

COMPORTAMENTO DE ELEMENTOS QUÍMICOS EM AMBIENTE SUPERGÊNICO E PEDOGÊNESE - PARQUE MUNICIPAL DAS MANGABEIRAS, QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG)

Carlos Eduardo Fernandes de Holanda¹, Guilherme Taitson Bueno²

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo caracterizar a mineralogia e discutir o comportamento de elementos químicos de um perfil de solo situado em posição de alta vertente, no Parque das Mangabeiras (Belo Horizonte-MG), sobre filitos dolomíticos da Formação Gandarela (Quadrilátero Ferrífero). Buscou-se, ainda, discutir aspectos da gênese do solo estudado. Para este fim, foram coletadas 8 amostras dos horizontes do solum e da rocha pouco intemperizada em diferentes profundidades em uma trincheira. As análises de química total foram feitas por fluorescência de raios-X, em laboratório do CDTN-UFMG. Os dados foram discutidos em conjunto com informações já disponíveis sobre a vertente estudada. Observou-se que os principais elementos químicos no perfil são o Si, o Al e o Fe. Há ainda pequenas quantidades de Ca, Mg e K, além de Ti e Zr. Não há indicação de concentração dos elementos considerados menos móveis (Zr, Ti, Al) nos horizontes pedológicos do perfil se comparados com a rocha pouco alterada. Isso sugere que se trata de um solo jovem, apesar da topografia pouco acidentada e da posição próxima ao topo da vertente.

Palavras-chave: mineralogia de solos, comportamento dos elementos químicos, pedogênese.

ABSTRACT

This work aims to characterize the mineralogy and to discuss the chemical elements behavior in an upslope soil profile located at the Mangabeiras Park (Belo Horizonte-MG). The geological substratum consists on dolomitic phyllites of Gandarela Formation (Quadrilátero Ferrífero). We intended, also, to discuss genetic aspects of the studied soil. 8 soil samples were collected along the vertical profile and analyzed through X-Ray fluorescence (total chemical elements) at the CDTN-UFMG laboratory. The data were discussed in association with information already published about the studied slope. The principal chemical elements in the profile are Si, Al and Fe. There are, still, little amounts of Ca, Mg, K, Ti and Zr. The data show that the less mobile elements (Zr, Ti, Al) do not concentrate upwards (in the pedological horizons, or solum) when compared with their amounts in the underlying less weathered rock. This suggests that this is a still young soil profile, although the slope angle is not very important and the erosion limited.

Key-words: soil mineralogy, chemical element behavior, pedogenesis.

1 INTRODUÇÃO

A área desses estudos é caracterizada por uma complexa história geológica, com diversas formações litológicas, sobretudo itabiritos, filitos, dolomitos, xistos e quartzitos,

¹ Graduado no Curso de Geografia e Análise Ambiental – Centro Universitário de Belo Horizonte - UNI-BH – caduholanda@yahoo.com.br

² Professor do Curso de Geografia e Análise Ambiental – Centro Universitário de Belo Horizonte - UNI-BH – gtaitson@ig.com.br

intercalados com camadas de materiais ferrífero – Formações Ferríferas Bandadas – resultantes de depósitos sedimentares Paleo-proterozóicos metamorfizados (CASTRO, 1995). A vertente estudada parte, perpendicularmente, do eixo de um interflúvio em forma de plano levemente inclinado que termina, ele mesmo, em um canal de drenagem. O terço superior da vertente situa-se sobre esse plano e tem declividade de cerca de 6° (TONUSSI et al., 2007). Os dois terços inferiores se iniciam após ruptura de declive, com aumento da declividade, terminando no Córrego da Serra. A vertente situa-se, segundo a carta geológica (PBH, 2004), sobre filitos dolomíticos, que constituem um compartimento de relevos menos acidentados e ligeiramente deprimidos em comparação com os quartzitos e itabiritos (rochas vizinhas pelo norte e pelo sul, respectivamente). No presente trabalho foi estudado apenas o perfil pedológico da alta vertente.

Em estudos anteriores sobre os solos do Parque das Mangabeiras, Tonussi et al. (2007) e Pereira (2007) identificaram os solos da parte superior da vertente como Latossolos (horizontes A, AB e Bw) de textura argilosa. Esses autores levantaram duas hipóteses para explicar a gênese dos solos alta vertente: a primeira propõe que esses solos se formaram a partir de material coluvial, procedente das partes itabiríticas e mais elevadas da paisagem, levando em consideração a presença de fragmentos de rocha itabirítica e de nódulos de couraça ferruginosa, além da cor vermelho-escura dos solos. A segunda propõe que o solo tenha se formado *in situ*, possivelmente pela degradação de uma couraça ferruginosa ali existente, considerando a presença de pisolitos e o relevo atual de baixa declividade, pouco favorável ao coluvionamento. Nesse caso, os fragmentos de itabirito seriam explicados pela existência de intercalações desta rocha nos filitos dolomíticos e pela resistência diferencial destas ao intemperismo. Na média e baixa vertente, após ruptura de declive, onde a declividade é maior (19°), foram descritos Cambissolos e observados fragmentos de couraça, de itabirito e de dolomito. A topossequência foi interpretada como poligenética, constituindo o terço superior um remanescente de uma superfície de menor declividade, posteriormente truncada pela incisão da drenagem, responsável pelo rejuvenescimento dos materiais dos dois terços inferiores da vertente (TONUSSI et al., 2007).

Para uma compreensão mais ampla sobre o ambiente supergênico e a gênese dos solos, devemos levar em conta a aplicação da geoquímica para o estudo da mobilidade dos elementos químicos. Este se baseia na propriedade que os elementos químicos possuem de apresentar concentrações ou perdas na crosta terrestre e nos solos. A mobilidade dos elementos químicos no ambiente supergênico define-se como a facilidade de movimentação desses elementos no ambiente (LICHT, 1998). Essas concentrações ou perdas são ligadas aos

processos do intemperismo e erosão, com a dissolução e dispersão seletiva de componentes da rocha pela ação de processos químicos e físicos (LICHT, 1998). As propriedades químicas de minerais, da rocha, dos solos e dos sedimentos são de grande importância para a exploração geoquímica. O comportamento dos elementos químicos nas condições supergênicas é determinado por uma série de fatores, como pH, o Eh, a granulometria e a dissolução diferencial dos minerais portadores, o regime hidrológico e as propriedades químicas dos elementos (VAN DER WEIJDEN & VAN DER WEIJDEN, 1995; TABOADA, 2006; LICHT, 2008). Se a resistência ao intemperismo do mineral que contém o elemento químico é alta, a mobilidade tende a ser menor. Temos como exemplo o rutilo (TiO_2) que é muito resistente aos processos de intemperismo, assim como o zircão (ZrSiO_4), contribuindo para a baixa mobilidade dos metais que estes minerais portam. No caso dos elementos Ti e Fe, sua baixa mobilidade se deve, ainda, à possibilidade de se reprecipitarem rapidamente após a dissolução dos minerais primários portadores em solos com boa drenagem: o Ti se precipita em anatásio (CORNU et al., 1999) e o Fe em hematita (VAN DER WEIJDEN & VAN DER WEIJDEN, 1995). O mesmo pode ser dito para o Al, que forma minerais secundários como a caulinita e a gibbsita.

Embora muito se tenha publicado sobre a geologia e a geomorfologia do Quadrilátero Ferrífero, estudos sobre a geoquímica e a mineralogia de solos associadas à evolução das formações superficiais e dos relevos são ainda escassos. O Parque das Mangabeiras apresenta-se como um local privilegiado para essas pesquisas, uma vez que se trata de área de proteção ambiental e conta-se com o apoio logístico da Prefeitura de Belo Horizonte.

A pesquisa tem como objetivo discutir a formação do perfil de solo estudado e a evolução do relevo da área de estudo a partir de dados geoquímicos e de informações obtidas por estudos anteriores sobre a mesma área.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Formações Superficiais

2.1.1. Classificação quanto ao transporte do material

Formações superficiais são o material geralmente inconsolidado sobreposto à rocha sã, com espessura variando de dezenas de metros a alguns centímetros. Cruz (2006) afirma que essas formações são produtos da degradação física e química da rocha em condições superficiais. As formações superficiais podem ser monofásicas ou polifásicas (poligenéticas) (DEWOLF & BOURRIÉ, 2008); no segundo caso, elas podem apresentar partes relictuais, em desequilíbrio com as condições ambientais atuais. Essa mesma autora classifica as

formações superficiais em autóctones, subautóctones e alóctones. As formações autóctones são formadas *in situ*, a partir da rocha subjacente, que pode ser chamada, neste caso, rocha-mãe. Encontram-se em topografias planas a sub-planas. Caso apresentem influência biológica em sua evolução, são denominadas solos. As formações subautóctones aparecem ao longo das vertentes, constituindo os colúvios. Formam-se por deslocamentos a pequena distância, e a descontinuidade ao longo do contato com o material subjacente *in situ* pode não ser clara, caso a rocha seja a mesma ao longo de toda a vertente. Nem sempre o transporte desses materiais é gerado por algum agente como a água, o gelo ou o vento, sendo que é possível o seu deslocamento por movimento de massa ao longo da vertente (CRUZ, 2006). As formações alóctones são aquelas submetidas ao transporte por longas distâncias, como no caso dos alúvios. A descontinuidade com o substrato é, normalmente, clara (DEWOLF & BOURRIÉ, 2008). As formações subautóctones e alóctones podem sofrer pedogênese após a imobilização, constituindo o material de origem dos solos.

2.1.2. Classificação quanto à friabilidade

As formações superficiais podem ser endurecidas ou móveis (friáveis) (DEWOLF & BOURRIÉ, 2008). As formações endurecidas são silcretos, calcretos, halocretos e ferricretos, sendo a última bastante freqüente na região de estudos, na forma das couraças ferruginosas ou canga. Segundo Simmons (1963), as cangas são depósitos superficiais fragmentários ricos em hematita e itabirito, cimentados por magnetita e/ou limonita, cobrindo encostas cristas e fundos de vale, podendo, também, ser elaboradas *in situ*. Nos meios tropicais úmidos, entretanto, as formações endurecidas são menos comuns que as formações friáveis. A maior parte da paisagem tropical úmida está coberta por solos, que podem ser classificados como coberturas móveis lateríticas (HERBILLON & NAHON, 1985). Esses autores adotam a definição de Schellmann (1981) para este tipo de formação superficial: produtos de intenso intemperismo subaéreo, em que os teores em Fe e/ou Al são elevados e o conteúdo de Si é menor do que na rocha matriz meramente caolinizada. Consiste em associações de minerais como goethita, hematita, hidróxidos de Al, minerais caoliníticos e quartzo.

2.2. Mobilidade dos elementos e a assinatura geoquímica na caracterização do ambiente supergênico

Grande parte dos minerais primários maiores remanescentes, encontrados logo acima do saprolito, na parte superior dos solos mais jovens, são comumente destruídos com o

envelhecimento do solo. Exceções são o quartzo e outros minerais mais resistentes (CRUZ, 2006).

De acordo com Butt *et al* (2000) apud Cruz (2006), as distribuições de elementos traços como Cr, Zr, Ti se relacionam, em parte ou totalmente, com a do Fe. A baixa mobilidade química destes elementos se deve à sua relativa inércia durante o intemperismo, (ex: Ti) e/ou à estabilidade dos minerais primários e/ou secundários que os contêm (ex: Zr no zircão; Cr na cromita). O íon férrico, liberado da destruição de minerais primários como micas, epidotos, hornblendas, cloritas, é pouco solúvel, e se acumula em ambientes de intemperismo oxidantes ao longo do tempo (REBERTUS & BUOL, 1985). A estabilidade do Ti se deve, assim como a do Fe, à estabilidade relativa de seus minerais portadores secundários (sobretudo o anatásio), uma vez que os minerais primários que contêm titânio (rutilo, ilmenita, por ex.), são intemperizados nos meios tropicais úmidos (CORNU *et al.*, 1999). No caso do Zr, um outro fator contribui para sua elevada estabilidade nas formações superficiais tropicais: enquanto o Ti, por exemplo, predomina em minerais presentes nas frações mais finas dos solos (argila, sobretudo), o Zr tem, como principal portador, o zircão, que tende a predominar em frações mais grosseiras, como na fração silte (TABOADA *et al.*, 2006). Sendo assim, o Ti é mais vulnerável ao transporte na forma particulada, enquanto o Zr tende a ser mais resistente a este transporte.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 Localização do Parque Municipal das Mangabeiras

O Parque Municipal das Mangabeiras localiza-se na região centro-sul da cidade de Belo Horizonte/MG (Figura 1), situado no setor norte do Quadrilátero Ferrífero. Seu território distribui-se desde a crista até a baixa vertente da Serra do Curral, no seu flanco norte.

3.2. Geologia

A geologia do parque, segundo Moreira *et al* (1991), compreende a seqüência do Supergrupo Minas com os Grupos Itabira, que abrange as Formações Cauê e Gandarela, e o Grupo Piracicaba, com as Formações Cercadinho, Fecho do Funil e Barreiro, esta última cobrindo cerca de 50% da área total do Parque.

A vertente estudada localiza-se sobre a Formação Gandarela, que é constituída por filitos dolomíticos, com mineralogia dominada por carbonatos de Mg e Ca (CARVALHO, 1999).

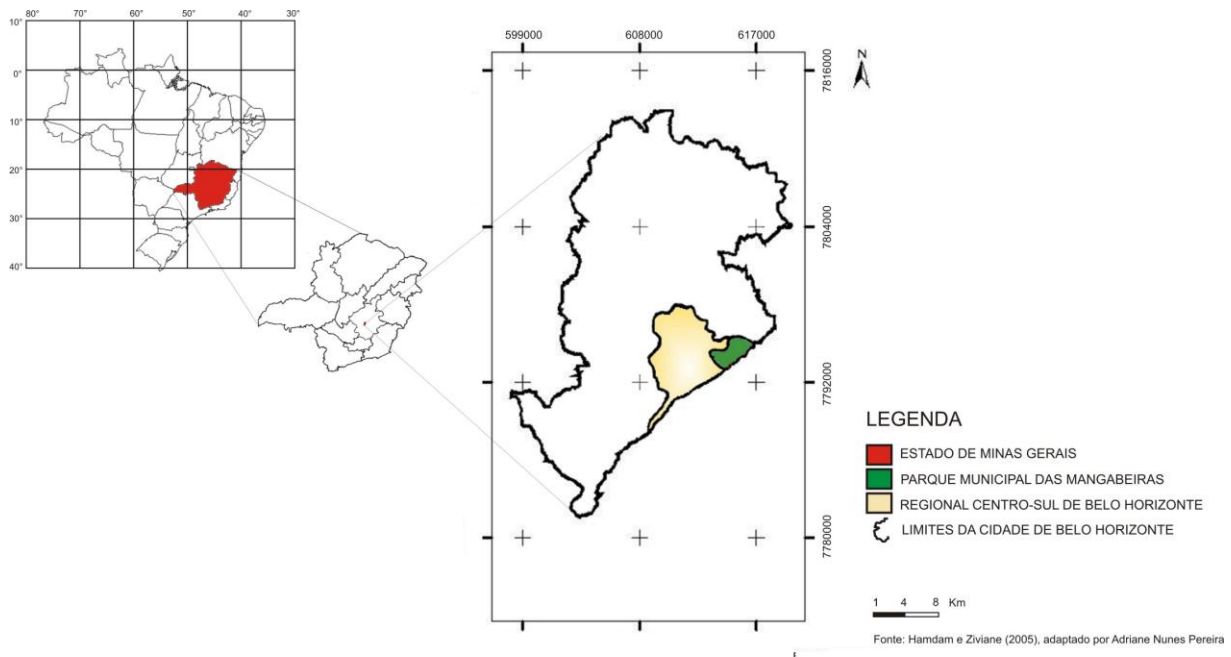


Figura 1 – Mapa de localização do Parque das Mangabeiras no município de Belo Horizonte. Fonte: Pereira (2007).

Os itabiritos que se intercalam nesta Formação distinguem-se localmente dos itabiritos da Formação Cauê, que apresentam maior quantidade de magnetita. Próximo ao mirante do Parque ocorrem lentes esparsas de hematita compactada a semi-compactada, também com magnetita (MOREIRA, 1991).

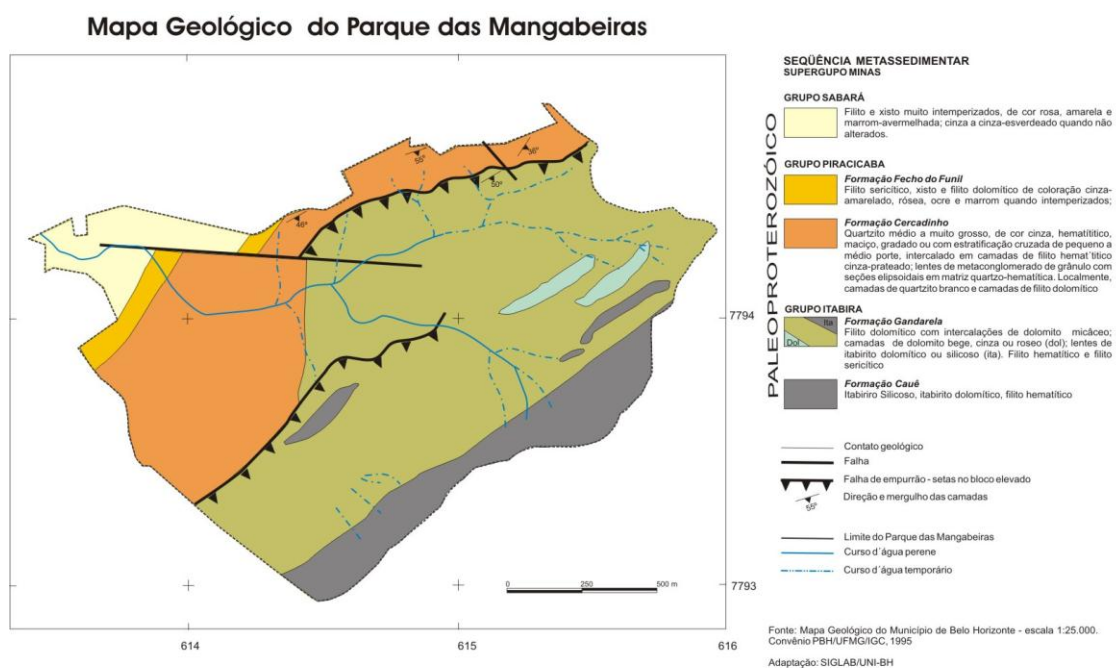


Figura 2 - Mapa Geológico do Parque Municipal das Mangabeiras. Elaboração: SIGLAB/UNI-BH

A escarpa principal da Serra do Curral foi elaborada sobre a Formação Cauê, que é composta por itabiritos, às vezes dolomíticos, corpos de hematita friável, frutos do intemperismo dos itabiritos dolomíticos e de lentes de hematita compacta. Tanto as hematitas quanto os itabiritos, ao serem intemperizados, são friáveis e bastante porosos. As hematitas compactas, apesar de serem menos porosas, apresentam alto grau de fraturamento, ocasionando uma extrema permeabilidade (MOREIRA, 1991).

3.3. *Clima*

A região metropolitana de Belo Horizonte apresenta uma temperatura média anual de 21,7°C, com amplitude térmica anual de aproximadamente 10°C, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (2001). A média das temperaturas máximas anuais fica em torno de 24,3°C, enquanto a média das mínimas em torno de 18,3°C, equiparando ao regime de temperatura das regiões de clima do tipo mesotérmico úmido (Aw). O nível térmico local é amenizado pela orografia, principalmente pela proximidade com a Serra do Curral (NUNES et al, 2001).

3.4. *Vegetação*

A vegetação do parque varia entre o campo de altitude, o cerrado e as matas (Floresta estacional semi-decidual), que ocupam normalmente o terço inferior das vertentes e as rochas mais macias (PBH, 2004).

3.5. *Geomorfologia*

Localizada no extremo norte do Quadrilátero Ferrífero, a Serra do Curral é um grande alinhamento montanhoso que possui uma extensão de 80km, com altitudes que variam de 1000 a 1400 m. Trata-se de um extenso *hog-back* com direção SW-NE. A resistência das rochas ao intemperismo e os mergulhos das camadas em torno de 45° graus são as principais características do substrato destas formas de relevo. A heterogeneidade litológica e a estruturação geológica (orientação e mergulho das camadas, falhamentos e fraturamentos) condicionam fortemente o relevo da área (CARVALHO, 1999). A vertente estudada situa-se em área de relevo menos acidentado, de certa forma deprimida, elaborada sobre rochas mais macias, e é circundada por rochas mais duras (quartzitos e itabiritos). Há grutas e feições superficiais como depressões fechadas sobre os dolomitos da Formação Gandarela, o que sugere que os mecanismos de dissolução são importantes também para a morfogênese.

4 METODOLOGIA

4.1 Determinação dos locais de coleta de amostras

Em estudos anteriores foi realizado, desde o topo até a base de uma vertente, um levantamento de solos em topossequência por meio de tradagens e trincheiras. A vertente foi considerada representativa das vertentes do compartimento das rochas dolomíticas. Esse levantamento possibilitou a identificação das rupturas de declive e de unidades pedo-geomorfológicas.

Na vertente selecionada, quatro trincheiras foram abertas. Os perfis de solo tiveram seus horizontes descritos segundo Santos *et al.*, (2005). Amostras de solo foram coletadas e enviadas para análises granulométrica, mineralógica (raios-X) e química (análise química total). Decidiu-se estudar, no presente trabalho, apenas o perfil de montante, pois se trata do mais espesso e, provavelmente, mais antigo, considerando sua classificação inicial como Latossolo, enquanto os demais foram classificados como Cambissolos. No perfil escolhido foram coletadas amostras às profundidades de 5, 20, 40, 70, 100, 140, 180 e 230 cm.

4.2 Química total por fluorescência de Raios-X

Amostras das frações totais foram pulverizadas, e depois moídas em almofariz de ágata e montadas em laminas de vidro. As análises químicas das amostras totais foram realizadas no EC4 – SERVIÇO DE TECNOLOGIA MINERAL – CDTN / CNEN - Belo Horizonte (MG), utilizando o espectrômetro de fluorescência de Raios-X por energia dispersiva, marca Shimadzu, modelo EDX-720, com tubo de ródio e detector de silício-lítio. O processo de perda ao fogo (Pf) foi realizado em forno mufla Magnus, determinado pela calcinação a 1000°C, até a constância de massa. As amostras foram decompostas em forno de microondas, tendo sido adotadas amostras de 800mg de material e adicionados 4ml de ácido nítrico concentrado, além de 2ml de peróxido de hidrogênio. Estes procedimentos seguiram as mesmas etapas realizadas por Pereira (2007), que apresentou as primeiras análises de química total para a vertente.

5 ANÁLISE DOS DADOS

5.1 Topografia da vertente

A vertente tem 126m de comprimento, com uma altitude máxima de 1130m e mínima de 1100m.

O perfil de solo P1 (Figura 3), que é o local deste estudo, está a 20m de distância do topo da vertente. A vertente apresenta baixa declividade (6°) até cerca de 45m do topo, quando há uma ruptura topográfica e sua declividade aumenta para cerca de 19° .

5.2. Morfologia dos solos

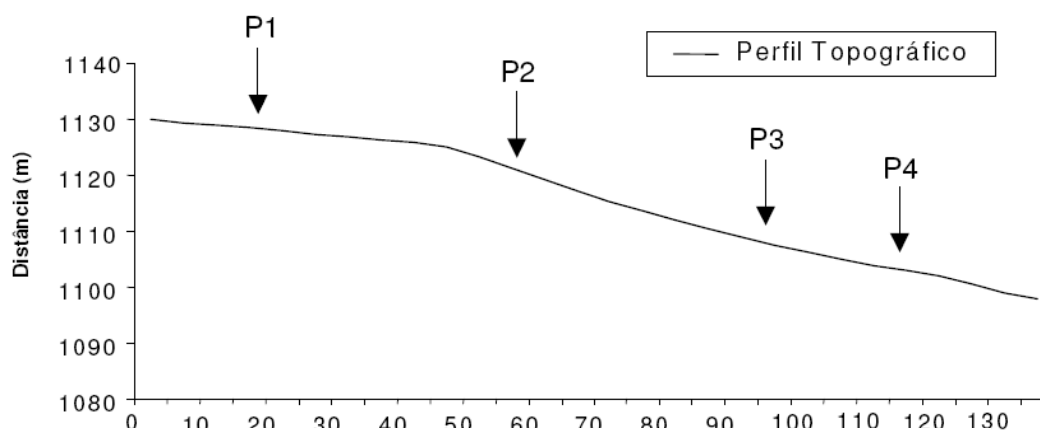


Figura 3: Perfil topográfico da vertente estudada. Fonte: Pereira (2007)

Todos os horizontes do perfil de montante (P1) apresentaram cor vermelho-escuro, assim como textura argilosa. O teor de argila varia de 42,10% no horizonte A, a 44,7% no horizonte AB, e a 57,1% no horizonte classificado como Bw (TONUSSI et al., 2007). A estrutura é granular no horizonte superior a granular/microagregada, nos horizontes AB e Bw. Foram encontrados fragmentos de rocha (itabirito) e pisolitos de Fe em todos os horizontes. Na base do perfil (entre 170 e 230 cm) encontra-se o horizonte C, onde a rocha é pouco intemperizada e há fragmentos de dolomito.

5.2 Análise da química total

As análises por fluorescência de raios-X mostraram que os cátions básicos como K, Mg e Ca tiveram uma importante perda desde base (rocha intemperizada) até o topo do perfil (Figura 4). O elemento químico Ca teve um aumento na parte superficial, contabilizando 0,3% de 0 a 15 cm, em correlação positiva com o teor de matéria orgânica. Manteve o mesmo percentual entre 15 e 170 cm, no solum, com o percentual de 0,1%, e uma perda do material em relação à rocha pouco intemperizada. No caso do elemento Mg, os valores tiveram uma perda maior entre 230 e 170 cm, com 0,7% do seu material no manto mais profundo, e continuou perdendo entre 170 e 140 cm, chegando a 0,25%. Observou-se um aumento até 1m, chegando a 0,5% de seu total, acompanhada de uma perda de 1 m até 40 cm, chegando aos

0,3%, e mais um pequeno aumento em direção à superfície. Já o elemento K, em maior quantidade em relação aos anteriores, teve uma grande perda de 230 a 170 cm, chegando de 0,8 a 0,4%, e mantendo mais ou menos o seu teor até a superfície em 0,4%.

Os elementos químicos considerados mais estáveis, como Al, Fe, Si, Ti, e Zr se mostraram mais contínuos no solum, observando-se perdas em relação ao manto mais profundo do perfil para os elementos Si, Al e Ti, e um grande aumento de Fe do saprolito em direção à superfície (Figura 5). Para o elemento químico Al, observou-se uma pequena perda de 230 a 190 cm, de 33 a 28%, mantendo o seu percentual constante até à superfície. No caso do Si, houve uma perda significativa entre 230 e 170 cm, de 47 a 33%, mantendo também o seu teor em 33% até as camadas superiores. Já para o Fe, observou-se um grande aumento desde a rocha pouco alterada até o solum, entre 230 e 170 cm, de 0,3 a 0,9%. No solum seu teor manteve-se estável até a superfície, com 0,7%.

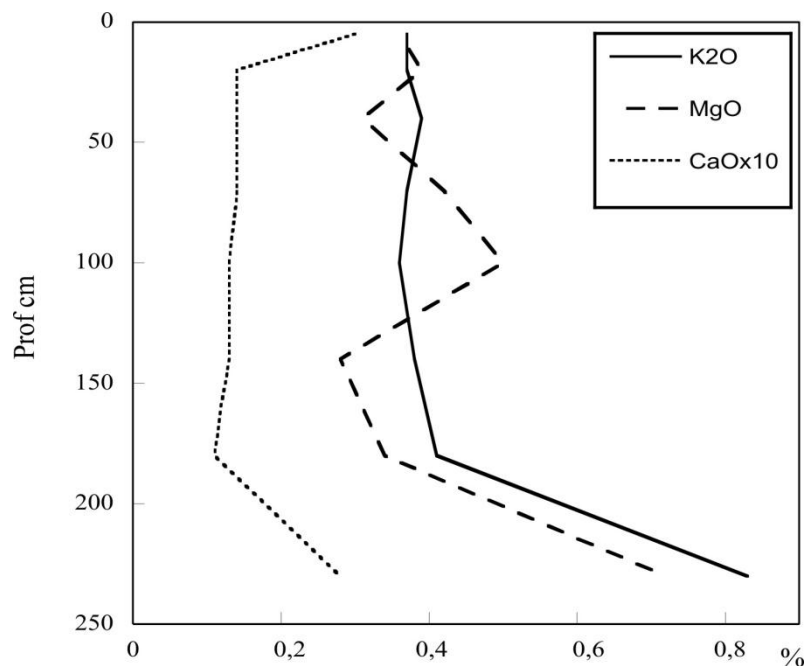


Figura 4: Distribuição dos elementos K, Mg e Ca no perfil de solo.

O Zr se manteve constante durante todo o perfil, com algumas pequenas perdas nas camadas superficiais, variando entre 0,3 a 0,2% no seu total. Para o elemento Ti, observou-se uma perda também nas profundidades entre 230 e 170 cm, com um percentual caindo de 1,4 para 1,2%, mantendo o seu teor em 1,2% até a superfície.

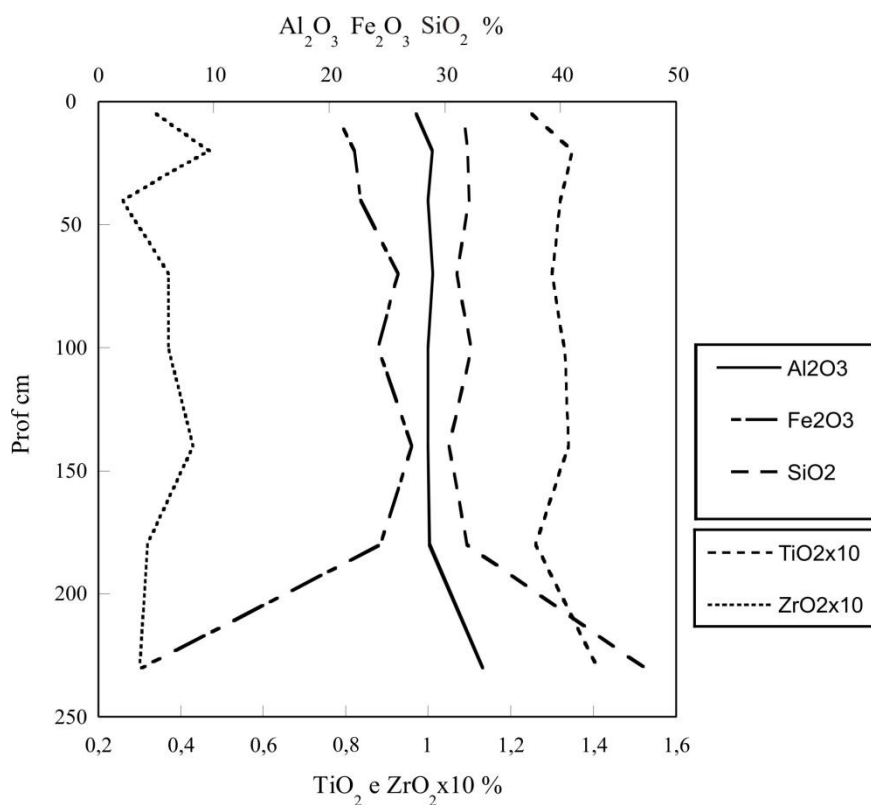


Figura 5: Distribuição dos elementos Al, Fe, Si, Ti e Zr no perfil de solo.

Os teores em Si, Al e Fe foram lançados em um diagrama triangular para classificação dos materiais lateríticos, segundo proposta de Shellmann (1982), citado por Herbillon & Nahon (1985) (Figura 6). Observa-se que a amostra mais profunda (230 cm), referente à rocha pouco intemperizada, apresentou-se destacada das demais, no domínio da caolinização. As demais amostras (solum) encontram-se no domínio da lateritização fraca. Isso sugere que as amostras não pertencem a um perfil que tenha passado por um longo período de lateritização em condição de estabilidade morfopedológica.

5.3 Mineralogia

Os minerais principais presentes no perfil estudado foram descritos por Pereira (2007) com base em análises por difratometria de raios-X (Figura 7).

Os minerais predominantes são o quartzo, a caolinita, a hematita, a gibbsita, a magnetita e a moscovita. Com base nessas informações, pode-se distribuir os principais elementos químicos obtidos nas análises de química total nos seguintes minerais: os principais portadores do Al são a caolinita $Al_4(Si_4O_{10}(OH))_8$, a gibbsita $Al(OH)_3$ e a moscovita $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$.



Figura 6: Diagrama da lateritização segundo Shellmann (1982), citado por Herbillon & Nahon (1985): as amostras do solum se inserem no domínio da lateritização fraca e a amostra da rocha pouco alterada, no domínio da caolinização.

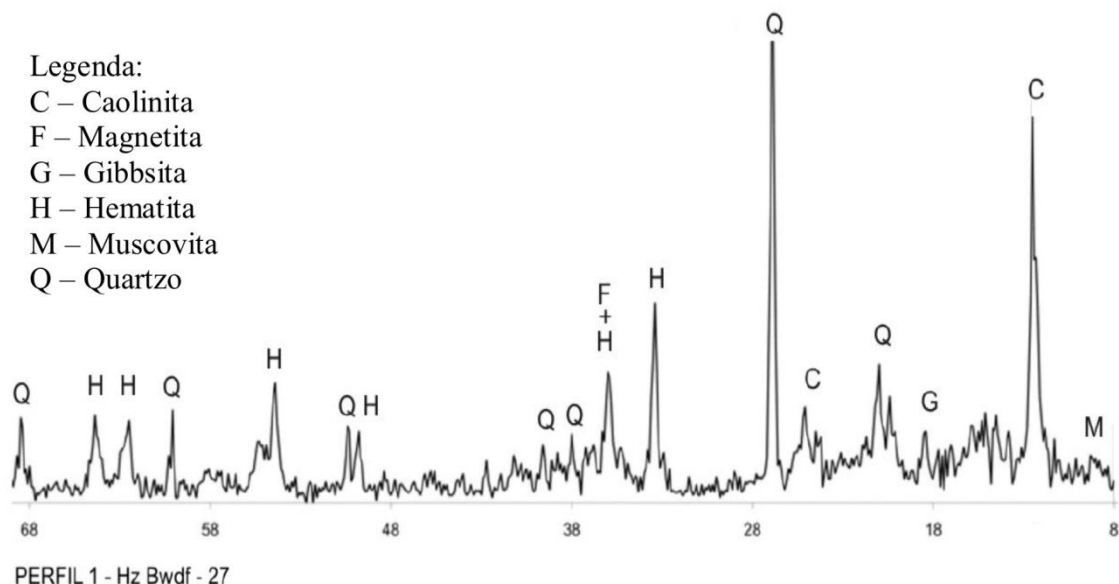


Figura 7: Difratograma do horizonte B do perfil de solo estudado, conforme Pereira (2007)

Os principais portadores do Si são o quartzo SiO_2 , a caolinita e a muscovita. O Fe tem como portadores mais importantes a hematita Fe_2O_3 e a magnetita Fe_3O_4 , já que não foram encontrados picos de goethita. O K tem, como provável portador principal, a muscovita, e a dupla Mg e Ca, possivelmente, restos de rocha são pouco intemperizada, já que são formadores

da dolomita, principal constituinte do dolomito. Ti e Zr não tiveram seus minerais portadores identificados no difratograma, certamente pela baixa quantidade desses minerais no perfil.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos elementos químicos das camadas do perfil estudado mostrou a distribuição dos elementos químicos principais desde o saprolito até a superfície do solo. Não há acumulação importante dos elementos “mais estáveis” (Zr, Ti, Al) da base para o topo do perfil, o que indica que não se trata de um perfil antigo de solo. Essa hipótese também é apontada pelo triângulo de domínios da lateritização, que indica uma fraca lateritização para os materiais. Isso sugere que o material foi ou vem sendo renovado, com perda generalizada dos elementos analisados. Essa perda envolve, provavelmente, o transporte particulado, uma vez que mesmo elementos mais estáveis e presentes em frações granulométricas menos finas não se concentram no perfil. Entretanto, seria importante um estudo mais detalhado dos portadores do Ti e do Zr, uma vez que os mesmos não foram detectados por difração de raios-X. As perdas mais fortes são dos cátions básicos (Ca, K, Mg), provavelmente por processo de dissolução (erosão química) dos dolomitos e moscovitas. Assim, embora possa ser mais antigo que os solos do terço inferior da vertente, o perfil estudado não parece ser um perfil laterítico (com horizonte intermediário Bw) muito antigo. A distribuição praticamente homogênea dos elementos no interior do solum pode favorecer, também, a hipótese de que o transporte (coluvionamento), associado ao retrabalhamento dos materiais, tem ou teve um papel importante para a gênese daquela formação superficial.

Referências Bibliográficas

CARVALHO, V. L. M. **Sistema de Transformação Pedológica em uma Vertente no Município de Espírito Santo do Pinhal (SP)**. Tese de Doutorado Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1999.

CASTRO, L. O. **Arqueterra**. Belo Horizonte: Impressão Digital, 1995. 160p.

CORNU, S., LUCAS, Y. , LEBON, E. , AMBROSI, J.P., LUIZÃO, F. , ROUILLER, J. , BONNAY, M, NEAL, C. (1999). **Evidence of titanium mobility in soil profile Manaus, central Amazonia**. *Geoderma* 91. 281-295.

CRUZ, L. O. M. **Assinatura geoquímica de unidades colúviais da Bacia do Córrego do rio Grande – Depressão de Gouveia/MG**. Belo Horizonte: Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais – IGC/UFMG, 2006, 137p. (Dissertação de mestrado).

DEWOLF, Y. & BOURRIÉ, G. **Les formations superficielles**. Paris: Edition Marketing, 2008, 896 p.

HERBILLON A.J. & NAHON, D. **Laterites and lateritization processes**. In: STUCKI, J.W.; GOODMAN, A. SCHWERTMANN, U. **Iron in soils and clay minerals**. Bad Windsheim: NATO, 1985, pp. 973-996

LICHT, O. A. B. **Prospecção Geoquímica: Princípios, técnicas e métodos**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998. 35p.

MOREIRA, P. C. H.; OLIVEIRA, COSTA J. J.; MAGALHÃES, P. C. V. **Geologia do Parque das Mangabeiras e Adjacências**. Pesquisa componente do acervo bibliográfico do Departamento de Mineração das Minerações Brasileiras reunidas S/A – MBR. Belo Horizonte – MG, 1991.

NUNES, A. B. (*et al*). **Estudo de Impacto Ambiental do Centro de Disposição de Resíduos Macaúbas**. Belo Horizonte: TECISAN - Técnica de Engenharia Civil e Sanitária Ltda, 2001. p. 86-171.

PBH. In: Visitando o Parque: Projetos. 2004. Disponível em <<http://www.pbh.gov.br/mangabeiras/parque/projetos/vegetaca.htm>>. Acesso: 13/10/02009.

PEREIRA, A. N. **Evolução das formações superficiais e suas relações com as crostas ferruginosas em vertentes do Parque Municipal das Mangabeiras**. Belo Horizonte, Centro Universitário de Belo Horizonte – UNI-BH, 2007. (Monografia).

REBERTUS, R.A. & BOUL, S.W. **Iron distribution in a developmental sequence of soils from mica gneiss and schist**. *Soil Science Soc. Am. Journal*, 49, 1985, p. 713-720.

SANTOS, R. D (*et al*). **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 92p.

SHIMADZU do Brasil. Produtos: Fluorescência de Raios-X - EDS - EDX- 20/800/900HS. Disponível em: <http://www2.shimadzu.com.br/espanhol/analitica/produtos/espectrometros/raiosx/eds/edx.aspx>.

SIMMONS, G. C. **Cavernas em canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil**. Traduzido por Augusto Auler. O Carste: revista trimestral do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas. Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p. 74-77, jun. 2005. Título original: Canga Caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. The National Speleological Society Bulletin. Kentucky, v.25, p. 66-72, 1963.

TABOADA, T., CORTIZAS, A. M., GARCIA, C., García-Rodeja E. (2006). **Particle-size fractionation of titanium and zirconium during weathering and pedogenesis of granitic rocks in NW Spain**. *Geoderma* **131**, 218-236.

TONUSSI, T., MACHADO, J., BUENO, G., DINIZ, A., PEREIRA, A. **Estudos preliminares sobre a evolução pedomorfológica da Vertente da Cascatinha, Parque das Mangabeiras, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais** IN: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada Natal UFRN, 2007.

VAN DER WEIJDEN C.H. & VAN DER WEIJDEN R. (1995). **Mobility of major, minor and some redox-sensitive trace elements and rare-earth elements during weathering of four granitoids in central Portugal**. *Chemical Geology* **125**, 149-167.