

EVOLUÇÃO DA FRENTE DE INTEMPERISMO NO COMPLEXO GOUVEIA, SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL – MG

Otávio Nunes Borges de Lima - IG/UFMG – CNPq otavioborgeslima@bol.com.br
Roberto Célio Valadão Depto de Geografia / UFMG valadao@dedalus.lcc.ufmg.br

1 INTRODUÇÃO

As áreas intertropicais do planeta apresentam características bastante particulares no que se refere à gênese e a evolução de suas formas de relevo, notadamente em razão das elevadas taxas anuais de pluviosidade e temperatura média. Esses parâmetros, conjugados a outros fatores do meio, acabam por produzir formas de relevo esculpidas em mantos intempéricos espessos e geoquimicamente bastante evoluídos. O processo de aprofundamento desses mantos, mediante avanço da frente intempérica em profundidade, guarda características bastante particulares que, uma vez investigadas, fornecem fortes indicadores geomorfológicos relativos à evolução do próprio modelado.

É nesse contexto que se insere o presente trabalho, cujo objetivo está voltado para a reconstrução geodinâmica do avanço, em profundidade, da frente de intemperismo sobre os litotipos arqueanos que ocorrem no piso da Depressão de Gouveia – Espinhaço Meridional/MG, localizada entre os paralelos 18°20' – 18°30' S e os meridianos 43° 40' – 43° 50' W. A investigação dessa geodinâmica foi realizada mediante análises textural, geoquímica e mineralógica de amostras de solo, coletadas por trado motorizado, e de rocha, coletadas em afloramentos.

2 CONFIGURAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

A Depressão de Gouveia apresenta configuração geomorfológica bastante particular, tendo em vista o seu caráter interplanáltico. Encontra-se encravada em meio a Serra do Espinhaço Meridional, onde adquire a forma de uma janela estrutural de orientação N-S, no piso da qual encontram-se exumados litotipos arqueanos do Complexo Gouveia. Esse piso é modelado em vertentes longas, predominantemente convexas, localmente rasgadas por sulcos profundos, entrincheirados e extensos, resultantes da atuação de processos erosivos acelerados – as voçorocas. O manto de intemperismo que reveste essas vertentes é bastante profundo, chegando a alcançar até 60 metros, segundo dados obtidos a partir da interpretação de grande número de seções de radargramas – “*Ground Penetration Radar*”/ *GPR*. O piso dessa depressão, altimetricamente posicionado em torno dos 900-1.050 m, é circundado por escarpas abruptas que chegam a alcançar altura de até 200 m, essas últimas modeladas nos xistos e quartzitos do Supergrupo Espinhaço.

3 ARCABOUÇO LITOESTRUTURAL

A Depressão de Gouveia foi modelada nas rochas arqueanas do Complexo Gouveia, seqüência infracrustal correspondente ao embasamento da Serra do Espinhaço Meridional, cuja maior área de ocorrência ocupa a zona axial do “Anticlinório de Gouveia” (Pflug, 1965). Datações de U-Pb em zircões de granitóides dessa unidade geológica forneceram idade de 2834 ± 14 Ma, conforme Machado *et al.* (1989).

No Complexo Gouveia, de acordo com sua constituição petrográfica, distinguem-se mais freqüentemente granodioritos, tonalitos e monzogranitos, sendo que suas características petrográficas e geoquímicas apontam para uma filiação genética do tipo S (Hoffman, 1981, 1983 in Fogaça & Scholl, 1984). Na maioria dos casos, trata-se de rochas compostas por quartzo, plagioclásio – oligoclásio/andesina –, feldspato potássico – microclina –, muscovita, biotita e anfibólios – horblenda e actinolita. Os acessórios são representados por

epidoto, clorita, calcita, apatita, zircão e opacos – especialmente magnetita e pirita –, sendo comum a presença de turmalina preta nas faixas milonitizadas (Fogaça & Scholl, 1984). São encontrados ainda, de forma restrita, corpos anfíbolíticos e, mais comumente, veios pegmatóides compostos basicamente por quartzo e feldspato.

O “Anticlinório de Gouveia” acha-se perturbado por sistema de falhamentos de empurrão de alto ângulo, o qual propicia o desenvolvimento de zonas milonitizadas constituídas de protomilonitos, milonitos, ultramilonitos, blastomilonitos e filonitos (Grossi-Sadi *et al.*, 1997). Essas faixas cisalhadas, algumas com mais de 200 m de largura, aparecem sobretudo ao longo dos contatos com os xistos do Supergrupo Rio Paraúna, apresentando direções preferenciais NW-SE e mergulhos elevados da ordem de 50 a 60° para NE. Uma outra fase de natureza essencialmente rúptil e linear é indicada por falhas e fraturas transversais às demais estruturas e com direções predominantes E-W.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Etapa de Campo

As amostras de solo utilizadas neste trabalho foram coletadas em transecto realizado ao longo de vertente modelada no piso da Depressão de Gouveia/MG – Vertente 30. Essas amostras foram obtidas por meio de 6 furos perfurados com auxílio de trado motorizado – I, II, III, IV, V, VI. A coleta das mesmas foi realizada em diferentes profundidades no manto intempérico, estabelecida com base na variação de parâmetros texturais, estruturais e de coloração. A localização e orientação das tradagens ao longo da vertente seguiram a declividade da mesma, tendo sido perfuradas porções da alta, média e baixa vertente. A localização das tradagens, bem como o seu número, foram guiados pelas rupturas de declive da vertente. Tendo em vista a elevada profundidade do manto intempérico e, conseqüentemente, o difícil acesso a amostras de rocha fresca, essas foram coletadas junto ao leito rochoso do talvegue imediatamente adjacente à vertente estudada.

4.2 Etapa de laboratório

Fração Areia

O tratamento em laboratório das amostras de solo teve início com a separação granulométrica conforme a escala de *Wentworth*, tendo sido selecionadas as frações areia grossa e média para separação dos minerais pesados. Na separação dos minerais pesados foram utilizados Bromofórmio ($\gamma = 2,84 \text{ g/cm}^3$) e funil de separação de 250 ml. Uma vez separados, os minerais pesados foram identificados em lupa binocular 24X, bem como efetivada sua contagem. Com o intuito de se retirar uma quantidade representativa de grãos, foi utilizado amostrador manual, selecionando-se ~100 grãos ou mais para as frações areia grossa e ~300 grãos ou mais para as frações areia média.

Fração Argila

A separação da fração argila foi realizada mediante uso de centrífuga – velocidade de dois mil e quinhentos RPM, durante trinta minutos. Uma vez separada a argila, foram confeccionadas lâminas com vistas à análise de difração de raio-X para a obtenção da sua mineralogia.

Amostra total e rocha

As amostras totais foram pulverizadas, em moinho, e posteriormente prensadas para a formação de pastilhas e analisadas quanto ao seu conteúdo geoquímico a partir da fluorescência de raio-X. Foram realizadas análises qualitativas dos elementos químicos presentes, bem como quantitativas dos elementos maiores – Si, AL, Fe^{total}, Mg, Mn, Ca, K, Na, Ti – na forma de óxidos, mais perda ao fogo. Quanto as rochas, foram identificados dois litotipos na área investigada, os quais foram geoquimicamente analisados por meio de fluorescência de raio-X e análise modal de lâminas delgadas – 25 μ – em microscópio petrográfico de luz analisada.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O acervo de dados obtidos mediante execução dos procedimentos anteriormente descritos foi reunido e sintetizado na elaboração de tabelas de dispersão dos minerais, diagramas e gráficos capazes de fornecer visualização do contexto mineralógico das amostras coletadas. O tratamento desse acervo permitiu ainda aglutinar parâmetros que explicitam possíveis correlações ou indicam mudanças abruptas ao longo do perfil intempérico da vertente investigada.

5.1 Fração Areia

A análise granulométrica revelou que a razão entre o percentual de areia e o percentual de argila aumenta com a profundidade, principalmente para os furos situados na alta vertente, sendo possível diferenciar modificações abruptas na relação argila e areia ao longo de um mesmo furo, sejam essas relativas a variações da composição litológica ou em virtude de eventual limite pedogênico. Na média e baixa vertente os níveis superiores apresentam teor de argila muito menor que os níveis superiores da alta vertente – 35% X 15% –, com percentuais estáveis em torno de 10% para profundidades a partir de 4,0 m, o que sugere redução gradativa na espessura do solo da alta para a baixa vertente – horizontes A e B.

A mineralogia presente nas frações areia está assim distribuída: *minerais principais*– quartzo (40 a 100%), muscovita (1 a 60%), biotita (0 a 2%) e feldspato (0 a 3%); *minerais pesados*– magnetita (0 a 4%), turmalina (0 a 2%), silimanita, cianita, ilmenita, rutilo e estauroлита (todos com concentrações inferiores a 1%); *minerais supergênicos*– goethita (0 a 32%), gibbsita (0 a 4%) e pirolusita (0 a 4 %).

Fração Argila

Os resultados obtidos mediante análise de difração de raio-X dos argilominerais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Mineralogia da fração argila do manto intempérico Vertente 30 / Depressão de Gouveia

Amostras Furo – Profund. (m)	Minerais Identificados			
	Principais (>30%)	Maior (<30% e >10%)	Menor (<10%)	Minoritário (<3%)
I -1,00	Caolinita	Gibbsita	Goethita, Muscovita Quartzo	Hematita
I - 5,50	Caolinita	Gibbsita	Muscovita, Quartzo	Goethita
I -11,80	Caolinita	-	Gibbsita, Goethita Muscovita, Quartzo	Hematita
II - 7,00	Caolinita	-	Goethita, Muscovita Quartzo	Gibbsita, Hematita, Muscovita
II -10,10	Caolinita	-	Goethita, Muscovita Quartzo	Gibbsita, Hematita
II - 21,00	Caolinita	-	Muscovita, Quartzo	Gibbsita, Goethita, Hematita
III - 0,50	Caolinita	Gibbsita	Muscovita, Quartzo	Goethita, Hematita
III - 5,15	Caolinita	-	Muscovita, Quartzo	Gibbsita, Goethita, Hematita
III - 14,60	Caolinita	Muscovita	Gibbsita, Goethita Quartzo	Hematita
IV - 1,15	Caolinita	-	Goethita, Muscovita Ilita- Esmectita	Gibbsita, Hematita
IV - 9,20	Caolinita	Ilita	Muscovita, Gibbsita	Goethita, Hematita Quartzo
IV - 17,50	Caolinita	Muscovita, Ilita	Quartzo	Gibbsita, Hematita
V - 2,80	Caolinita	Gibbsita Muscovita	Quartzo	Goethita ^e Montmorilonitas
V - 3,75	Caolinita	-	Gibbsita, Goethita Muscovita, Quartzo	Hematita
VI - 2,00	Caolinita		Goethita, Muscovita Quartzo	Hematita, Montmorilonitas
VI - 4,30	Caolinita	-	Goethita	Gibbsita, Hematita, Muscovita

VI - 7,00	Caolinita	-	Goethita, Muscovita Quartzo	Gibbsita
-----------	-----------	---	-----------------------------------	----------

Amostra total e Rocha

Os resultados das análises químicas das amostras totais e dos dois litotipos que ocorrem na área investigada – Litotipo I: Gnaisse; Litotipo II: Clorita Quartzo Muscovita Xisto –, foram elaborados por meio de fluorescência de raio-X e são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2- Análise química de amostra total do manto intempérico Vertente 30 / Depressão de Gouveia

Amostras	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	e ₂ O ₃ (%)	iO ₂ (%)	gO (%)	K ₂ O (%)	a ₂ O (%)	aO (%)	MnO ₂ (%)	Perda ao fogo (%)
I -1,00	36,0	35,5	10,8	0,95	0,59	3,24	0,90	0,35	0,68	12,80
I - 5,50	50,1	25,1	6,93	0,49	0,93	4,67	0,88	0,56	0,72	5,90
I -11,80	52,6	23,6	8,78	0,81	1,06	4,81	0,96	0,72	0,98	6,90
II - 7,00	55,1	27,3	4,53	0,47	0,99	3,59	0,74	0,78	0,72	7,10
II -10,10	49,9	25,9	7,15	1,10	1,00	3,75	0,78	0,86	0,76	6,40
II - 21,00	57,4	26,5	3,46	0,40	0,86	3,31	0,76	0,82	1,34	7,10
III - 0,50	54,5	25,3	6,21	0,73	0,63	3,17	0,80	0,36	0,26	6,90
III - 5,15	61,5	26,2	2,54	0,34	0,94	3,71	0,75	0,62	0,62	4,80
III - 14,60	55,3	26,5	4,46	0,48	1,11	4,53	0,83	0,68	0,86	5,70
IV - 1,15	46,7	30,4	8,24	0,77	0,63	3,53	0,97	0,28	0,41	9,40
IV - 9,20	54,8	28,6	3,20	0,33	0,71	3,53	0,81	0,49	0,43	7,10
IV - 18,20	58,8	24,3	5,45	0,49	0,64	3,58	0,82	0,52	0,89	5,50
V - 2,80	45,4	33,7	3,66	0,85	0,80	3,78	0,84	0,62	0,39	7,62
V - 3,75	50,7	25,5	6,37	0,75	0,75	3,35	0,81	0,60	0,38	6,00
VI - 2,00	44,4	30,1	5,54	0,64	0,65	2,58	0,69	0,28	0,32	9,80
VI - 4,30	51,0	30,7	4,18	0,49	0,68	2,65	0,70	0,43	0,65	7,50
VI - 7,00	52,0	27,3	5,68	0,52	0,93	3,30	0,75	0,46	0,59	7,10
Litotipo 1	60,2	20,1	4,12	0,85	1,12	6,32	2,54	1,96	1,25	2,52
Litotipo 2	43,0	25,1	5,74	0,57	2,14	10,1	1,26	0,95	1,85	6,20

A descrição das lâminas delgadas dos dois litotipos progenitores do material de alteração, em microscópio petrográfico de luz analisada, permitiu sua classificação modal com base na análise quantitativa do seu acervo mineralógico e de parâmetros texturais e estruturais.

Litotipo 1 (Gnaisse): Rocha de granulação média e de textura granolepidoblástica. Seus constituintes petrográficos principais são: quartzo (40 %), muscovita (25%), ortoclásio (22%), plagioclásio (8%), clorita (4%); além de minerais acessórios como turmalina e

opacos. A rocha apresenta trama planar bem desenvolvida, marcada principalmente por planos discretos de muscovita mais clorita, envolvendo porfiroclastos formados principalmente de ortoclásio e plagioclásio. Os cristais de quartzo geralmente apresentam extinção ondulante, feição típica de recristalização dinâmica, além de apresentar, em muitas posições, um arranjo poligonal.

Litotipo 2 (Clorita Quartzo Muscovita Xisto): Rocha de granulação fina e textura lepidogranoblástica. Seus constituintes principais são: muscovita (65%), quartzo (23%), clorita (22%); além de minerais acessórios como turmalina e opacos. Trata-se de rocha muito bem folheada, onde os cristais de Turmalina preta –Schorlita – estão orientados definindo lineação mineral.

6. CONCLUSÕES

As variações na espessura do manto intempérico em setores distintos da vertente são reflexos de mudança na razão entre a taxa de erodibilidade e a taxa de avanço da frente de intemperismo. Nas zonas onde essa razão é menor que 1, os horizontes mais superficiais e localizados principalmente na alta vertente (Furo I), são onde as coberturas são mais espessas. Nelas a assinatura geoquímica mostrou solo altamente lixiviado com grande concentrações de imóveis, depleção em álcalis e mineralogicamente enriquecidos em óxidos-hidróxidos supergênicos como goethita e gibbsita, além de altamente cauliniticos. Em termos de minerais primários o manto intempérico que deriva do Litotipo 1 forma solos razoavelmente quartzosos e apresenta concentrações menores que 1% de feldspato, com traços de turmalina, magnetita e rutilo. Por outro lado, o manto intempérico gerado a partir do Litotipo 2, apresenta teor de quartzo mais baixo, sem feldspato, maior participação de muscovita, contendo turmalina e magnetita subordinadas.

Já nas porções onde a razão é superior a 1, amostras mais profundas e situadas preferencialmente na média – furos II, III e IV – e baixa vertente – exceção ao Furo VI, cuja cobertura atual deriva de sedimentos aluviais acumulados em terraço fluvial –, são onde os solos são mais rasos e geoquimicamente ricos, evidenciado pelas maiores concentrações de álcalis, potássio principalmente (entre 3 e 4%), e teores de Al, Ti, Mg próximos às concentrações encontradas na rocha progenitora. A mineralogia apresenta uma menor concentração de óxidos, um menor teor de caulinita e uma maior formação de filossilicatos mais instáveis como ilitas, que comumente apresentam-se interestratificadas com esmectitas, e outros argilominerais 2:1, como as montmorilonitas. Nesses setores os minerais primários são mais abundantes, podendo ainda ser encontrados, principalmente em maior profundidade, cristais de cianita, andaluzita e ilmenita, além de uma maior proporção de feldspatos alcalinos e plagioclásio na constituição da matéria residual.

As concentrações de minerais supergênicos demonstram ainda o caráter diferencial do avanço da frente de intemperismo, sendo que minerais como a pirolusita são importantes marcadores da criptosuperfície – contato cobertura residual/rocha sã –, já que, em função da baixa mobilidade do Mn, estes minerais tendem a precipitar e concentrar nos níveis onde as discontinuidades da rocha, como diáclases e planos de foliação, estão ainda bem demarcadas.

Com base nesse acervo mineral e geoquímico, as evidências apontam para uma alta capacidade de desnudação geoquímica propiciada por condicionantes climáticos favoráveis, acelerados por parâmetros físico-químicos como a boa drenabilidade da água de

subsuperfície – principal agente lixiviador –, oscilações do nível freático e pH dominante. Todavia, o surgimento de núcleos menos esvaziados, cuja composição química é mais próxima àquela das rochas progenitoras, bem como a geração de rampas de colúvio, demonstram um aumento da erosividade e demarcam uma nova fase de dissecação da paisagem atual de forma que a desnudação mecânica parece, atualmente, ser preponderante sobre a desnudação química. Essa característica é corroborada pelos sistemas de transformação pedogenética em curso na área, na medida em que solos latossólicos têm sido transformados em cambissolos.

REFERÊNCIA

- COUTINHO, J. M. V. 1980. Os minerais pesados de areia da foz do Rio Doce. **Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia**, 61-77.
- COUTINHO, J. M. V. 1980. O Pré-Cambriano do vale do Rio Doce. **Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia**, 43-60.
- MACHADO, N., Schrank, A., Abreu, F. R. de, Knauer, L. G. & Almeida Abreu, P. A. 1989. Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço Meridional. **Anais, 5 ° Simpósio Geol. de Minas Gerais, Soc. Bras. Geologia, Núcleo MG, Bol. 10, Belo Horizonte**, p. 171-174.
- PFLUG, R. 1965. **A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais**. Dep. Nac. Prod. Mineral, Div. Geol. Mineralogia Notas Preliminares e Estudos, 119, Rio de Janeiro, 16 p.
- FOGAÇA, A. C. C. & Schöll, W. V. 1984. Estratigrafia e tectônica das rochas arqueanas e proterozóicas da região de Guinda e Gouveia (MG). **Anais, 33 ° Congr. Bras. Geologia, Rio de Janeiro**, p. 2638-2653.
- GROSSI-SADI, J. H., Lobato, L. M., Pedrosa-Soares, A. C. & Soares-Filho, B. S. 1997. Projeto Espinhaço em CD room (textos e anexos). Belo Horizonte: COMIG, 2693p (disponível em 1 CD room).
- SALGADO, A. 2002. **Desnudação Geoquímica e Evolução do Relevo no Espinhaço Meridional – MG**. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dissertação de Mestrado, 189p.