

O Papel Geomorfológico das Lateritas no Espinhaço Meridional, MG.

Leonardo Cristian Rocha – UFMG rochageo@hotmail.com

Cristina Augustin – UFMG - chaugustin@igc.ufmg.br

Luiz Otávio Martins Cruz – FEAM euluz@yahoo.com.br

Abstract

Laterites have always called the attention of researchers of tropical regions. In Brazil these formations are characterized by high concentration of iron and aluminum, hard consistency and variation of structure and form. This research has the objective to compare chemical, textural and mineralogical aspects of laterites occurring in the Espinhaço Meridional, a mountain range located in the north-center part of Minas Gerais State, Brazil. Analyses of these results suggest that these laterites have been under the effect of humid climate during a long time of stable orogenic conditions. They were found in higher topographic levels (1300-1400 m), what seems to indicate the existence of a much large pale-surface chemically developed. The breakdown of the stability responsible for the predominance of successive cycles of weathering processes is related to occasional tectonic uplifts or by new thresholds caused by more effective erosion of quartzite sequences by drainage systems of the area. The need to achieve new thresholds induced the breakdown of previously elaborated paleo-surfaces, leaving behind, at higher topographic level, only residuals of these almost flat to gently undulating surfaces, where the laterites were found.

Key words: laterites, tropical climates, paleo-surfaces, weathering processes, landform evolution.

Resumo

Os estudos das formações lateríticas sempre chamaram a atenção dos pesquisadores das regiões tropicais. No Brasil estas formações caracterizam-se pela concentração elevada de ferro e alumínio, consistência dura e variação na estrutura e forma. Este trabalho tem como objetivo comparar os aspectos químicos, texturais e mineralógicas ocorrências de lateritas no Espinhaço Meridional, MG. A análise desses resultados sugere que estas formações lateríticas estiveram sob a ação prolongada de um clima úmido, durante período de estabilidade tectônica. As lateritas parecem indicar a existência de uma paleo-superfície geoquimicamente desenvolvida. O fim da estabilização da região parece ter sido rompida, ocasionalmente, por soerguimentos neotetônicos locais ou por rompimentos de soleiras geomorfológicas. Estes rompimentos tenderiam a dismantelar parcialmente essa paleo-superfície a partir da abertura de vales, deixando resquícios desta superfície em zonas altimétricamente mais elevadas.

Palavras chaves: lateritas, climas tropicais, paleo-superfícies, intemperismo químico, evolução do relevo.

1. Introdução

Lateritas sempre chamaram a atenção de pesquisadores das regiões tropicais. Segundo Goudie (1973), os primeiros registros sobre essas formações foram realizados por Buchanan (1807) no sul da Índia. Posteriormente, geólogos passaram a estudá-las buscando caracterizá-las petrográficamente. Para Nogueira Jr. (1985), o estudo de lateritas a partir de um prisma apenas geológico levou as primeiras dificuldades para a definição e compreensão das mesmas, visto a complexidade do material.

De acordo com Macfarlane (1976), as lateritas começaram a ser vistas como formações residuais do processo de intemperismo já no final do século XIX, em estudos apresentados por Russel (1889). Ele teria sido o primeiro a destacar a atuação dos processos

de lixiviação e acumulação de resíduos no desenvolvimento das lateritas em meio tropical. Também teria sido Bauer (1898) a estabelecer suas principais características químicas, constatando a presença de ferro, alumínio e sílica na forma de hidróxidos (Nogueira Jr. 1985).

Já no século XX, as lateritas tornam-se também objeto de estudo de pedólogos, que as associaram aos perfis típicos de savanas tropicais (Ehart, 1935 *apud* Goudie, 1973). Mcfarlane (1976) destaca também a contribuição de geomorfólogos que estudaram a relação entre o desenvolvimento das lateritas e a evolução do relevo.

A conceituação de laterita tem sido amplamente discutida por vários pesquisadores, sem que haja um consenso, pois não há nenhuma definição que se mostre abrangente o suficiente para cobrir toda sua complexidade (Mcfarlane, 1976). Mesmo assim, é possível identificar características comuns entre lateritas, apontadas pelos vários pesquisadores do tema. (Assim as lateritas foram descritas, no Second Internacional Seminar on Laterization Process, 1982), como resultantes de um intenso processo de intemperismo das rochas subaéreas, tendo altas concentrações de ferro e alumínio e concentrações de sílica inferior em relação à rocha parental.

Como aponta Costa (1993), essa referência não encerra a polêmica, uma vez que as propostas de classificação ficam em torno das propriedades químicas, texturais e estruturais. Dessa forma este autor propõe que o termo laterita inclua bauxitas, ferricretes, crostas de ferro, alumínio, horizontes moqueados, carapaças, couraças, plintitos, pisólitos, nódulos, solos ferralíticos, e solos tropicais ferruginosos.

Nesse sentido, Summerfeild (1991) argumenta que o termo laterita tem sido mais amplamente utilizado, em geral para descrever materiais com elevadas concentrações de ferro e alumínio no regolito, decorrentes dos processos de intemperismo.

Este trabalho estuda apenas um tipo de laterita, denominada no Brasil de canga. Constituindo um tipo de laterita rica em ferro e alumínio, consistência dura e variação de estrutura e forma. Este trabalho tem como objetivo comparar as características químicas, texturais e mineralógicas das diversas ocorrências de canga na área investigada, buscando-se conhecer sua gênese e implicações na interpretação da evolução do relevo do Espinhaço Meridional.

2. Caracterização da área de estudo.

Os distritos de São João da Chapada, Curralinho e Extração, onde estão localizados os cinco perfis da área de estudo fazem parte do município de Diamantina, Minas Gerais. Estas

áreas têm como substrato, rochas das duas unidades principais do Supergrupo Espinhaço: os grupos Guinda e Conselheiro Mata.

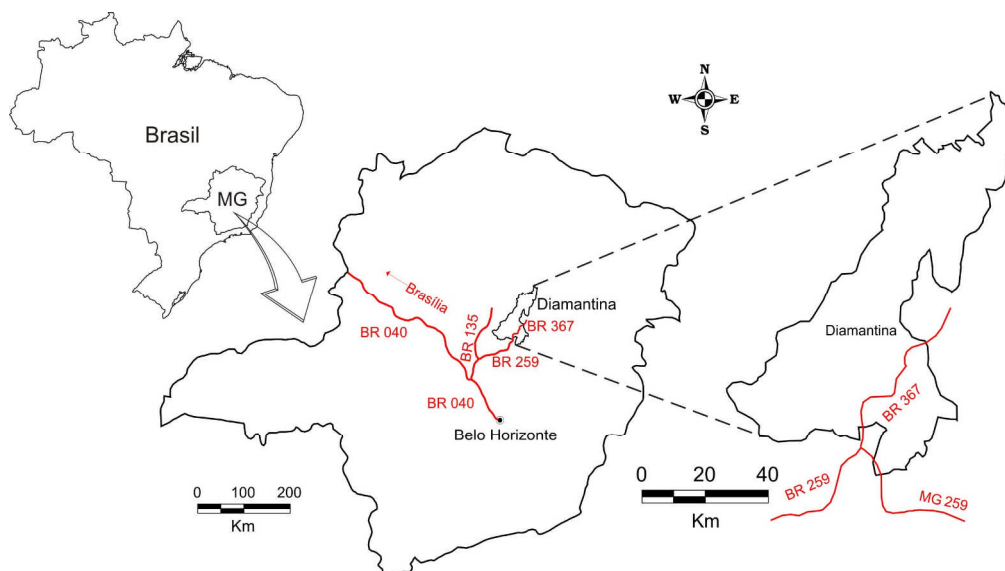


Figura 1 - Mapa de Localização

Os perfis analisados encontram-se sobre rochas da Formação Sopa Brumadinha, do grupo Guinda. Esta formação apresenta um conjunto heterogêneo de rochas, com frequentes variações faciológicas laterais e verticais de filitos e quartzitos finos a médios (porção inferior), quartzitos médios a grosseiros, em parte ferruginosos e micáceos, filitos, lentes métricas de conglomerados mono e polimíticos diamantíferos (horizonte médio) além de metassiltitos, metargilitos e metabrechas polimíticas (porção superior). Filitos hematíticos podem ocorrer nos níveis inferior e mediano da unidade.

A área de estudo dos cinco perfis situa-se no planalto de Diamantina, que segundo Abreu (1982), caracteriza-se como uma unidade geomorfológica originada de mecanismos de desmonte de antigas superfícies de erosão, preservadas graças às disposições estruturais a elas associadas.

Para Abreu (op.cit.) e Augustin (1995), as superfícies ainda hoje encontradas na área seriam remanescentes de superfícies propostas por King (1956): de 1200 a 1400 m, a Post-Gondwana, entre 1000 e 1100m, a superfície Sulamericana e por último, entre 700 e 900m, ocorreria o Ciclo Velhas, marcando a última fase de pediplanação. Para King (op.cit.) o planalto Post-Gondwânico é bem marcado na região de Diamantina, sendo bem delimitado entre 1250 e 1300m.

A região de Diamantina é marcada pelo clima tropical de altitude com média de temperaturas máximas de 23,5° C, e média de mínimas de 14,4° C, possuindo, portanto

temperatura média anual de 18,4° C. A precipitação média anual é de 1400 mm concentrados nos meses de verão (novembro a março).

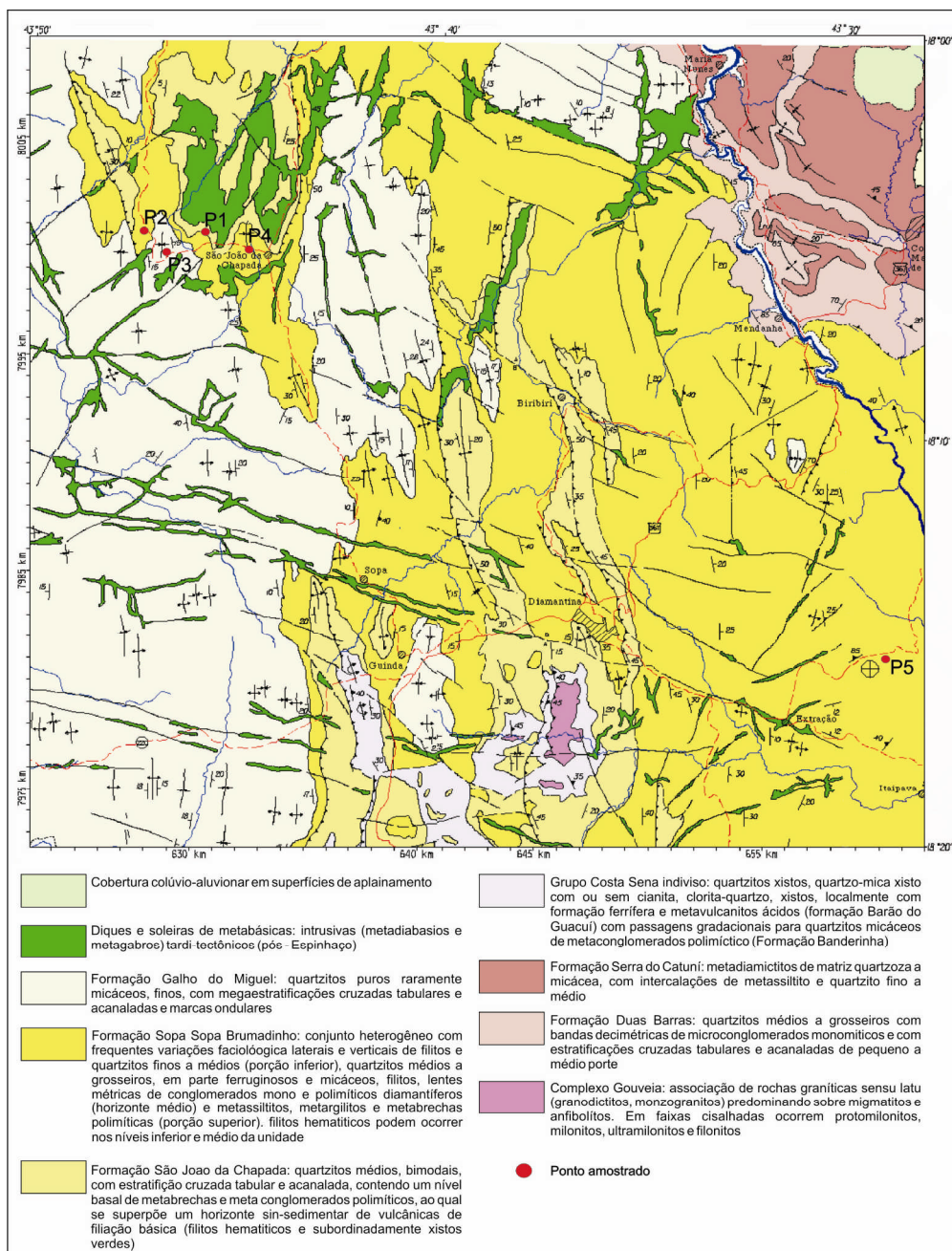


Figura 2. Mapa Geológico e pontos de amostragem.

Nos domínios das escarpas e rampas quartzíticas, predominam os neossolos litólicos, pouco desenvolvidos. São cobertos por uma vegetação escassa, de espécies rupestres, representadas por gramíneas, cactáceas, leguminosas, e por alguns arbustos. Nos fundos de vales podem ser encontradas matas galerias com grande densidade vegetacional. Vegetação semelhante é encontrada também nos locais onde afloram rochas metabásicas.

3. Métodos e Materiais

A região foi dividida em grandes domínios com base na altimetria. Esta corresponde em grande parte àquelas encontradas por King (1956) e reafirmadas por Abreu (1973). Buscou-se a ocorrência de cangas nas superfícies mais elevadas, somente no domínio dos quartzitos, embora a área de estudo mais ampla inclua também todo o domínio das rochas cristalinas. Utilizou-se para tal, mapa topográfico do IBGE (1977), na esc: 1:100.000, como base para uma visão mais macro da área, que é muito extensa.

Embora se tenha imagens Landsat disponíveis da área, optou-se pelo uso do mapa em função da existência das curvas de nível, o que facilita a obtenção de um bom sequenciamento altimétrico. Foram utilizadas fotos-aéreas, vôo Cruzeiro do Sul (1979), esc:1:28.000, para foto-interpretação de áreas que pudessem indicar presença de cangas. Diferenças na tonalidade e textura das fotos configuraram-se como bons indicadores de mudanças do tipo de cobertura de superfície.

Foram realizadas duas campanhas de campo nas quais descreveu-se as características biofísicas das áreas de ocorrência dos perfis. As amostras das cangas, foram coletadas com o auxílio de martelo pedológico e levadas para laboratório, para análises físico-químicas e identificação de cor. As áreas amostradas foram identificadas no mapa topográfico (apesar da escala) e nas fotos-aéreas.

As análises físicas (textura) e químicas (SiO_2 ; Fe_2O_3 ; Al_2O_3 ; $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$; $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$; $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) foram realizadas no Laboratório da Embrapa, Sete lagoas, de acordo com metodologia da EMPRAPA para análise de solo. Para a determinação de cor foi utilizado o Munsell Color Chart. A difração de Raio X das argilas foi realizada no CPMTC, do IGC/UFMG, através do processo de amostras de pó não orientadas e pulverizadas.

4. Resultados e Discussões

A amostragem foi realizada, como já mencionado, apenas nos domínios quartzíticos da área de estudo. No entanto, mesmo nestes, há variações do substrato rochoso representadas pela ocorrência de rochas básicas, metabásicas e de filito hematítico. Essas ocorrências são marcadas pela presença de material mais argiloso, muito vermelho.

As cangas estudadas, exceto a no. 3 encontram-se recobertas por solo pedológico, a profundidades que variam de 1,7m a 3m. Trata-se de cangas formadas “in situ”, possivelmente pela variação sazonal do lençol freático, mesmo em altitudes acima de 1200 m, em ambiente muito permeável, representado por afloramentos de quartzitos e/ou material

arenoso, resultante da decomposição e erosão dos quartzitos. A canga 3 encontra-se exposta, mas há indícios de que essa exposição seja recente, resultado do processo erosivo que retirou o solo existente acima.

4.1. Análises físicas

Os resultados das análises físicas indicam que os solos sobre as cangas possuem, em sua maioria, textura argilosa (Tab. 1). Exceção ocorre no perfil 2 que, apesar de possuir teor de argila em quantidades consideráveis, tem um percentual de areia mais significativo permitindo classificá-lo como franco arenoso em todos os horizontes, com exceção da matriz que envolve a canga como franco-areno-argiloso.

Isto se explica pelo fato desse perfil encontrar-se diretamente desenvolvido sobre quartzito ferruginoso, nos quais se espera uma maior concentração de areia.. O alto percentual de argila das demais amostras pode ser explicado pelo fato de que estas se encontrarem desenvolvidas sobre material intemperizado de básicas/metabásicas ou de filito hematítico.

Tabela 1 - Análises Físicas dos solos

Amostra	Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Silte	Classificação Textural	Relação silte/argila
P 01 - Hor. A	12	26	58	4	Argila	0,06
P 01 - Hor AB	11	23	64	2	Muito Argiloso	0,03
P 01 - Hor Bw	9	23	12	56	Franco Siltoso	4,7
P 01 - Matriz da Canga	19	20	50	11	Argila	0,2
P 02 - Hor. A	16	67	17		Franco Arenoso	0,0
P 02 - Hor. B1	16	61	19	4	Franco Arenoso	0,2
P 02 - Hor. B2	16	63	15	6	Franco-Arenoso	0,4
P 02 - Matriz da Canga	18	54	25	3	Franco- Argilo-Arenoso	0,1
P 03 - Matriz da Canga	7	18	60	15	Muito Argiloso	0,3
P 04 - Hor. A	29	18	48	5	Argila	0,1
P 04 - Hor. B1	24	17	54	5	Muito Argiloso	0,1
P 04 - Hor. B2 Matriz c/Canga	18	15	61	6	Muito Argiloso	0,09
P 05 - Hor. A	16	14	64	6	Muito Argiloso	0,09
P 05 - Hor. B	7	8	82	3	Muito Argiloso	0,03

Mesmo assim, percebe-se a grande influência do substrato quartzítico nos percentuais elevados de areia fina. Estas, no entanto apresentam valores superiores aos da areia grossa em todos os perfis, com exceção dos horizontes dos perfis 04, nos quais os valores de areia grossa são superiores, mas bem próximos aos valores de areia fina.

A grande quantidade de areia fina nos perfis pode significar variações faciológicas da própria rocha, ou o intenso intemperismo pelo qual passou esse material (Tab. 1). No caso do perfil 2, a predominância da areia grossa pode significar proximidade com a rocha ou, ainda, a aquisição de material erosivo recente, material este que ainda não foi química e fisicamente intemperizado.

Os percentuais de silte são baixos em praticamente em todos os perfis (Tab. 1). Estes valores são compatíveis com o grau de evolução deste solo de acordo com dados das análises químicas e o levantamento de campo. Exceção foi encontrada no horizonte Bw do perfil 01, com 56% de silte e apenas de 12% de argila. Esses valores elevados podem ser resultantes de uma aglutinação promovida pelos óxidos de ferro, como observado por Figueiredo et al (1999).

Ao estudar os latossolos de Gouveia, ele identificou aglutinação e cimentação de partículas de argila pelos óxidos de ferro, sendo que esta cimentação aumenta o tamanho das partículas que nas análises granulométricas aparecem como silte ou areia fina.

Observa-se alta concentração da fração areia, que pode ser resultante do processo de aglutinação de partículas finas, observado por Figueiredo (op.cit). Contudo, a maior resistência ao intemperismo dos minerais primários componentes da rocha matriz pode contribuir com o predomínio de frações granulométricas maiores. Esta explicação é bastante plausível para esta região, pois a geologia local é constituída basicamente por quartzitos e filitos hematíticos que são bem resistentes aos processos intempéricos além de contarem com a presença de quartzo.

As análises granulométricas, juntamente com as observações realizadas em campo, permitem afirmar que estes solos possuem alto grau de intemperização, devido aos elevados teores de areias finas e argila, e, principalmente, a baixa quantidade de silte em todos os solos analisados (Tab. 1). Resende (1982) afirma que a fração silte possui grande instabilidade e, portanto, apenas solos jovens apresentam elevada concentração de classe textural.

Ainda segundo este autor, outro fator que permite afirmar o alto grau evolutivo é a relação silte/argila. Este autor afirma que esta relação se faz pertinente para diferenciar o horizonte B latossólico do horizonte B incipiente. Desta forma, quando a relação silte/argila for inferior a 0,7 tem-se um indicativo de que os solos possuem elevado grau evolutivo. A relação silte/argila apresentou resultados inferiores a 0,7 na maior parte das amostras, com exceção do horizonte Bw, do perfil 01, cuja explicação para este fato foi anteriormente discutida.

Todos os solo ficaram dentro da matriz Y/R, que corresponde ao vermelho amarelado, variando apenas o valor do croma. Dentro deste padrão, Resende (op.cit.) destaca que colorações avermelhadas estão associadas à presença de hematitas, enquanto as amareladas estariam relacionadas à de goethita.

Resende (op.cit.) destaca, contudo, que uma menor percentagem de hematita em relação à goethita pode deixar o solo vermelho devido ao alto poder de pigmentação. Ou seja, para que o solo tenha a coloração amarelada é preciso ter uma baixa concentração de hematita.

Tardy (1992), por sua vez, faz uma relação entre a cor e a mineralogia, destacando que solos que possuem coloração amarela são ricos em caulinita e goethita, com o quartzo e gibbsita como minerais acessórios e estão localizados geralmente em baixa vertente. A maior umidade presente nesta parte da vertente proporcionaria uma maior hidratação das hematitas. Em contrapartida, a coloração avermelhada, primariamente ricos em caulinita e hematita, são encontradas nas porções superiores da paisagem.

4.2. Análises Químicas

As análises da composição química das coberturas lateríticas estudadas (Tab. 2), com base nos valores de ferro e sílica ($Fe_2O_3 / Al_2O_3 > 1$ e $SiO_2/Fe_2O_3 < 1,3$), permitem classificar a maior parte delas como ferruginosas através da razão entre Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 , como sugerida por Sinha Roy (1981) *in* Nogueira JR. (1985).

Tabela 2 - Relação entre ferro, alumínio e sílica.

Amostra	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
P 01 - Hor. A	3,98	9,18	22,43	0,41	0,43	0,17
P 01 - Hor AB	4,66	9,98	24,21	0,41	0,47	0,19
P 01 - Hor Bw	6,36	10,38	24,47	0,42	0,61	0,26
P 01 - Matriz da Canga	7,82	24,15	19,63	1,23	0,32	0,39
P 01 - Canga	11,34	39,92	16,57	2,41	0,28	0,68
P 02 - Hor. A	*	1,80	4,84	0,37	-	-
P 02 - Hor. B1	*	4,59	6,88	0,67	-	-
P 02 - Hor. B2	*	2,40	6,37	0,38	-	-
P 02 - Matriz da Canga	*	4,79	9,43	0,51	-	-
P 02 - Canga	1,42	24,15	10,45	2,31	0,06	0,13
P 03 - Matriz da Canga	2,14	15,87	24,21	0,66	0,13	0,08
P 03 - Canga	16,18	43,31	18,35	2,36	0,37	0,88
P 04 - Hor. A	3,18	9,78	21,41	0,46	0,35	0,15
P 04 - Hor. B1	2,62	10,58	23,70	0,45	0,25	0,11
P 04 - Hor. B2 Matriz da Canga	1,84	12,18	18,10	0,67	0,15	0,10
P 04 - Canga	4,64	26,95	5,10	5,28	0,17	0,90
P 05 - Hor. A.	7,70	17,96	23,19	0,77	0,42	0,33
P 05 - Hor. B Matriz da Canga	5,16	21,96	30,59	0,71	0,23	0,16

(*Limites não detectáveis do elemento na amostra)

Martin & Doyne (1927) citados por Shellman (1981), por outro lado, propõem uma classificação baseada na relação SiO_2/Al_2O_3 . Com base nesta classificação, as cangas estudadas podem ser consideradas como verdadeiras, ou seja, apresentam uma relação de $K_i < 1,33$. Os dados sugerem ainda que essas cangas são bastante intemperizadas.

Para Schellmann (1981), a dissolução incongruente ou parcial da caulinita leva à formação da gibbsita, pois o SiO_2 é removido, concentrando o Al_2O_3 e Fe_2O_3 e indicando um avançado processo de laterização. (Schellmann, 1986). Sendo assim, pode-se assumir que as cangas estudadas demonstram um grau avançado de evolução, visto que o ferro tende a ter um acúmulo relativo com o tempo devido a sua baixa mobilidade.

Tabela 3 - Análises Químicas.

Amostra	pH H ₂ O	H+Al	Al	Ca	Mg	K	P	SB	CTC	V	SAT. Al
P 01 - Hor. A	4,40	4,50	0,40	0,03	0,02	11,00	3,35	0,07	4,57	1,51	85,26
P 01 - Hor AB	4,70	3,20	0,10	0,03	0,01	5,00	1,06	0,05	3,25	1,42	68,59
P 01 - Hor Bw	4,40	3,17	0,10	0,02	0,01	5,00	1,18	0,04	3,21	1,12	73,64
P 01 - Matriz c/ Canga	5,40	1,58	0,10	0,04	0,01	2,00	1,88	0,05	1,63	2,94	67,52
P 01 - Canga	5,20	1,30	0,10	0,07	0,01	0,00	1,18	0,07	1,37	5,33	57,80
P 02 - Hor. A	4,90	2,63	0,25	0,02	0,01	3,00	1,29	0,03	2,66	1,17	89,07
P 02 - Hor. B1	5,50	1,80	0,10	0,02	0,01	2,00	1,00	0,03	1,83	1,80	75,12
P 02 - Hor. B2	5,00	1,48	0,10	0,02	0,00	0,00	2,00	0,02	1,50	1,00	86,96
P 02 - Matriz c/ Canga	5,40	1,82	0,10	0,02	0,00	3,00	1,00	0,03	1,85	1,51	78,33
P 02 - Canga	4,80	1,63	0,00	0,02	0,00	0,00	2,35	0,02	1,64	0,91	0,00
P 03 - Canga c/ Matriz	4,80	5,21	0,40	0,10	0,04	14,00	1,41	0,17	5,38	3,20	69,95
P 03 - Canga	5,00	1,84	0,10	0,03	0,02	5,00	1,94	0,06	1,90	3,11	62,98
P 04 - Hor. A	5,00	4,61	0,40	0,04	0,03	11,00	1,00	0,09	4,70	1,98	81,11
P 04 - Hor. B1	5,50	3,35	0,10	0,01	0,01	3,00	2,18	0,03	3,38	0,77	79,57
P 04 - Hor. B2 Matriz c/Canga	5,70	2,01	0,00	0,02	0,01	3,00	1,06	0,03	2,04	1,52	0,00
P 01 - Hor. A	5,70	1,09	0,10	0,01	0,00	0,00	1,00	0,01	1,10	0,91	90,91
P 01 - Hor AB	4,00	14,44	1,75	0,06	0,04	35,00	2,00	0,19	14,63	1,27	90,42
P 01 - Hor Bw	5,40	4,82	0,10	0,07	0,03	11,00	1,12	0,12	4,94	2,49	44,82
P 01 - Matriz c/ Canga	5,10	2,13	1,25	0,12	0,14	147,00	1,71	0,63	2,76	22,86	12,57

Dados semelhantes foram encontrados em solos lateríticos por Augustin (1995a), em áreas da Depressão Gouveia, indicando tratar-se de processos de intemperismo influenciados por condições climáticas e ambientais semelhantes e atuação geograficamente mais ampla.

Os baixos valores de pH das amostras analisadas, com variações entre 4,80 e 5,70, indicam tratar-se de solos extremamente ácidos (Moniz 1972). Esta acidez é acompanhada por baixas concentrações de bases (Tab. 3). Índices semelhantes foram observados na costa oeste da África por Leprun (1981), ao investigar crostas ferruginosas nas quais detectou que a perda de bases é rápida e total, fato que acarreta na diminuição do pH, tornando o solo mais ácido. Resultados compatíveis foram relatados por Augustin (1995a) para solos desenvolvidos sobre rochas granito-gnáissica, xisto, básicas e metabásicas da região de Gouveia, no Espinhaço Meridional,

Os resultados das análises químicas dos solos nos quais ocorrem as cangas, bem como as realizadas nas amostras das próprias cangas indicam, primeiramente, que as lateritas apresentam alto grau evolutivo, pois há baixo percentual de bases uma vez que as mesmas já

foram totalmente lixiviadas. Este fato é corroborado por Nahon (1991), que apresenta uma seqüência evolutiva na qual a formação da goethita aparece como uma fase final do processo de laterização a partir das taxas de substituição de alumínio.

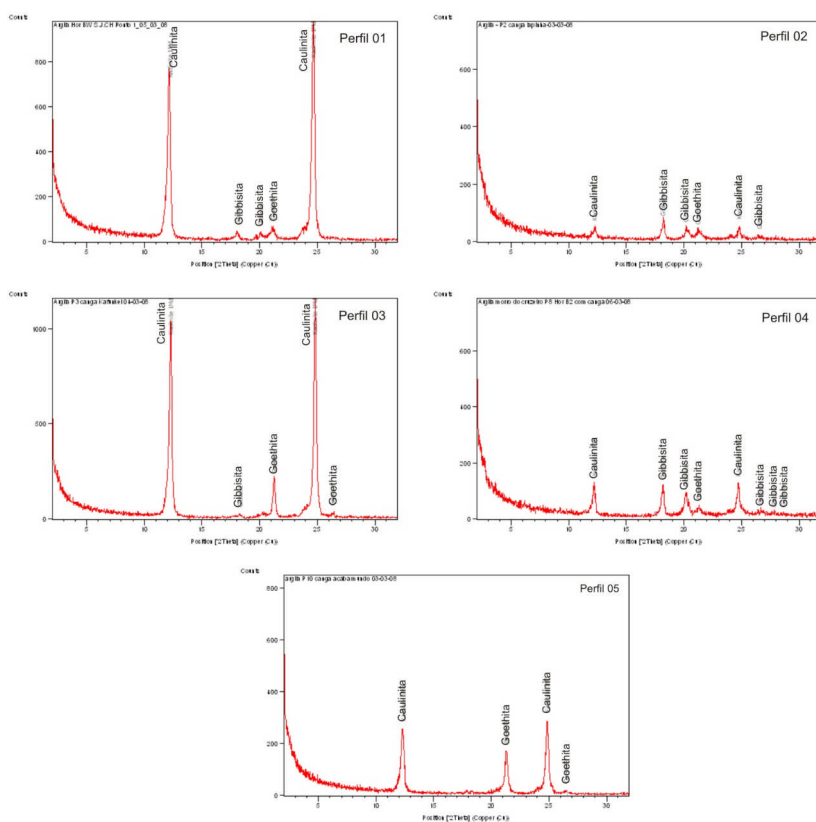
A maior presença de goethita e gibbsita permite concluir também que as condições para a formação dessas lateritas incluem uma elevada umidade, visto que é necessária uma relativa disponibilidade de água no sistema para mobilizar o ferro, além do fato de que a goethita é formada pela hidratação da hematita (Augustin, 1995a). Essa interpretação é reforçada pela presença comum da gibbsita, a forma hidratada dos óxidos de alumínio.

4.3. Mineralogia de Argilas por Difração de Raio X

As análises da mineralogia de argilas indicam que a caulinita, a gibbsita e a goethita são encontradas basicamente em todos os perfis, sendo os valores da caulinita mais representativos nas porções superiores dos perfis (Fig.3–perfis do raio-X).

Destacam-se picos de gibbsita nas amostras mais próximas das cangas enquanto nas amostras da matriz da própria canga os maiores picos são da goethita. Observando-se a baixa representatividade da hematita nas amostras.

Figura 3 - Difração de Raio X das cangas amostradas.



O resultado dessa análise demonstra, primeiramente, a predominância de ambientes ácidos, responsáveis pela retirada expressiva da sílica e das bases, o que é comumente encontrado em domínios climáticos tropicais (Resende *et all* (2005). Estes autores também ressaltam que para a formação das caulinitas, mais importante do que a lixiviação de bases, é a redução da sílica disponível, com ou sem base, no sistema.

Assim, o alto teor de caulinita nas amostras encontra-se diretamente ligada ao alto teor de sílica que é encontrado nas rochas da região e que, devido a uma intensa lixiviação da mesma, ocorre a formação da caulinita.

A correlação dos resultados e a literatura sobre o tema sugerem que estas formações lateríticas estiveram sob a ação de um clima úmido, pois a formação da caulinita, da gibbsita e da goethita é favorecida apenas nas condições acima citadas.

4.4. Evolução das formações lateríticas e do modelado do relevo

Os dados de campo e das análises realizadas sugerem que todas as lateritas encontradas desenvolveram-se a partir de processos poligenéticos e policíclicos, não havendo, portanto, um único modelo para explicá-las.

As cangas do perfil 1 e 3 são idênticas em termos de morfológicos, apresentando forma vesicular; também geoquimicamente e mineralogicamente são muito semelhantes. A canga do perfil 4 encontra-se localizada nos mesmos níveis altimétricos daquelas dos perfis 1 e 3, dos quais diferem apenas na forma, pois, é concrecionária. Cabe ressaltar que o solo que recobre o perfil 4 também é muito semelhante ao solo do perfil 1.

A canga encontrada no perfil 2 é a que mais difere morfológicamente entre todas as cangas analisadas, pois apresenta uma estrutura oolítica, embora em termos químicos e mineralógicos não haja grandes diferenciações. A canga 2 está localizada dentro de uma voçoroca e cujo material de origem é um quartzito ferruginoso. A canga foi encontrada a 2m de profundidade, evidenciando o processo de acumulação do ferro nas partes inferiores devido possivelmente à variação do lençol freático, que em algum tempo da evolução do relevo da área, já esteve bem mais elevado do que nos dias atuais.

No perfil 05, localizado bem distante dos quatro primeiros perfis, a canga encontra-se recoberta por um solo avermelhado. Esta canga originou-se, provavelmente, da alteração de quartzitos ferruginosos encontrados na região e conta com o mesmo processo de formação. É importante destacar que os elevados teores de argila podem ser resultantes de alteração de

intrusões de rochas metabásicas no local, pois este percentual não condiz com o que se espera do material intemperizado dos quartzitos circundantes.

Há fortes evidências de que as cangas dos perfis são 1, 3 e 4 são resultantes da alteração dos filitos hematíticos encontrados na região. Para Knauer & Schrank (1993), os filitos hematíticos apresentam caráter estratiforme, variações intensas de cor (vermelho, amarelo), quando intemperizados, destruição de texturas primárias, formação de revestimentos de textura argilosa sobre grãos e crostas de ferro, formação de minerais argilosos ou equivalentes, ou seja, apresentam características muito próximas daquelas encontradas nas cangas estudadas.

Knauer e Schrank (1993), ao analisarem a origem dos filitos hematíticos desta região, chegaram à conclusão que esta rocha teria sido, no passado geológico, um solo laterítico que, posteriormente, teria sofrido metamorfismo transformando-se em filito hematítico. As análises químicas desta rocha (35,4% de SiO₂, 5,4% TiO₂, 23,2% Al₂O₃, 25,3% FeO, 0,1% MnO, 1,5% MgO, 0,5% CaO, 0,3% Na₂O, 7,9%, K₂O e 0,4% P₂O₅), evidenciaria claramente, de acordo com esses autores, um processo pretérito de alteração química, anterior ao tectonismo.

Reimer (1986), citado por Knauer e Schrank (1993), afirma que rochas com tais características são interpretadas como paleo-lateritas. Complementarmente estes autores ainda destacam que os filitos hematíticos têm origem a partir do metamorfismo de bauxitas pouco e até muito ferruginosas, o que explicaria também os elevados teores de gibbsita nas cangas encontradas na região.

Mapeados no Projeto Espinhaços como sobrepostos às rochas quartzíticas, os filitos hematíticos ocorrem nas cotas mais elevadas do relevo, nos mesmos níveis das cangas (1300 a 1350 m). Todos esses indícios sugerem que as cangas dos perfis 1, 3 e 4 sejam resultantes do processo de intemperismo desses filitos, fato que favoreceu a formação de um latossolo bastante evoluído com a formação da canga em sua base, sobreposta ao quartzito.

A presença de solos bastante desenvolvidos e espessos em todos os perfis estudados evidencia a atuação intensa de processos de intemperismo químico na região. A semelhança entre as características das cangas e a sua correlação altimétrica sugere, portanto, que nesta região estas formações deveriam ser contínuas recobrimdo áreas maiores. Atualmente, elas encontram-se separadas devido à incisão de rede de drenagem e abertura de vales, o que explicaria sua descontinuidade espacial.

A neotectônica constitui uma das atividades responsáveis por soerguimentos regionais levando, portanto, a uma nova reorganização da rede de drenagem. Saadi (1995) identifica diversos indícios de atividades neotectônicas no Espinhaço Meridional, ficando nítido para este autor que houve processos de soerguimento na região. Mais recentemente Rocha & Costa (2007), identificam planos estriados ao sul da área de estudo, fato que pode evidenciar atividades neotectônicas na região.

A segunda possibilidade, seria rompimentos ocasionais de soleiras geomorfológicas na área, identificadas por Augustin (1989, 1995a, 1995b), que resultariam na necessidade da reorganização da rede de drenagem, no entalhe mais aprofundado dos vales, no desenvolvimento de solos mais jovens e na alteração da profundidade dos lençóis freáticos. Essas conseqüências afetariam toda a dinâmica da região, independentemente da atividade tectônica. É possível, no entanto, que as duas atividades tenham acontecido temporalmente concomitantes ou não, gerando impactos importantes no entalhe do relevo e na formação de cangas e de solos lateríticos.

As cangas atuais marcariam, portanto, o nível de uma antiga superfície formada em climas predominantemente úmidos. Uma questão que merece destaque refere-se ao processo de formação *in situ* das lateritas, cuja presença e caracterização na mesma região, mas em outras litologias, foram analisadas por Augustin (1995a). Segundo esta autora, a presença de solos lateríticos altamente intemperizados nos topos seria resultante da atuação prolongada de processos químicos, sob condições climáticas predominantemente úmidas e quentes. Este fato, em conjunto com os dados da presente pesquisa, indica que o processo de laterização na região foi amplo, e independente do tipo de litologia.

5. Conclusões

Este estudo avança na direção de apontar que a região da Serra do Espinhaço Meridional, esteve por um grande período de tempo sob condições de estabilidade tectônica e climas predominantemente úmidos e quentes, favorecendo a formação de cangas. Estas, por sua vez, parecem indicar a existência de uma paleo-superfície geoquimicamente desenvolvida, mas estudos complementares deverão ser realizados para corroborar tal hipótese.

A estabilização da região parece ter sido rompida, ocasionalmente, por soerguimentos neotectônicos locais ou por rompimentos de soleiras geomorfológicas, como relatados por outros pesquisadores que trabalharam na área. Estes rompimentos tenderiam a dismantelar

essa paleo-superfície com aberturas de vales, sobrando apenas alguns resquícios desta superfície em zonas altimetricamente preservadas.

Agradecimento: agradecemos Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa que tornou possível o desenvolvimento dessa pesquisa e pelos sucessivos apoios financeiros na área de pesquisa, que forneceu a base para este trabalho.

6. Bibliografia

- ABREU, A. A. 1982. Análise Geomorfológica: reflexão e aplicação uma contribuição ao conhecimento das formas de relevo do Planalto de Diamantina MG. São Paulo. Tese (Livro docência) - Universidade de São Paulo. 247p
- AUGUSTIN, C.H.R.R. 1995a. Geoökologische Studien im südlichen Espinhaçogebirge bei Gouveia, Minas Gerais, Brasilien unter besonder Berücksichtigung der Landschaftsentwicklung. Tese de doutorado, Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt a. M. Alemanha, 147p.
- _____. 1995b. Aspectos Geomorfológicos da Região de Gouveia, Espinhaço Meridional, MG. Anais do 8^o. Simpósio de Geologia do Sudeste, Diamantina, MG. Vol.1, p. 3-4.
- _____. 1989. Structural Control on Slope Form and Evolution in the Serra do Espinhaço (Minas Gerais, Brazil). Anais do 2nd. International Conference on Geomorphology, 3-7 September, Frankfurt a. M.
- COSTA, M.L. 1990. Lateritos e Laterização. Congresso Brasileiro de Geologia, 36. Natal. Anais de Congresso, p. 404 – 421.
- COSTA, M.L. 1993. Proposta de sistematização do estudo de lateritos. In: Congresso Brasileiro de Geoquímica. Anais de Congresso, p. 95 – 97.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). 1997. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro. 212p.
- FIGUEIREDO, M. do A. 1999. Oxidos 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. 95 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais.
- GOUDIE, A. 1973. Duricrust in tropical and subtropical landscapes. Oxford. 174p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 1977. Diamantina, MG. Escala 1:100.000
- LATERISATION PROCESSES: Proceedings of the II International Seminar on Laterisation, Processes held in São Paulo, Brasil, July 4-12, 1982. São Paulo: Instituto Astronomico e Geofisico, USP, 1983. 590 p
- KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, 18 (2): 147 – 256.
- KNAUER, L. G. & SCHRANK, A. 1993. A Origem dos Filitos Hematíticos da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais. Revista Geonomos, 1 (1): p, 33-38.
- LEPRUN, J.C. 1981. Les Cuirasses Ferrugineuses des Pays Cristallins de L' Afrique Occidentale. Transformation et Degradation. Thèse de Doctorad. 224p.
- McFARLANE, 1976. Laterite and Landscape. New York. 151p.
- MONIZ, A C. Elementos de Pedologia. São Paulo: Polígono-Editora da USP, 1972.
- MUNSELL, 1954. Soil color charts. Baltimore.
- NOGUEIRA JR. J. 1985. Boletim técnico. 47p. São Paulo.

- NAHON, D. B. 1991. Introduction to the Petrology of soils and Chemical Weathering .John Wiley. New York. 313p.
- RESENDE, M. et al. 2005. Mineralogia dos Solos Brasileiros. Interpretações e Aplicações. Editora da UFLA. Lavras. 187p.
- _____. 1995. Pedologia base para distinção de ambientes. Viçosa, UFV. 304p.
- _____. 1982. Pedologia. Viçosa, UFV. 100p.
- ROCHA, L. C. & COSTA, R. D. 2007. Determinação de paleotensões a partir de planos estriados na bacia do córrego Gameleira, Espinhaço Meridional, Gouveia – MG. Simpósio de Geologia do Sudeste. Anais de Congresso, p 158. Diamantina – MG.
- SAADI, A. A Geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. GEONOMOS - Revista de Geociências. Vol. 3, nº 1, Julho de 1995. Pág. 41-63.
- SUMMERFIELD, M.A. Global geomorphology: an introduction to the study of landforms. New York: Longman Scientific & Technical, 1991. 537 p.
- SCHELLMANN, W. 1981 Considerations on the definitions and classification of laterites. International seminar on Laterization Processes. India. 1 a 10 p.
- SCHELLMANN, W. 1986. On the Geochemistry of Laterites. Erde. V. 45, p. 39-52.
- TARDY, Y. 1992. Diversity and terminology of Laterites Profiles. In. Martini, I. P. & Chesworth, W. Weathering, Soils and Paleosols. Elsevier. p. 379 – 401.