

OCORRÊNCIA E ANÁLISE QUÍMICA DE BANDED IRON FORMATION NO MUNICÍPIO DE FORMIGA – MG

Jordana Luísa de Castro

Egressa do curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário de Formiga (UNIFOR)
e-mail: jordana,lu22@hotmail.com

Marco Aurélio de Mello Machado

Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola-Universidade Federal do Paraná(UFPR)
e-mail: marcomello@ufpr.br

Recebido em: 05/03/2012

Aprovado em: 12/11/2012

RESUMO

O estado de Minas Gerais é conhecido pela intensa atividade minerária ao longo de sua história. Recentemente foi descoberto um corpo de minério de ferro na região de Serrinha, em Formiga-MG. As formações ferríferas bandadas, aqui descritas, são rochas metamórficas que exibem dobramentos complexos e são formadas pela concentração química do ferro durante milhões de anos através da ação das cianobactérias. As amostras foram pulverizadas e atacadas com água régia para complexação do ferro com tiocianato de potássio, filtragem, diluição e utilização da espectrofotometria UV-VIS para o cálculo do percentual de ferro.

Palavras-chave: Ferro. Metamórficas. Serrinha.

OCCURRENCE AND CHEMICAL ANALYSIS OF BANDED IRON FORMATION IN THE CITY OF FORMIGA – MG

ABSTRACT

The state of Minas Gerais is known for intense mining activity throughout its history. Recently it was discovered a body of iron ore in the region of Serrinha in Formiga- MG. The banded iron formations, described here, are metamorphic rocks that exhibit complex folding and are formed by the chemical concentration of iron over millions of years through the action of cyanobacteria present in the primitive oceans. The samples were ground and etched with aqua regia for complexing of iron with potassium thiocyanate in order to further filtering, and dilution using the UV-VIS spectrophotometer to calculate the percentage of iron.

Keywords: Iron. Metamorphic. Serrinha.

1 INTRODUÇÃO

Nos ecossistemas microbianos Arqueanos, surgiram praticamente todos os processos metabólicos básicos à vida, com destaque para a fotossíntese. No Arqueano, o O₂ em excesso reagia

quase que imediatamente com compostos químicos dissolvidos na hidrosfera. Uma hipótese sustenta que a vida não se originou na superfície da Terra, mas nas profundidades dos oceanos ao redor ou mesmo no interior de chaminés hidrotermais (HICKMAN *et al*, 2004). A água é superaquecida e expelida violentamente carregando grande quantidade de moléculas dissolvidas das rochas superaquecidas. Estas moléculas incluem o sulfeto de hidrogênio (ácido sulfídrico), metano, íons de ferro e íons sulfato. Muitas sulfobactérias e bactérias termofílicas crescem em fontes termais atualmente. O registro fóssil revela que a vida existia a 3,8 Ga. Portanto, a origem da forma de vida mais antiga pode ser estimada em aproximadamente 4 Ga.

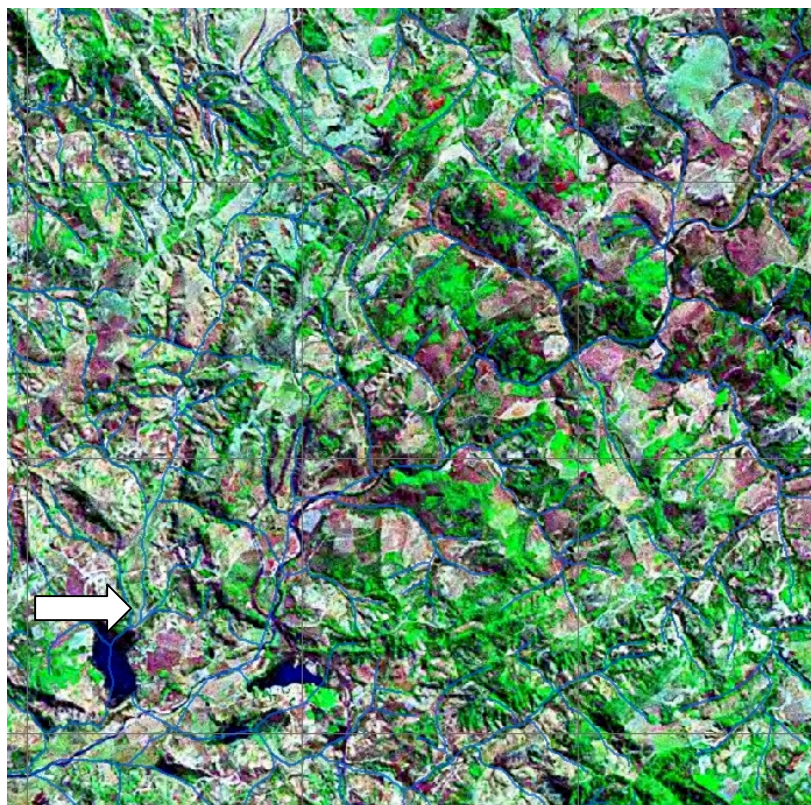
No período entre 2 e 3 Ga., esse processo foi responsável pela oxidação de compostos da superfície, da atmosfera e pela deposição de dezenas de bilhões de toneladas de minério de ferro. (WILSON *et al*, 2000). As Banded Iron Formation (BIF) ou Formações Ferríferas Bandadas são rochas formadas pela oxidação dos íons de ferro presentes nos mares pré-cambrianos (1,8 a 3 Ga) e posterior precipitação, alternada com leitos de quartzo e outros minerais. (FONSECA, 2008). Estas rochas têm atraído a atenção dos pesquisadores por constituírem a maior fonte de ferro do planeta. Seus grandes depósitos estão confinados a um intervalo de tempo restrito da história da Terra (3,8 - 1,9 Ga.), estando ainda presentes na maioria dos escudos pré-cambrianos do mundo. (LINDEMAYER *et al*, 2001). Além da importância econômica e a origem dessas rochas finamente bandadas, compostas quase que exclusivamente por Fe, Si e oxigênio, sempre foram e continuam sendo motivo de estudos e controvérsias. Devido ao aumento da procura por reservas minerais, a geologia do município de Formiga-MG vem sendo mais estudada ultimamente e tem sido comprovado que as BIF encontradas na região apresentam potencial como minério de ferro para exploração. Os objetivos deste trabalho estão focados principalmente na descrição petrográfica dos principais litotipos associados às BIF, bem como a análise do seu teor de ferro e potencial como minério do mesmo. Atualmente este potencial está sendo avaliado por uma empresa mineradora que realizou diversas pesquisas na região de Serrinha, onde foi descoberto este corpo de minério. Segundo relatos de moradores locais, os litotipos portadores de magnetita e outros óxidos são conhecidos popularmente como “pedra de cevar”.

Segundo o Plano Diretor (2006) e o Plano de Ação Imediata (FORMIGA, 1972), devido à sua localização geográfica, o município de Formiga pode ser considerado um pólo estratégico na região Centro-Oeste de Minas Gerais, atraindo assim inúmeros empreendimentos. De acordo com Fonseca (2008), RADAMBRASIL (1983) e COMIG (2003), o município de Formiga encontra-se dividido grosseiramente em dois domínios distintos: o Complexo Cristalino Arqueano Indiviso e a bacia sedimentar do Grupo Bambuí. A ocorrência das BIF restringe-se ao Complexo Cristalino.

1.1 Complexo Cristalino Arqueano Indiviso

De acordo com Fonseca (2008), RADAMBRASIL (1983), o complexo cristalino abrange áreas que não estão cobertas por rochas sedimentares da região, denominadas genericamente de rochas granito-gnáissicas. Entrecortando este complexo, existem diques de diabásio que são formados a partir do magma básico, com baixo teor de sílica, que ascende e penetra em fraturas e diáclases das rochas encaixantes, chegando também a criar sua própria rede de fraturas devido à enorme pressão e temperatura em que se encontram (fraturamento hidráulico). As rochas destes diques encontram-se, muitas vezes, metamorfisadas no fácies xisto verde. Estudos efetuados pelo projeto RADAMBRASIL (1983), COMIG (2003) e o mapa geológico da folha de Campo Belo produzido pela Universidade Federal de Ouro Preto em conjunto com o CPRM estipulam em 2,5 a 2,8 Ga. de anos (neoarqueano) a idade do Embasamento Cristalino do município de Formiga, o qual é constituído de rochas granito-gnáissicas do tipo TTG, cujos representantes são o Granito Divinópolis, o gnaissite Itapecerica e o gnaissite Candeias.

Figura 1- Recorte da carta imagem de 2003 do município de Formiga. A seta indica o vértice da sinforme Timboré. As BIF se encontram aflorando em alguns locais dentro da curva, extendendo-se quilometricamente



Fonte: Plano Diretor do município de Formiga, 2006.

Segundo a SF-23-V-B-VI Folha Campo Belo, os principais litotipos encontrados no local são: Gnaissite Itapecerica- Sequência de gnaissites rosados, migmatizados, de granulação fina a média,

exibindo boudins de anfibolito e variados corpos pegmatíticos que lhe conferem um padrão movimentado. Apresentam composição essencialmente granítica e se classificam como biotita-gnaiss; Depósito Colúvio-Aluvionar-Depósitos de cascalhos, areias e siltes inconsolidados, com sedimentos pelíticos subordinados exibindo estratificações variadas.

Excetuando a porção sul do município onde o relevo é muito acidentado e dobrado, as rochas do embasamento cristalino geram formas de relevo de contornos mais suaves. Todas estas rochas foram afetadas por diversos processos tectônicos, metamórficos e de pós-mineralização oriunda de soluções diversas de processos ígneos, hidrotermais e metassomáticos, as quais percolaram as fraturas e diáclases das rochas pré-existentes e cristalizaram quartzo, formando extensos corpos de quartzo filonar, dentre outros minerais. (PLANO DE AÇÃO IMEDIATA, 1972; LEINZ, 1976, 1989).

FIGURA 2 - Aspecto geomorfológico da porção sul do município, muito afetado por dobramentos tectônicos: BR 354, após a entrada para a Serrinha, Formiga-MG.



Fonte: Fonseca (2008).

2 GÊNESE E MINERALOGIA DAS BANDED IRON FORMATION (BIF)

A origem dessas rochas finamente bandadas e compostas quase que exclusivamente por Fe, Si e oxigênio sempre foi e continua sendo motivo de estudos e controvérsias. (LINDENMAYER *et al*, 2001, p. 22), como mostrado na FIG. 2. Podem ter sua origem tanto devido ao intemperismo das rochas do continente como também da deposição de fluidos hidrotermais que teriam lixiviado o material rochoso constituinte do fundo oceânico. Segundo Fonseca (2008), as BIF são originadas pela oxidação dos íons de ferro dos mares pré-cambrianos realizada pelas cianobactérias e a posterior alternância de deposição de quartzo e outros minerais. Ainda de acordo com Fonseca

(2008), somente após o aparecimento do cinturão de Van Hallen, responsável por desviar as radiações letais vindas do espaço, foi possível que as formas de vida quimiossintetizantes migrassem para as regiões rasas e realizassem a fotossíntese. As BIF descritas na região da Serrinha se encontram metamorfisadas e exibem dobramentos bem expressivos, originando assim minerais silicáticos em suas bandas. (FONSECA, 2008).



Figura 3 – Área de ocorrência das BIF. A intensa cor vermelha do solo é devida aos óxidos de ferro

Fonte: GOOGLE EARTH (2011)



Figura 4 – Afloramento subvertical de BIF silicática parcialmente alterada.

Fonte: Arquivo pessoal.

Outras imagens obtidas através do Google Earth (2003) evidenciaram uma grande extensão de solos de cor vermelha, os quais estão normalmente associados à este tipo de rocha neste local e que auxiliaram na escolha dos pontos de coleta.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Coleta de amostras

As amostras de magnetita xisto, BIF silicática, BIF granatífera e BIF comum foram coletadas em quadruplicata nos afloramentos disponíveis. Os locais de coleta foram identificados como P1, P2 e P3. Foram utilizados martelos geológicos, sacos plásticos para acomodação das amostras, câmera fotográfica digital e pincel para marcação das mesmas.

3.2 Análises macroscópicas

A descrição macroscópica dos litotipos foi feita pelo professor Anísio Cláudio Rios Fonseca e pela equipe de geologia da empresa mineradora que atua na área em epígrafe. Nesta etapa foi feita a caracterização mineralógica e medição primária da espessura dos níveis das BIF, cuja variação se

deteve em submilimétricas a milimétricas. As mesmas apresentam níveis alternados, com rede complexa de dobramentos, sendo eles em chévron e recumbentes. A espessura dos níveis pode apontar fases de abundância de Fe na água e/ou aumento de microorganismos nos oceanos primitivos. É importante lembrar também que, com o dobramento, pode haver modificação na espessura. Nesta análise macroscópica, o método de classificação utilizado foi o preconizado por Botelho (1979), onde foi feita a descrição petrográfica de quatro litotipos básicos.

3.2.1 BIF granatífera – granada-magnetita-anfibólio-quartzo-biotita-xisto

A rocha apresenta moderado magnetismo e foi serrada com disco diamantado e polida com lixas de granulações de 240 a 1200 para melhor expor sua mineralogia e estrutura. Foi notada a presença de porfiroblastos de granada avermelhada, a qual está pseudomorfisada em oxi-hidróxidos de ferro (goethita, lepidocrocita). Estes porfiroblastos possuem diâmetro variável sendo que na amostra analisada variam de milimétricos a mais que centimétricos. Perpendicularmente aos planos de foliação, são observados níveis de quartzo silicáticos com espessura milimétrica a centimétrica, alternada com níveis milimétricos a centimétricos constituídos de óxidos de ferro (magnetita, martita, maghemita) intercalados com porções silicáticas e com bandamentos da rocha levemente dobrados. O processo de pseudomorfose atinge também a parte externa dos níveis ricos em óxidos. Observam-se porfiroblastos de granada distribuídos irregularmente em uma massa esverdeada constituída de óxidos de ferro e silicatos. Os cristais de granada são subeudrais a eudrais (principalmente os submilimétricos).

Figura 5 – BIF granatífera exibindo porfiroblastos de granada



Fonte: Fonseca (2008).

3.2.2 BIF silicática

Bandas de magnetita/óxidos anexos associadas a quartzo e silicatos parcialmente alterados. As bandas são submilimétricas a pouco mais que milimétricas. Bandas em que predomina o quartzo estão também associadas a cristais de magnetita e correlatos; cristais subeudrais a anedrais inclusos e em torno de quartzo anedral hialino. Em alguns casos, nota-se o hábito octaédrico dos cristais. A amostra é fortemente magnética e está parcialmente alterada. Localmente estas BIF apresentam expressivos dobramentos e também afloram com seus planos de foliação quase perpendiculares à superfície do solo. É importante observar que as bandas silicáticas apresentam anfibólio e mica. Este litotipo foi coletado em dois pontos distintos.

Figura 6 - BIF silicática com dobramento recumbente



Fonte: Acervo do Laboratório de Mineralogia do UNIFOR.

3.2.3 Magnetita-xisto

Magnetita anedral, associada a quartzo. Existem mineralizações de hematita/maghemita com intensa cor vermelha e pontuações de óxidos amarelos (goethita).

3.3 Análise do teor de Ferro

As amostras foram coletadas em quadruplicata (magnetita xisto, BIF silicática, BIF granatífera e BIF), foram pulverizadas em almofariz com pistilo de louça a fim de se conseguir uma

menor granulometria. Em seguida, promoveu-se o ataque baseado na complexação do Ferro com o Tiocianato de Potássio, dado pela equação:

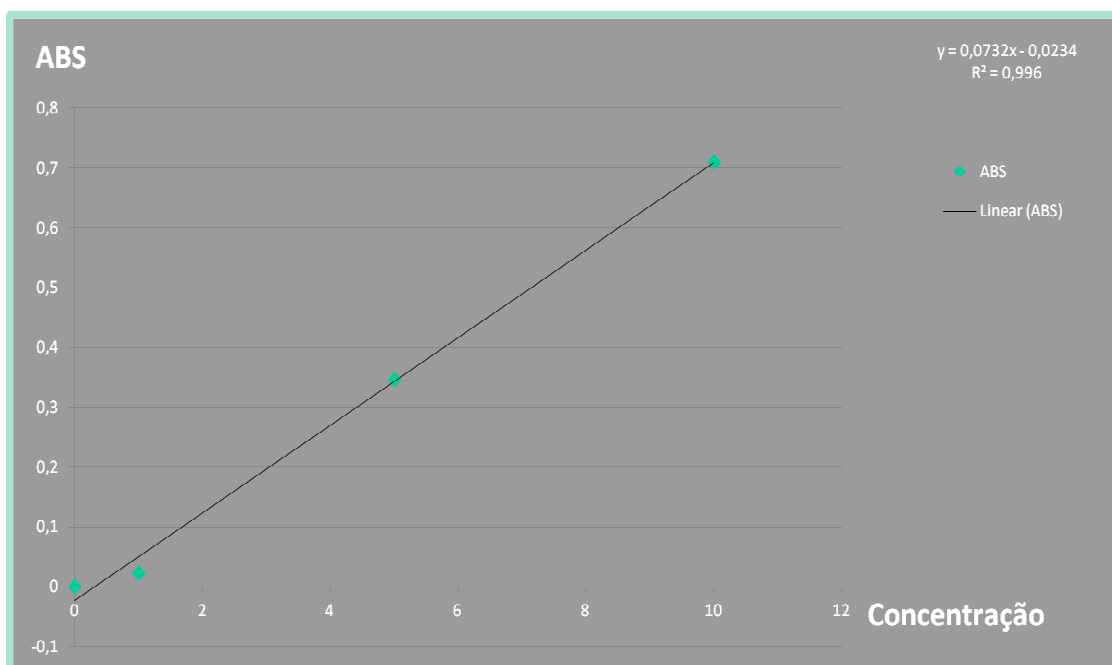


Foi utilizada água régia (75% de ácido clorídrico com 25% de ácido nítrico) e se trata de um ótimo solvente. Esta mistura permaneceu em contato com a rocha pulverizada por dois dias. Logo depois, foi realizada a filtragem utilizando funil de vidro, filtros para precipitados grossos e gelatinosos. O filtrado foi recolhido em balão volumétrico de cinquenta ml e água deionizada foi utilizada para completar o volume. A segunda etapa do experimento foi a determinação de ferro em cada amostra utilizando espectrofotometria UV-VIS. Foram preparadas soluções padrão de ferro de 1ppm, 5ppm e 10 ppm e realizada a complexação com tiocianato de potássio, para cada solução. Em seguida, realizou-se a leitura no espectrofotômetro a 480 nm.

5 DISCUSSÃO

Os resultados são mostrados a seguir na curva de calibração.

Gráfico 1 - Curva de calibração do complexo formado entre o Fe e KSCN



Os resultados das amostras, de acordo com a curva de calibração, são mostrados na tabela a seguir.

Tabela 1 – Porcentagem de ferro nas amostras e desvio padrão

Rocha	% Fe média na amostra	Desvio padrão
BIF Granatífera – P1	19,35	3,24
BIF Silicática – P1	37,33	2,13
BIF Silicática – P3	12,89	4,89
Magnetita Xisto – P2	22,61	2,90

Fonte: Gráfico da pesquisa.

Dos litotipos analisados, a BIF silicática é a que apresenta o maior teor de ferro e o menor desvio padrão. O baixo desvio pode indicar uma maior homogeneidade estrutural. O alto desvio padrão observado nas outras amostras se deve, principalmente, à heterogeneidade das mesmas, pois estas exibem planos de foliação com concentrações diferenciadas de óxidos de ferro e minerais anexos. Para uma melhor mensuração dos teores de ferro nos diferentes litotipos, um maior espaço amostral deve ser utilizado. Dos diversos aspectos considerados para a viabilização da exploração do minério de ferro, o teor de ferro é extremamente importante. Os teores encontrados na pesquisa não são elevados, mas não inviabilizam uma pretensa exploração. Dados obtidos com a empresa mineradora que está realizando estudos na área indicam que o potencial da área pode ser promissor. A variação dos teores de ferro nos litotipos ainda é a principal limitação encontrada para a instalação de um empreendimento minerário. Segundo dados do DNPM (2009), o gráfico das reservas brasileiras de minério de ferro por unidade federativa aponta quase vinte e nove bilhões de toneladas com um percentual médio de ferro presente nos corpos de minério de diferentes estados é de 54,89%. Com o avanço da prospecção e pesquisa mineral no local, espera-se que os teores de ferro encontrados nos corpos de minério viabilizem a exploração do mesmo, gerando divisas para o município.

REFERÊNCIAS

BOTELHO, J. **Estudo e classificação das rochas por exame macroscópico**. 5. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1979.

COMIG-Companhia Mineradora do Estado de Minas Gerais. **Mapa Geológico do estado de Minas Gerais**. Edição especial. 2003.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **SF-23-V-B-VI Folha Campo Belo**. Disponível em: <<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 8 nov. 2011.

DNPM-Departamento Nacional de Produção Mineral. **Mineração de metais ferrosos**. 2009. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=3973>. Acesso em: 8 nov. 2011.

FONSECA, A. C. R. **Geologia geral da região do município de Formiga-MG**. 2008.

FORMIGA. Ministério do Interior. Prefeitura Municipal de Formiga. GEOMINAS. **Plano de Ação Imediata**. Belo Horizonte: Engenharia e Consultoria, 1972. 2 v.

GOOGLE EARTH. 2003. Disponível em: <<http://earth.google.com/intl/pt/>>. Acesso em: 8 nov. 2011.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia geral**. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1989.

LEINZ, V.; CAMPOS, J. E. **Guia para determinação de minerais**. São Paulo: Nacional, 1976.

LINDENMAYER, Z.; LAUX, J.; TEIXEIRA, J. Considerações sobre a origem das formações ferríferas da formação Carajás, Serra dos Carajás. **Revista Brasileira de Geociências**, Brasil, v. 31, 2001. Disponível em: <http://sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol31_down/3101/3101021.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2011.

MACHADO F. L. *et al.* **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SF 23/24. Rio de Janeiro/Vitória, v. 32, p. 27- 324, 1983.

PLANO DIRETOR DO MUNICIPIO DE FORMIGA-MG. 2006. Disponível em: <http://www.formiga.mg.gov.br/index.php?base_principal=base&id_10>. Acesso em: 15 out. 2011.