

ORIGEM DA GOETHITA FIBROSA DOS ITABIRITOS ANFIBOLÍTICOS DAS MINAS DE ALEGRIA – SAMARCO MINERAÇÃO S.A.¹

Júnia Maria de Pinho Rocha²
Paulo Roberto Gomes Brandão³
João Paulo Chiste Costa⁴

Resumo

Esse trabalho tem como objetivo discutir a origem da goethita fibrosa característica dos itabiritos alterados e intitulados anfibolíticos, através de sua caracterização química e mineralógica e, comparação com resultados de análises químicas e mineralógicas realizadas em testemunhos de sondagem que interceptaram itabiritos anfibolíticos frescos. Foram selecionadas duas amostras (400kg) de itabiritos conhecidos como anfibolíticos alterados e quatro testemunhos de sondagem (9cm de diâmetro e 30cm de comprimento) compostos por itabiritos anfibolíticos frescos para serem analisados. As amostras foram submetidas a análises químicas (fluorescência de raios-X, ICP, dicromatometria e determinação de PPC) e mineralógicas (difratometria de raios-X, microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura e microanalisador EDS). Os itabiritos anfibolíticos (alterados) apresentaram teores de Fe_T , P e PPC típicos de itabiritos pobres, ricos em goethita e não apresentaram anfibólios inalterados. Os elementos traços encontrados devem estar localizados principalmente na estrutura das goethitas e o Ca , Na e Mg (traços) podem ser indicativos da presença anterior de anfibólios fibrosos e carbonatos contendo esses elementos em suas estruturas. A associação mineralógica dos itabiritos anfibolíticos frescos estudados (riebeckita/grunerita, ankerita, magnetita/hematita e quartzo) associada à sua localização dentro do modelo geológico-tipológico de Alegria atestam a origem da goethita fibrosa como pseudomórfica de anfibólios.

Palavras-chave: Goethita fibrosa; Itabirito; Anfibólio.

FIBROUS GOETHITE ORIGIN PRESENT IN THE ALEGRIAS'S MINE AMPHIBOLITIC ITABIRITES – SAMARCO MINERAÇÃO S.A.

Abstract

The objective of this work is to discuss the origin of the characteristic fibrous goethite present in the altered and entitled amphibolitic itabirites by their mineralogical characterization and comparison with the chemical and mineralogical drilling cores analyses results from bore holes which had intercepted fresh amphibolitic itabirites. It was selected two samples (400kg) of the altered itabirites known as amphibolitic itabirites and four drilling cores (9cm of diameter and 30cm of length) of the fresh amphibolitic itabirites for being analyzed. The samples were submitted to chemical (X-ray fluorescence, ICP, dicromatometry and LOI determination) and mineralogical analyses (X-ray diffractometry, optical microscopy, scanning electron microscopy with a coupled EDS microanalyzer). The altered amphibolitic itabirites showed Fe_T , P , and LOI percentages typical of the poor goethitic itabirites, and they did not have fresh amphiboles. The traces elements may be located inside the goethites structures and the elements Ca , Na and Mg (traces) may indicate the previous incidence of amphiboles and carbonates that contained these elements in their structures. The fresh amphibolitic itabirites mineralogical assemblage (riebkite/grunerite, ankerite, magnetite/hematite and quartz) allied to their location in the Alegria's geological-typological models attest the pseudomorphous origin for the fibrous goethites present in the altered amphibolitic itabirites.

Key words: Fibrous goethite; Itabirite; Amphibole.

¹ Contribuição técnica ao 39º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 10º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 22 a 26 de novembro de 2009, Ouro Preto, MG.

² Doutor, Geólogo da Samarco Mineração S.A.

³ PhD, Professor Emérito do Depto. Engenharia de Minas da UFMG

⁴ Bacharel, Geólogo da Samarco Mineração S.A.

1 INTRODUÇÃO

As empresas fornecedoras de produtos de minérios de ferro vêm sendo demandadas, pelo oscilante mercado mundial do aço, a investirem em estudos mineralógicos e tecnológicos em seus minérios, para garantir um maior aproveitamento de seus recursos minerais, uma maior otimização de seus processos produtivos, a redução dos custos de produção e o aumento da qualidade de seus produtos.

A Samarco Mineração S.A., que está entre os grandes produtores mundiais de pelotas de minério de ferro, vem investindo nesses estudos, nos últimos anos, em seus minérios das minas do Complexo Alegria (Município de Mariana, em Minas Gerais). Dentre esses minérios estudados, encontram-se os itabiritos conhecidos como anfíbolíticos, que são reconhecidos por sua coloração típica castanha (ocre) acinzentada e pela presença de goethita (principalmente), que está, supostamente, substituindo anteriores anfíbólios.⁽¹⁾

A presença de itabiritos contendo anfíbólios frescos em áreas do Quadrilátero Ferrífero (QF) já é conhecida e documentada. Rosière e Chemale Junior⁽²⁾ referem-se aos itabiritos anfíbolíticos como sendo um dos tipos de formação ferrífera presente no QF, cuja mineralogia principal é formada por martita, hematita, kenomagnetita, maghemita, grunerita-cummingtonita, tremolita, actinolita e quartzo. Já a mineralogia acessória é formada por carbonato, talco, dolomita ferroana, egirina, biotita, MG-riebeckita, kupferita (antofilita) e sulfetos. Esses itabiritos apresentam sempre anfíbólios de composição variada, sob a forma de cristais idiomórficos a hipidiomórficos, sem orientação ou constituindo uma trama granolepidoblástica a lepidoblástica, de cristais orientados segundo o bandamento ou na xistosidade plano-axial e definindo também uma lineação mineral.

Silva,⁽³⁾ em seu trabalho de pesquisa nos minérios da Mina de Timbopeba (Ouro Preto-MG), relata a presença de cummingtonita (inclusões em quartzo) nos itabiritos anfíbolíticos por ele estudado. Souza Junior⁽⁴⁾ em sua pesquisa nos minérios de ferro itabiríticos anfíbolíticos da Mina de Alegria, definiu que esses eram compostos basicamente por martita porosa e goethita. Os anfíbólios estavam alterados e apresentavam-se como goethita pseudomórfica de anfíbólio, que estava acicular, geralmente presente como agregados fibrosos radiais e mostravam-se associados formando partículas em forma de “farpas”.

Nas minas da Samarco (Alegria Norte e Alegria Sul), o itabirito anfíbolítico é um tipo abundante e neles a goethita (pseudomórfica + botrioidal + terrosa) e a martita são os minerais essenciais. A especularita e a magnetita estão presentes em menor proporção e o quartzo é o principal mineral da ganga.⁽⁵⁾

Até 2005 não havia sido registrada a presença de anfíbólios inalterados, mesmo que relictos, nas rochas pesquisadas em Alegria. Somente a partir das campanhas de sondagem de furos mais profundos (superiores a 400m de profundidade) e que atingiram regiões inferiores dessas rochas pesquisadas, é que se começou a encontrar itabiritos esverdeados, que foram caracterizados como itabiritos anfíbolíticos frescos.⁽¹⁾

Esse trabalho tem como objetivo discutir a origem da goethita fibrosa característica desses itabiritos alterados e intitulados anfíbolíticos, através de sua caracterização química e mineralógica e, comparação com resultados de análises químicas e mineralógicas realizadas em testemunhos de sondagem que interceptaram itabiritos anfíbolíticos frescos.

2 METODOLOGIA

Foram coletadas duas amostras de 400 kg de duas diferentes regiões das minas onde afloram itabiritos anfíbolíticos alterados e selecionados quatro testemunhos de sondagem (diâmetro de 9 cm e aproximadamente 30 cm de comprimento) de itabiritos anfíbolíticos frescos, para serem preparados e analisados. As amostras e testemunhos, após serem devidamente preparados, geraram alíquotas para análises químicas, mineralógicas (microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura com microanalisador EDS acoplado), difratometria de raios-X (DRX) e fluorescência de raios-X (FRX).

Para a determinação da composição química, as amostras de itabiritos anfíbolíticos alterados foram analisadas por via úmida (dicromatometria), para a determinação das porcentagens de Fe (ferro total) e FeO e, no espectrômetro de emissão a plasma (ICP), modelo Spectroflame P da Spectro Instruments, para a determinação dos teores de Al_2O_3 , P (fósforo) e MnO_2 . Além destas análises, foram ainda determinados os valores de perda por calcinação (PPC) dessas amostras. Os teores de SiO_2 foram definidos através da diferença entre 100% e a somatória das porcentagens dos demais elementos determinados.

A espectrometria de fluorescência de raios-X foi utilizada para uma varredura espectral em todas as amostras e não para determinar de forma quantitativa os elementos presentes. Dessa forma, essa técnica foi empregada nas amostras de itabiritos anfíbolíticos alterados visando detectar outros elementos porventura presentes e nas amostras dos quatro testemunhos de sondagem, para dar suporte a DRX. Um espectrômetro de fluorescência de raios-X seqüencial da marca Philips PW 2400 foi utilizado para a realização dessas análises.

Com o objetivo de determinar-se a composição mineralógica das amostras dos itabiritos anfíbolíticos alterados, foram efetuadas seções polidas que foram analisadas quantitativa (método de contagem de grãos) e qualitativamente com o auxílio de um microscópio óptico, de luz refletida e transmitida, da marca Leitz/Leica, modelo Laborlux 12POL S. As seções polidas daquelas amostras onde houve a necessidade de uma maior investigação de alguma fase mineral ou microestrutura, foram também levadas à análise no MEV marca Jeol JSM-5410, com um microanalisador dispersivo em energia (EDS) marca Noran TN-M3055. Os pós de todas as amostras de testemunhos de sondagem (itabirito anfíbolítico fresco) foram analisados no mesmo MEV.

Todas as amostras foram preparadas e analisadas em um difratômetro de raios-X para amostras em pó, marca Philips, sistema X'Pert-APD, controlador PW 3710/31, gerador PW 1830/40 e goniômetro PW 3020/00, para uma investigação qualitativa (semiquantitativa) das fases mineralógicas presentes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 estão listados os resultados das análises químicas das amostras de itabiritos anfíbolíticos alterados.

Tabela 1 – Resultados das análises químicas das amostras de itabiritos anfíbolíticos alterados

Amostra	Fe _T	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	PPC	MnO ₂	FeO	d calc.*
A62	46,06	26,67	0,27	0,098	6,96	0,02	0,26	3,66
A91	44,50	32,28	0,35	0,057	3,60	0,02	0,36	3,73

*Densidade calculada pela fórmula – $[1394/(-3,7315\%Fe + 526)] * [(100 - \%PPC)/100]$

Com base nos resultados da tabela anterior pode-se dizer que:

- os teores de Fe_T das amostras não apresentam diferenças significativas entre si, são relativamente baixos (<50%) e típicos dos itabiritos pobres;
- os de Al_2O_3 , não são elevados e estão dentro da faixa média desses teores nos minérios das minas de Alegria;
- os percentuais de P variam e estão relativamente altos (>0,050%), o que é uma característica comum aos itabiritos conhecidos como anfibolíticos (alterados);
- os percentuais de PPC são elevados (>3%) para ambas amostras, o que também é uma outra característica típica desses itabiritos anfibolíticos (alterados); e
- os teores de MnO_2 não são elevados e típicos dos demais itabiritos das minas de Alegria, bem como os valores de FeO . As densidades calculadas são semelhantes.

A Tabela 2 lista os resultados das análises de fluorescência de raios-X efetuados nas mesmas amostras anteriores.

Tabela 2 – Resultados de fluorescência de raios-X – amostras de itabiritos anfibolíticos alterados

Amostras de itabiritos anfibolíticos alterados														
Amostra	Elementos presentes													
	Alta conc.		Média conc.		Baixa conc.	Traços								
A62	Fe	O	Si	-	P	Mn	Al	Cr	-	Ca	Cl	S	-	-
A91	Fe	O	Si	-	-	Mn	Al	Cr	-	Ca	Cl	S	P	Na

Verifica-se que há uma concordância entre os resultados dos elementos Fe , Si , Al , P e Mn determinados pelas análises químicas (ICP e dicromatometria) e pela fluorescência de raios-X. Nota-se que nas duas amostras foram encontrados traços de Cr , Ca , Cl e S , em uma delas, também o Na .

Já é do conhecimento na literatura, que nos óxidos e oxi-hidróxidos de Fe , o Fe^{3+} na posição octaédrica pode ser parcialmente substituído por outros cátions metálicos trivalentes de tamanho similar, tais como Al^{3+} , Mn^{3+} e Cr^{3+} , sem modificação da estrutura (substituição isomórfica). Outros cátions, e.g. Ni , Ti , Co , Cu e Zn podem também ser incorporados na estrutura dos óxidos/oxi-hidróxidos de ferro.⁽⁶⁾ É senso comum admitir-se que a goethita apresenta quantidades variáveis de SiO_2 e Al_2O_3 dentro de sua estrutura cristalina, bem como de outros elementos tais como o P , Ti , Mn , Cl , Mg e K .⁽⁷⁾ Assim, fica evidente a suposição de que os elementos traços encontrados nas amostras em estudo devam estar localizados, principalmente, na estrutura das goethitas dessas amostras.

A presença dos elementos traços Ca e Na na estrutura das goethitas, principalmente se essas forem pseudomórficas de anfibólio, pode ser um forte indicativo da presença anterior de um anfibólio que contivesse esses elementos em sua estrutura. Como se atribui à origem dos itabiritos anfibolíticos de Alegria a, provavelmente, uma formação ferrífera da fácies silicato ou óxido-silicato, contendo intercalações e impurezas carbonáticas⁽⁸⁾, o elemento Ca pode estar relacionados também aos carbonatos (i.e. ankerita). Assim, em se tratando de um ambiente rico em Fe e contendo carbonatos sugerem-se os anfibólios das séries cummingtonita (Mg , Fe)-grunerita (Fe), tremolita (Ca)-actinolita (Ca , Mg , Fe) e a riebeckita (Na , Fe) como os possíveis predecessores.

A Tabela 3 apresenta as interpretações dos difratogramas das duas amostras de itabirito anfíbolítico alterado e na Tabela 4 estão dispostos os resultados das análises mineralógicas quantitativas desses itabiritos.

Tabela 3 – Resultados de DRX das amostras de itabiritos anfíbolíticos alterados

Amostras itabiritos anfíbolíticos alterados						
Amostra	Mineralogia Presente					
	Abundante			Média		Traços
A62	Quartzo	-	-	Goethita	Hematita	-
A91	Quartzo	Goethita	Hematita	-	-	Caulinita

Tabela 4 – Resultados das análises mineralógicas nas amostras de itabiritos anfíbolíticos alterados

Amostras de itabiritos anfíbolíticos alterados										
Amostras	He (%)^{1*}		Hm (%)^{2*}		G (%)^{3*}		M (%)^{4*}		Q (%)^{5*}	
	Vol	Peso	Vol	Peso	Vol	Peso	Vol	Peso	Vol	Peso
A62	0,90	1,20	15,30	20,70	42,80	48,20	2,80	3,80	38,20	26,10
A91	0,70	0,90	33,20	44,30	22,10	24,50	1,20	1,50	42,80	28,80

1* He – Hematita especularítica; 2* Hm – Hematita martítica; 3* G – Goethita; 4* M – Magnetita; 5* Q – Quartzo;

É importante ressaltar que para efetuar-se uma comparação entre os resultados mineralógicos determinados pela DRX e pela contagem de grãos ao microscópio óptico deve-se lembrar, que essa segunda técnica, não é aplicável quando há a presença de partículas ultrafinas (lamas), que prejudicam a nitidez da observação e dificultam a contagem dos demais grãos. Assim, como somente se faz essa contagem em amostras deslamadas, fica evidente que os resultados de DRX devam apresentar certa diferença na abundância de algumas fases que estejam ultrafinas e que, portanto, são eliminadas na deslamagem.

Como uma primeira observação, nota-se que os minerais determinados pela DRX são razoavelmente os mesmos encontrados na descrição ao microscópio óptico e são minerais típicos de um itabirito alterado.

A magnetita encontrada pela microscopia óptica em pequena proporção em ambas amostras, não foi determinada pela DRX. Isso pode ser explicada pelo fato de em materiais, como é o caso dessas amostras, onde a hematita e a goethita são abundantes, a identificação da magnetita torna-se muito dificultada por haver interferências entre as principais raias desses três minerais. Nesses casos, identifica-se a presença da magnetita pela raia 2,96Å de intensidade 30% e que não tem interferência com as demais raias da hematita e da goethita. Essa é, portanto, uma janela de detecção da magnetita, mas por ser uma raia de intensidade menor, demanda em sua maior abundância, o que não ocorre nessas amostras, para sua melhor identificação. Além disso, há ainda o fato da dificuldade de detecção/identificação dessa fase nessas amostras devido à elevação de seus *backgrounds*, uma vez que o difratômetro utilizado possui tubo de cobre, que como é sabido, eleva o background de amostras ricas em ferro e dificulta a detecção de fases em muito baixa concentração.

No caso da caulinita, detectada pela DRX e não identificada/contada ao microscópio óptico, vale relembrar que a amostra levada ao microscópio foi previamente deslamada e assim, a caulinita que normalmente é ultrafina, deve ter sido retirada na lama.

Da descrição qualitativa dessas amostras (microscopia óptica e MEV) observou-se que para a amostra A62 onde a goethita e o quartzo são as fases mais

abundantes, essa goethita ocorre principalmente em suas formas botrioidal, pseudomórfica de anfibólio e terrosa e, todas elas, estão geralmente muito porosas. Já para a amostra A91, observou-se que sua composição mineralógica é basicamente quartzo, hematita martítica e goethita e que esta última, está principalmente presente sob a forma de pseudomorfos de anfibólio muito porosos.

Quanto ao demais minerais, em ambas as amostras: 1) o quartzo está normalmente anédrico, monocristalino e na maioria das vezes está liberado; 2) as hematitas martíticas estão normalmente subédricas, usualmente exibem a típica textura de treliça e apresentam variados graus de porosidade e alteração; 3) a magnetita está presente principalmente relictas nas hematitas martíticas goethitizadas ou não e, 4) a hematita lamelar (rara) está ou sob a forma de cristais isolados.

As Figuras 1 a 6 ilustram pseudomorfos de anfibólio dessas amostras.

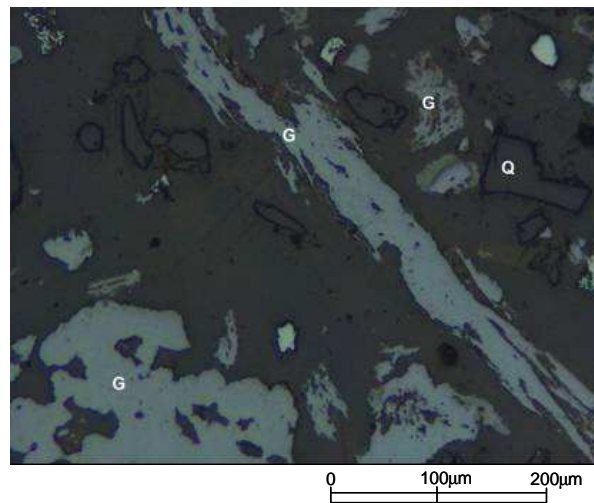


Figura 1 – Fotomicrografia da amostra A62 mostrando goethitas (pseudomórficas de anfibólio e botrioidal). Aumento 200X. LRND.

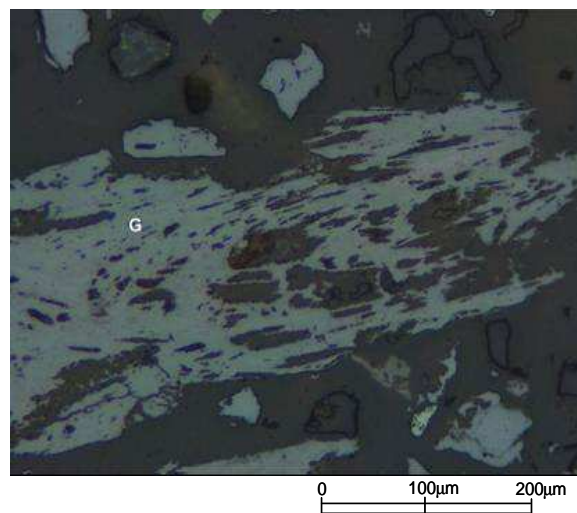


Figura 2 – Fotomicrografia da amostra A62 mostrando uma grande goethita pseudomórfica de anfibólio. Aumento 200X. LRND.

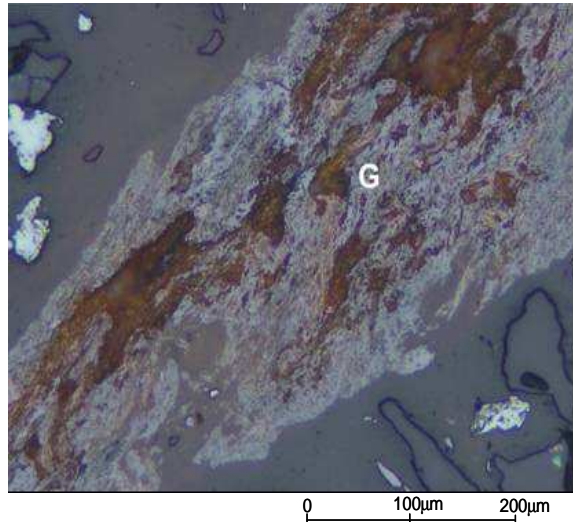


Figura 3– Fotomicrografia da amostra A91 mostrando uma grande partícula formada por goethita pseudomórfica de anfibólio alterada (terrosa). Aumento 200X. LRND.

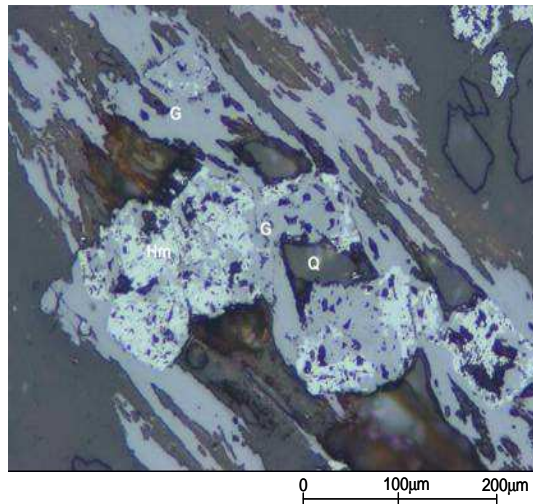
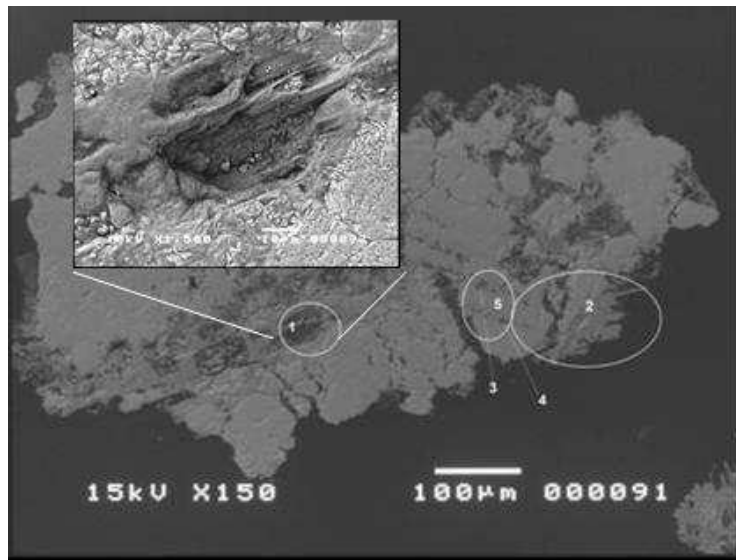
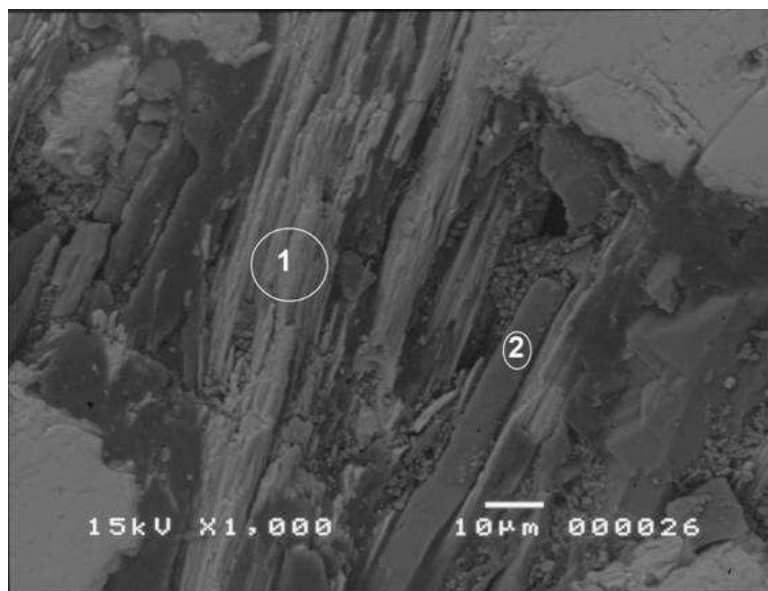


Figura 4 – Fotomicrografia da amostra A91 mostrando goethita pseudomórfica de anfibólio e hematitas martíticas porosas e também goethitizadas. Aumento 200X. LRND.



		<i>Elementos Químicos (%)</i>										
Área	Mineral	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO ₂	MgO	S	Cl	K ₂ O	CaO	Na ₂ O
1	Goethita	60,10	3,07	1,19	ND	0,26	0,08	ND	ND	ND	ND	ND
2	Goethita	60,29	2,90	1,16	ND	0,18	0,03	ND	0,03	ND	ND	ND
3	Goethita (?)	56,34	2,50	4,35	ND	0,74	0,10	ND	0,26	0,79	1,82	ND
4	Goethita (?)	51,48	2,28	11,79	ND	0,02	0,32	ND	0,13	0,66	1,34	1,72
5	Hematita	68,09	0,82	0,42	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Figura 5 – Fotomicrografia da amostra A62 mostrando goethita pseudomórfica de anfibólio (áreas 1 e 2) e hematita martítica (áreas 3, 4 e 5). MEV-IRE. 150X.



		<i>Elementos Químicos (%)</i>								
Área	Mineral	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO ₂	MgO	S	Cl	
1	Goethita	61,12	1,41	0,42	ND	0,19	ND	0,11	ND	
2	Quartzo	ND	100	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

Figura 6 – Fotomicrografia da amostra A91 mostrando em detalhe as fibras da goethita e quartzo pseudomórficos de anfibólio. As áreas marcadas também foram analisadas no microanalisador EDS. MEV-IRE. 1.000X

Como pode ser visto nas figuras, o mineral fibroso é a goethita, que mantém a forma externa do provável anfibólio predecessor. Na Figura 6, o quartzo também aparece fibroso e, aparentemente, substituindo o anfibólio.

Como comentário final, pode-se dizer que a DRX e a microscopia óptica apresentaram coerência de seus resultados.

A fotografia da Figura 7 mostra um dos testemunhos de sondagem (amostra AF4) retirado da região em que o furo atingiu uma porção mais profunda da formação ferrífera (>300m) e que encontrou um itabirito esverdeado contendo anfibólios inalterados (itabirito anfibolítico fresco). Esses itabiritos são normalmente compactos e caracterizados pela alternância de bandas claras (compostas principalmente pelo quartzo e carbonatos), com bandas escuras (compostas principalmente por óxidos de ferro) e bandas esverdeadas (compostas por anfibólios fibrosos). Notar, no detalhe, a coloração esverdeada dada pelos anfibólios fibrosos, que no caso é a grunerita, presentes em abundância.



Figura 7 – Fotografias tiradas de testemunho de sondagem das Minas de Alegria mostrando itabirito anfibolítico fresco.

Na Tabela 6 estão listados os resultados de fluorescência de raios-X e na Tabela 7 os de DRX dos quatro testemunhos de sondagem de itabirito anfibolítico fresco.

Tabela 6 – Resultados de fluorescência de raios-X das amostras de itabirito anfibolítico fresco

Itabiritos anfibolíticos frescos																	
Amostra	Elementos																
	Alta conc.			Média conc.		Baixa conc.		Traços									
AF1	Fe	Si	O	Mg	Na	-	-	Mn	Cr	Ca	Cl	S	P	K	-	-	-
AF2	Fe	Si	O	Mg	Na	-	-	Mn	Cr	Ca	Cl	S	P	-	Al	Ti	-
AF3	Fe	Si	O	Ca	Mg	Mn	Al	-	Cr	-	Cl	S	P	K	-	Zr	-
AF4	Fe	Si	O	Ca	Mg	Mn	-	-	Cr	-	Cl	S	P	K	Al	Zr	Na

Tabela 7 – Resultados de difratometria de raios-X das amostras de itabirito anfibolítico fresco

Itabiritos anfibolíticos frescos						
Amostra	Mineralogia					
	Abundante		Média		Baixo	Traços
AF1	Riebeckita	Quartzo	Ankerita	-	Magnetita	-
AF2	-	Quartzo	Riebeckita	-	Magnetita	-
AF3	Ankerita	Magnetita	Grunerita	Quartzo	Hematita	-
AF4	Ankerita	Grunerita	-	Quartzo	Magnetita	Hematita

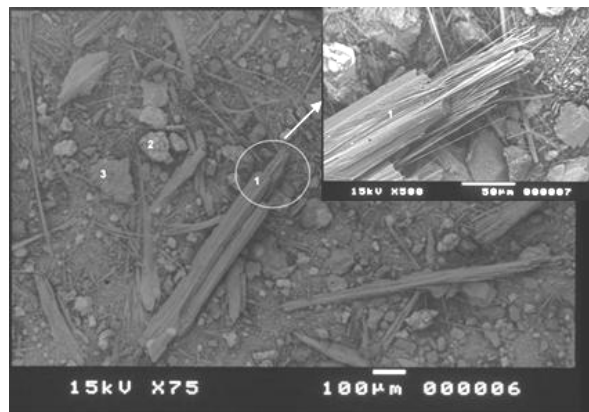
Uma primeira observação é a de que, de forma geral, há uma boa coerência entre os resultados químicos das amostras (FRX) e suas respectivas mineralogias (DRX).

Nas amostras AF1 e AF2 o anfibólio encontrado foi a riebeckita, ou melhor, da série riebeckita-glaucófana, que são anfibólios de *habitus* fibroso e composição ferro-sódico-magnésiana podendo conter também o alumínio. Já nas amostras AF3 e AF4, o anfibólio encontrado foi a grunerita (ou da série grunerita-cumingtonita), que também têm *habitus* fibroso e a composição é ferro-magnésiana. Assim, em todas as amostras foram encontrados anfibólios de ferro, o que está altamente coerente com o ambiente de sua geração, que sabidamente era rico nesse elemento.

Nas amostras AF1, AF3 e AF4 a ankerita, um carbonato de *Ca-Fe-Mg*, está presente entre os principais minerais. O quartzo e a magnetita são encontrados em todas as amostras enquanto a hematita está presente apenas em AF3 e AF4.

Aparentemente, nenhuma goethita estava presente nessas amostras e não foi detectada pela DRX. Caso ela esteja presente, está em muito baixa concentração e fora dos limites de detecção dessa técnica.

Para ilustrar, na Figura 8 (fotomicrografia tirada ao MEV) mostram-se partículas de anfibólio (grunerita), carbonato (ankerita) e hematita presentes no pó da amostra AF3. As regiões marcadas (enumeradas) foram analisadas no microanalisador EDS.



		<i>Elementos Químicos (%)</i>				
Área	Mineral	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Na ₂ O	MgO
1	Grunerita	35,15	63,47	0,69	ND	0,67
2	Hematita	66,21	3,66	0,38	ND	ND
3	Ankerita	53,98	ND	39,10	ND	6,92

Figura 8 – Fotomicrografia mostrando aspecto geral da amostra AF3 (pulverizada) e no detalhe a Área 1. MEV-IRE. 75X

Foram ainda encontradas, em furos de sondagem que perfuraram o itabirito anfibolítico fresco em profundidades inferiores a 400m, passagens nesse itabirito anfibolítico fresco onde ele encontra-se alterado (goethitizado). Essas passagens têm coloração castanho-amarelada e são compostas basicamente por goethitas fibrosas (*habitus* idêntico ao dos anfibólios).

Uma vez os furos de sondagem que interceptaram os itabiritos anfibolíticos frescos em profundidade são lançados nas seções verticais dos modelos geológicos-tipológicos, verifica-se que esses itabiritos estão claramente encaixados, em profundidade, dentro dos corpos que em superfícies afloram itabiritos anfibolíticos alterados – aqueles de coloração castanho-amarelada e que apresentam principalmente a goethita fibrosa (pseudomórfica de anfibólio) substituindo os antigos anfibólios.

4 CONCLUSÕES

Tanto as composições química (Fe_T , P e PPC) e mineralógica (goethita, hematita martítica e quartzo) principais, determinadas para as amostras de itabiritos conhecidos como anfibolíticos alterados, são típicas de itabiritos podres e ricos em goethita.

Não foram encontrados nesses itabiritos, nem traços de anfibólios inalterados. Porém, a presença de elementos traços como o Ca , Na e Mg , que devem, principalmente, estar localizados na estrutura das goethitas (fibrosas), podem ser um forte indicativo da presença anterior de anfibólios (fibrosos) e carbonatos contendo esses elementos em suas estruturas.

A associação mineralógica dos itabiritos esverdeados, compactos e encontrados nas regiões mais profundas da formação ferrífera em Alegria, ou seja, anfibólios (grunerita/riebeckita), carbonato (ankerita), óxidos de Fe (magnetita e hematita) e o quartzo, os certificam como itabiritos anfibolíticos frescos e sua origem como sendo uma formação ferrífera da fácies óxido-silicato contendo intercalações e impurezas carbonáticas, é perfeitamente coerente.

A presença de passagens, em profundidade, onde esse itabirito anfibolítico fresco encontra-se alterado (goethitizado), aliado ao fato deles se encaixarem, dentro do modelo geológico tipológico de Alegria, nas porções mais profundas dos corpos aflorantes de itabiritos anfibolíticos alterados, cuja coloração é castanho acinzentada e a goethita fibrosa (semelhante a anfibólios fibrosos) está presente em abundância, levam a atribuir-se à origem dessa goethita, como sendo pseudomórfica de anfibólios predecessores.

REFERÊNCIAS

- 1 ROCHA, J. M. P. *Definição da tipologia e caracterização mineralógica e microestrutural dos itabiritos anfibolíticos das Minas de Alegria da Samarco Mineração S.A. – Minas Gerais*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2008. 460p. Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais.
- 2 ROSIÉRE, C.A., CHEMALE JR, F. (1998). Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero – uma visão geral e discussão. *Geonomos*, **8 (2)**: 27-43.
- 3 SILVA, C. C. *Itabirito Anfibolítico de Timbopeba (Ouro Preto, MG): Sua Caracterização Mineralógica e Tecnológica*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 134p. Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da UFMG.
- 4 SOUZA JUNIOR, M. Minério de Ferro Itabirítico Anfibolítico da Mina de Alegria; Caracterização tecnológica. In: I Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro: Caracterização, Beneficiamento e Pelotização, 1, 1996, Ouro Preto – MG. p 1-18.
- 5 SAMARCO MINERAÇÃO S.A. Geologia e Tipologia dos Minérios da Mina de Alegria. Mariana, 2003 (Relatório Interno).
- 6 SCHWERTMANN, U., TAYLOR, R. M. Iron Oxides. In: __. *Minerals in soil environments*. Dixon, J. B. ed. Wiscosin, 1977. p. 145-180.

- 7 ROCHA, J. M. P. *Caracterização de Minérios Goethíticos-limoníticos da Mina de Alegria, MG*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1997. 257p. Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais.
- 8 VERÍSSIMO, C. U. V. *Jazida de Alegria: Gênese e Tipologia dos Minérios de Ferro; Minas 3,4 e 5 – Porção Ocidental*. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, 1999. 2vol. Tese de Doutorado elaborada junto ao Curso de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração em Geologia Regional