

## **Denudação Geoquímica e Evolução do Relevo da Porção Oeste da Serra do Gandarela: resultados Preliminares.**

Breno Ribeiro Marent

Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais  
[brenomarent@yahoo.com.br](mailto:brenomarent@yahoo.com.br)

Cyntia Rossi Lemos

Graduanda em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais  
[cyntiarossi25@hotmail.com](mailto:cyntiarossi25@hotmail.com)

Arlan Murilo Pereira de Oliveira

Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais  
[arlandonorte@gmail.com](mailto:arlandonorte@gmail.com)

André Augusto Rodrigues Salgado

Professor Adjunto do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais  
[andresalgado@geo.igc.ufmg.br](mailto:andresalgado@geo.igc.ufmg.br)

Antônio Pereira Magalhães Júnior

Professor Adjunto do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais  
[magalhaesufmg@yahoo.com.br](mailto:magalhaesufmg@yahoo.com.br)

### **Abstract**

This paper studies how the geochemical processes have an effect on relief evolution of Basins: (i) Córrego Água Limpa and; (ii) Córrego Cortesia – Gandarela Mountain – Quadrilátero Ferrífero – high Rio das Velhas Basin. To do it 07 (seven) check points were selected in these basins. The parameters analyzed were: (i) total dissolved load and; (ii) fluvial discharge. The results show: (i) differential erosion; (ii) the cloridric phyllite is protecting of erosion by the belt of quartzite phyllite; (iii) low rates of geochemical denudation in the studies basins; (iv) similar denudation rates to the same lithology in different catchments.

**Key-words:** Quadrilátero Ferrífero, Gandarela Moutain, Basin of Córrego da Água Limpa, Basin of Córrego Cortesia, geochemical denudation.

### **Resumo**

O presente trabalho investiga como os processos geoquímicos influenciam na evolução do relevo das bacias hidrográficas dos córregos: (i) Água Limpa e (ii) Cortesia - região da Serra do Gandarela – Quadrilátero Ferrífero – alta Bacia do Rio das Velhas/MG. Para cumprir este objetivo foram selecionados 07 (sete) pontos de amostragem nestas bacias. Os parâmetros analisados foram: (i) sólidos totais dissolvidos (TDS) e; (ii) vazão dos cursos fluviais. Os resultados demonstraram: (i) a existência de uma erosão de diferencial; (ii) um litotipo mais frágil (filito clorídrico) sendo sustentado por um cinturão de um mais resistente (filito quartzoso); (iii) baixas taxas de denudação geoquímica para as bacias investigadas e; (iv) um mesmo padrão denudacional para cada litotipo, independente da bacia hidrográfica.

**Palavras Chave:** Quadrilátero Ferrífero, Serra do Gandarela, Bacia Hidrográfica do Córrego da Água Limpa, Bacia Hidrográfica do Córrego Cortesia, denudação geoquímica.

## **1. Introdução**

O Quadrilátero Ferrífero possui uma superfície de cerca de 7.200 km<sup>2</sup> e localiza-se no interior do Estado de Minas Gerais, junto à borda sul do Cráton do São Francisco. Sua geologia foi resumida por Alkmim & Marshak (1998) em: (i) embasamento cristalino, composto por granitos, gnaisses e migmatitos, de idade arqueana; (ii) Supergrupo Rio das Velhas, composto basicamente por quartzitos, xistos e filitos que compõem uma seqüência tipo greenstone belt, de idade arqueana; (iii) Supergrupo Minas, composto por quartzitos, xistos, filitos e formações ferríferas, de idade proterozóica e (iv) Grupo Itacolomi, composto basicamente por quartzitos, também de idade proterozóica (Figura 1).

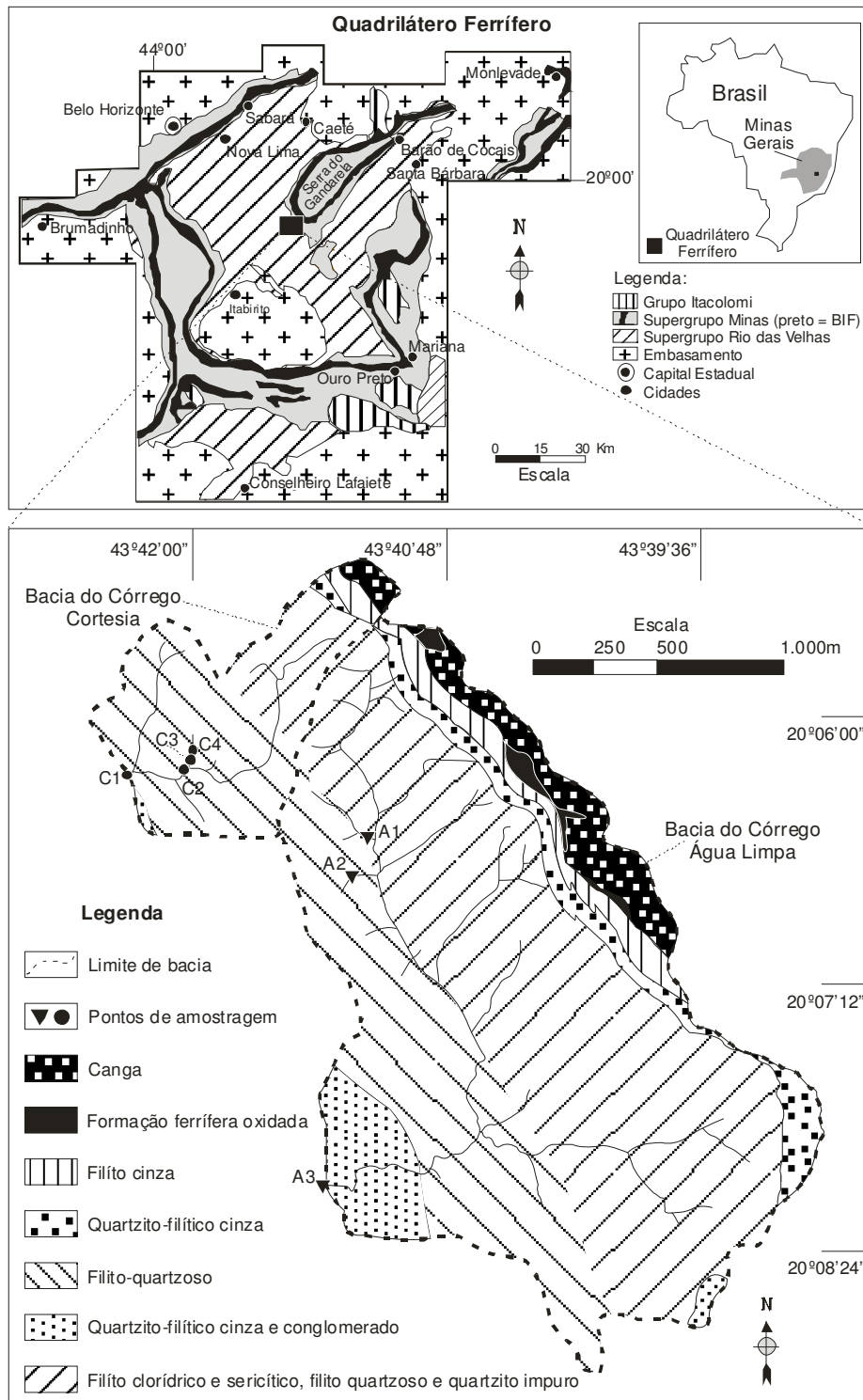
Ao longo do último século, diversos trabalhos investigaram o relevo do Quadrilátero Ferrífero. Entre os mais recentes, merecem destaque os trabalhos de Barbosa & Rodrigues (1965) e Barbosa (1980) que definiram a litoestrutura como o principal fator controlador do relevo regional. A rica diversidade litológica regional propiciou a criação de processos erosivos diferenciais (Tricart, 1961; Barbosa & Rodrigues, 1965; Varajão, 1991). Salgado *et al.* (2004) e Salgado (2006) mensuraram estes processos erosivos diferenciais e comprovaram que: (i) itabiritos e quartzitos, por serem mais resistentes, sustentam as terras altas; (ii) xistos, filitos e granitos-gnaisses, por serem menos resistentes constituem o substrato das terras de altitude medianas e baixas.

Apesar destes estudos mais recentes, ainda são poucos os trabalhos que mensuraram processos no interior do Quadrilátero Ferrífero. Neste contexto, insere-se o presente trabalho que objetiva, através de mensuração em campo da carga total dissolvida presente na água de duas bacias hidrográficas, compreender e mensurar os processos denudacionais geoquímicos na porção oeste da Serra do Gandarela, uma das regiões mais preservadas e menos estudadas do Quadrilátero Ferrífero.

## **2. As Bacias Investigadas**

A Serra do Gandarela localiza-se no interior do Quadrilátero Ferrífero na sua porção nordeste (Figura 1), entre os municípios de Caeté, Barão de Cocais, Santa Bárbara, Itabirito, Raposos e Rio Acima. Possui altitude máxima de 1.663 metros em relação ao nível do mar e morfologicamente caracteriza-se como um relevo dobrado. As partes mais altas da Serra são as três abas da sinclinal Gandarela – W, NW e SE. Estas abas sustentam-se em

posições elevadas no relevo, em razão de que são recobertas e protegidas da erosão por quartzitos, itabiritos e por crostas ferruginosas.



**Figura 1** – Geologia da Bacia dos Córregos Cortesia e Água Limpa e localização no Quadrilátero Ferrífero.

As bacias investigadas se localizam na porção sudoeste da Serra do Gandarela (Figura 1). A Bacia Hidrográfica do Córrego da Água Limpa está inserida nos municípios de Rio Acima, Itabirito e Santa Bárbara. Possui superfície de 15,47 km<sup>2</sup>. O substrato da bacia compreende (Figura 1): (i) canga; (ii) formação ferrífera oxidada; (iii) filito cinza; (iv) quartzito-filítico cinza; (v) filito quartzoso; (vi) quartzito-filítico cinza e conglomerado e; (vii) filito clorídrico e sericítico, filito-quartzoso e quartzito impuro. Já a Bacia do Córrego Cortesia está localizada no município de Rio Acima/MG. Possui área de 2,9 km<sup>2</sup> e por substrato (Figura 1): (i) canga; (ii) filito cinza; (iii) quartzito-filítico cinza; (iv) filito quartzoso; (v) quartzito filítico cinza e conglomerado e; (vi) filito clorídrico e sericítico, filito quartzoso e quartzito impuro. Ambas as bacias estão inseridas em um contexto de uma região marcada por uma compressão leste-oeste, com desenvolvimento de estruturas orientadas uniformemente na direção norte-sul, (Alkmim *et al.* 1988). A formação sinclinal Gandarela/Ouro Fino/Sinclinório de Itabira tem orientação NE-SW e N-S, representado por sistemas de cavalgamento e estruturas associadas a falhamentos, desenvolvidos em condições dúcteis a dúctil-rúpteis, com transporte de massa de E-W (Chemale Jr. *apud* Nalini, 1993).

As bacias investigadas apresentam vegetação do tipo floresta estacional semidecidual, compreendendo uma área de transição entre Cerrado e Mata Atlântica, predominando nas porções mais elevadas o campo de altitude e rupestre. Os solos variam de acordo com a litologia local, ocorrendo nas porções mais deprimidas o latossolo e nas mais elevadas um litossolo. O clima é o tropical semi-úmido, com a pluviosidade entre 1024 e 1744 mm em todo o Quadrilátero Ferrífero (Salgado, 2006). Nas regiões deprimidas a temperatura média anual é de 20,1°C, mas tende a decrescer nas áreas mais elevadas (Behling & Lichte, 1997).

### **3. Metodologia**

O método adotado se baseou em etapas de gabinete e de campo. Inicialmente, em gabinete foi realizado um estudo bibliográfico sobre o Quadrilátero Ferrífero – geologia, geomorfologia, hidrografia e vegetação – a nível geral e local, processos geoquímicos, teorias e modelos de evolução do relevo terrestre, bem como levantamento cartográfico através de modelo digital do IBGE e uso do software *MapInfo*.

A escolha da área investigada levou em consideração a estratigrafia e a diversidade litológica. A campanha de campo preliminar ocorreu em abril de 2007 para reconhecimento

da área e escolha dos pontos de amostragem. Posteriormente, em maio de 2007 foi realizada outra campanha de campo para amostragem das águas dos cursos fluviais. O período escolhido buscou uma média pluviométrica entre as estações seca e úmida. Foram selecionados 03 (três) pontos na Bacia do Córrego da Água Limpa: 02 (dois) em nascente e 01 (um) terceiro no exutório para cálculo da vazão e denudação geoquímica. Na Bacia do Córrego Cortesia foram selecionados 04 (quatro) pontos: 01 (um) em nascente, 02 (dois) no curso fluvial e 01 (um) quarto no exutório. A opção por nascentes ocorreu para se amostrar um único litotipo, visto que os canais fluviais destas bacias drenam diversos substratos. A vazão foi medida somente no exutório de ambas as bacias de modo a possibilitar calcular a taxa de denudação geoquímica. No Córrego Cortesia os dois pontos no curso fluvial foram amostrados objetivando excluir a interferência antrópica que ocorria no exutório da bacia.

Em campo, para se mensurar as condutividades elétricas, foi utilizado o aparelho condutivímetro marca Hand Held Conductivity Meter - Lutron CD 4303. Ainda em campo, para mensuração das vazões dos cursos fluviais no exutório das duas bacias, na secção do canal onde foram coletadas as amostras, foi medida a largura e profundidade do leito fluvial. A velocidade e o volume de água que passam pela secção foram mensurados em seguida. A multiplicação dos três fatores – largura \* profundidade \* velocidade – forneceram o débito do curso fluvial em m<sup>3</sup>/s.

Os dados de condutividade elétrica para cálculo de sólidos totais dissolvidos foram feitos através do método proposto por Tapia (2003), no qual: condutividade elétrica (US) \* fator de conversão (0,67) = ao valor de sólidos totais dissolvidos. O cálculo de rebaixamento do relevo para cada litologia seguiu o proposto por Thomas (1994) e utilizado por Salgado *et al.* (2004): 1m<sup>3</sup> de rocha são em média na crosta terrestre possui uma massa de 2,65 toneladas. Assim, para que 1km<sup>2</sup> de terreno seja rebaixado em um metro, ele precisa perder 2,65 milhões de toneladas de massa. Esse método tem por base o cálculo: (denudação total/área da bacia/densidade da rocha de superfície).

As densidades das rochas presentes neste trabalho (tabela1) foram estimadas baseadas no estudo de Salgado *et al.* (2004).

#### **4. Resultados**

A análise da Tabela 1 apresenta uma perda de sólidos totais dissolvidos (TDS) muito semelhantes para o filito-quatzoso: (i) Bacia do Cortesia 2,14 mg/L e (ii) Bacia do

Água Limpa 2,01 mg/L. Isto demonstra existir na área um padrão denudacional para este litotipo, indiferentemente da bacia analisada.

**Tabela 1** – Sólidos totais dissolvidos e rebaixamento geoquímico do relevo.

Bacia	Pontos	Geologia	Densidade da Rocha de Superfície (***)	Tipo de Ponto	Condutividade (US/cm)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	Vazão Exutório (m <sup>3</sup> /ano)	Denudação Geoquímica do Relevo (m/Ma)
Cortesia	C1	C, FC, QFC, FQ; FCS (**)	3,21	Curso fluvial	9,3	6,23	4.102.488	2,74
	C2	C, FC, QFC, FQ; FCS (**)	3,21	Curso fluvial	7,4	4,96	4.102.488	2,18
	C3	Filito Quartzoso	3,02	Nascente	3,2	2,14	(*)	(*)
	C4	C, FC, QFC, FQ; FCS (**)	3,21	Curso fluvial	7,5	5,03	4.102.488	2,18
Água Limpa	A1	Filito Clorídrico	2,84	Nascente	10,8	7,24	(*)	(*)
	A2	Filito Quartzoso	3,02	Nascente	3,0	2,01	(*)	(*)
	A3	C, FFC; FC, QFC, FQ; QFCC; FCS (***)	3,31	Curso fluvial	6,2	4,15	9.782.856	0,78

Legenda:

\* Não aplicável.

\*\* (i) C = Canga; (ii) FC = filito cinza; (iii) QFC = quartzito-filítico cinza; (iv) FQ = filito-quartzoso; (v) FCS = filito clorídrico e sericítico, filito quartzoso e quartzito impuro.

\*\*\* (i) C = Canga; (ii) FFO = Formação ferrífera oxidada; (iii) FC = filito cinza; (iv) QFC = quartzito-filítico cinza; (v) FQ = filito-quartzoso; (vi) QFCC = Quartzito-filítico cinza e conglomerado; (vii) FCS = filito clorídrico e sericítico, filito quartzoso e quartzito impuro.

\*\*\*\* Adaptado de “Taxas de rebaixamento geoquímico do relevo” (Salgado et al, 2004).

A perda geoquímica nas bacias quando se comparados os litotipos diferentes – (i) filito-quartzoso 2,01 a 2,14 mg/L e (ii) filito clorídrico 7,24 mg/L – demonstra que existe uma perda maior para o filito clorídrico em relação ao filito-quartzoso (Tabela 1), comprovando a existência de uma erosão diferencial no relevo local, no qual o substrato mais frágil apresenta uma denudação química mais acelerada que o dos mais resistentes. Este resultado confirma aqueles apresentados por Salgado *et al.* (2004) e Salgado (2006) que demonstraram que o relevo do Quadrilátero Ferrífero, como um todo, é fruto de processos erosivos diferenciais.

Os resultados obtidos demonstram também que o filito clorídrico, que se apresenta numa porção superior do terreno (Figura 1), é protegido da completa erosão por um cinturão de filito-quartzoso, litotipo este mais resistente (Tabela 1).

Por fim, os resultados obtidos permitiram concluir que a denudação geoquímica de ambas as bacias investigadas é extremamente baixa – sempre inferior a 3m/Ma (Tabela 1). Tal fato se deve a existência nas duas áreas de cangas, quartzitos e itabiritos, litotipos que, segundo Salgado (2006), são extremamente resistentes frente aos processos erosivos e denudacionais mecânicos e geoquímicos.

## **5.Considerações Finais**

A denudação na área estuda esta intimamente relacionada com a resistência apresentada por cada litotipo, à estruturação de sua rede hidrográfica e ao tamanho da área das bacias.

O presente trabalho verifica: (i) a existência de uma erosão diferencial na qual o filito quartzoso apresenta uma resistência maior à denudação química que o filito clorídrico; (ii) um litotipo mais resistente (filito quartzoso) formando um cinturão de proteção e sustentando um mais frágil (filito clorídrico); (iii) um padrão denudacional semelhante para um mesmo litotipo em bacias diferentes e; (iv) taxas gerais de denudação geoquímica do relevo extremamente baixas para as áreas investigadas.

A erosão diferencial pode ser averiguada através das taxas de denudação geoquímica, uma vez que é o intemperismo químico que prepara o material friável para a erosão mecânica. Desta forma, uma menor taxa de denudação geoquímica tenderá a representar uma menor quantidade de material friável disponível, ocasionando assim uma baixa erosão e, conseqüentemente, um rebaixamento do relevo de pequena intensidade.

## **Agradecimentos**

Agradecemos à FAPEMIG e ao CNPQ o apoio financeiro que permitiu a realização deste trabalho.

## **Referências Bibliográficas**

Alkmim, F. F.; Quade, H.; Evangelista; M. T. R (1988) Sobre a história da deformação dos metassedimentos do Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi no Quarilátero Ferrífero, Minas Gerais. Manuscrito. Ouro Preto, UFOP.

- Alkmim, F. F. & Marshak, S. (1998) Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research* 90: 29-98
- Barbosa, G. V. (1980) Superfícies de erosão no Quadrilátero Ferrífero. São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 10 (1): 89-101.
- Barbosa, G. V. & Rodrigues, D. M. S. (1965) O Quadrilátero Ferrífero e seus problemas geomorfológicos . Belo Horizonte: *Boletim Mineiro de Geografia*, VI (10-11): 03-35.
- Behling H., Lichte M. (1997) Evidence of dry and cold climatic conditions at glacial times in tropical Southeastern Brazil . *Quaternary Research*. 48: 348-358.
- Nalini Junior, H. A.(1993) Análise estrutural descritiva e cinemática do flanco sul e terminação periclinal do anticlinal de Mariana e adjacências, região sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG, Belo Horizonte: UFMG/IGC, Dissertação (mestrado)132p.
- Salgado, A. A. R. (2006) Estudo da evolução do relevo do Quadrilátero Ferrífero, MG, através da quantificação dos processos erosivos e denudacionais. Ouro Preto, UFOP, Tese de Doutorado. 188p.
- Salgado, A. A. R.; Colin, F.; Nalini Jr., H.A.; Braucher, R.; Varajão, A. F. D. C. & Varajão, C. A. C. (2004) O papel da denudação geoquímica no processo de erosão diferencial no Quadrilátero Ferrífero. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 5(1): 55-69.
- Tapia, B. T. (2003) O uso da terra nas vertentes marginais do lago da UHE de Ita, no município de Marcelino Ramos – RS, e seus reflexos na qualidade da água. “X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada”, *Revista do Departamento de Geografia, UERJ*.
- Thomas, M. F (1994) *Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes*. John Wiley & Sons Ltd., 460p.
- Tricart, J. (1961) O modelado do Quadrilátero Ferrífero sul de Belo Horizonte. *Annales de Geographie*, 70: 255-272.
- Varajão, C. A. C. (1991) A questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, 21(2): 138-145.