominantemente argilosos e latossólicos sobre psamitos na depressão periférica paulista. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 23, p. 357 – 359, 1999.
- VILELA, R. A.. **Geologia de um segmento do Complexo Matamórfico Bação: área entre Glaura e Cachoeira do Campo, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 1999. Monografia (Graduação em Geologia) - Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

YOUNG, A.. Slopes. London: Longman Ltd.. 1972. 288 p.