

**Curso de Especialização em Engenharia de Recursos Minerais - CEERMIN**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**

**Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais**

**MONOGRAFIA**

**CARACTERIZAÇÃO DO MINÉRIO DE FERRO DO ALVO FACHEIRO,  
CASA NOVA, BAHIA**

**Aluno: Luana Amaral da Cruz Rodrigues**

**Orientador: Prof<sup>a</sup> Andreia Bicalho Henriques**

**Junho 2023**

**Luana Amaral da Cruz Rodrigues**

**CARACTERIZAÇÃO DO MINÉRIO DE FERRO DO ALVO FACHEIRO, CASA  
NOVA, BAHIA**

Trabalho apresentado à banca examinadora do  
Curso de Especialização em Engenharia de  
Recursos Minerais – CEERMIN - como  
requisito para obtenção do título de especialista  
em Engenharia de Recursos Minerais.

Orientadora: Prof. Dr. Andréia Bicalho Henriques

Belo Horizonte  
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE RECURSOS MINERAIS

UFMG

## ATA DA DEFESA DA MONOGRAFIA DA ALUNA LUANA AMARAL DA CRUZ RODRIGUES

Realizou-se, no dia 13 de junho de 2023, às 15:00 horas, na plataforma MS TEAMS da Universidade Federal de Minas Gerais, a defesa da Monografia intitulada “**CARACTERIZAÇÃO DO MINÉRIO DE FERRO DO ALVO FACHEIRO, CASA NOVA, BAHIA**”, apresentada por LUANA AMARAL DA CRUZ RODRIGUES, número de registro 2021697422, graduada em GEOLOGIA, como requisito parcial para a obtenção do certificado de Especialista em ENGENHARIA DE RECURSOS MINERAIS, à seguinte Comissão Examinadora: Professora Andréia Bicalho Henriques- Orientadora, Professor Roberto Galery (Universidade Federal de Minas Gerais), Professor Pedro Benedito Casagrande (Universidade Federal de Minas Gerais).

A comissão considerou a defesa da monografia:

Aprovada

Reprovada

Nota: **90,0**

Finalizando os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.

Belo Horizonte, 13 de junho de 2023.

  
Professora Andréia Bicalho Henriques (Doutora)

  
Risia Magriotis Poppi  
Coordenadora do Curso de Especialização  
em Engenharia de Recursos Minerais

  
Professor Roberto Galery (Doutor)

  
Aurea Domingos  
Secretaria do Curso de Especialização  
em Engenharia de Recursos Minerais

  
Professor Pedro Benedito Casagrande (Doutor)

*Dedico este trabalho aos meus pais,  
marido e filha*

## **AGRADECIMENTOS**

- A Professora Andréia Bicalho Henriques, minha orientadora, pela sua atenção durante a preparação do trabalho.
- A Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM pela oportunidade e autorização para me especializar.
- Aos membros da Banca Examinadora, pela leitura do texto e pelas sugestões oferecidas ao trabalho.
- Aos amigos e amigas que não foram citados e que sempre estiveram comigo me auxiliando.

## RESUMO

O minério de ferro é um bem mineral importante para a economia mundial, e tem sido cada vez mais requisitado para atender o crescimento global. Pensando na alta demanda atual por esses produtos e que os mesmos são derivados de matéria prima finita, é de se esperar que os depósitos fiquem cada vez menores e escassos, aumentando a importância de estudos de caracterização para otimizar os processos e aumentar a eficiência do aproveitamento dessa *commodity*. O corpo de formação ferrífera do Alvo Facheiro está inserido em um conjunto litológico relacionado ao Complexo Lagoa do Alegre, definido como uma associação metavulcanossedimentar. A avaliação integrada dos programas de pesquisa mineral chegaram ao resultado de um recurso medido e indicado total em 18,24 Mt com 27,94% Fe. A granuloquímica mostrou que as frações granulométricas mais finas possuem maior liberação mineral, demonstrado pelo maior teor, o que pode dizer que a moagem acima de 150 mm vai facilitar os processos de concentração. Já a caracterização mineralógica mostrou que as amostras apresentam de três a oito fases minerais, identificadas por goethita, hematita, magnetita e siderita. Além de minerais ricos em cromo, magnésio, ferro e outros.

Palavras chaves: minério de ferro; caracterização mineral; granuloquímica, caracterização mineralógica.

## **ABSTRACT**

Iron ore is an important mineral asset for the world economy, and has been increasingly required to meet global growth. Thinking about the current high demand for these products and that they are derived from finite raw materials, it is to be expected that deposits will become smaller and scarcer, increasing the importance of characterization studies to optimize processes and increase the efficiency of using this commodity. The iron formation body of Alvo Facheiro is inserted in a lithological set related to the Lagoa do Alegre Complex, defined as a metavolcanosedimentary association. The integrated evaluation of the mineral research programs resulted in a total measured and indicated resource of 18.24 Mt with 27.94% Fe. The granulochemistry showed that the finer granulometric fractions have greater mineral release, demonstrated by the higher content, which can mean that the grinding above 150 mm will facilitate the concentration processes. The mineralogical characterization showed that the samples have three to eight mineral phases, identified by goethite, hematite, magnetite and siderite. In addition to minerals rich in chromium, magnesium, iron and others.

Keywords: iron ore; mineral characterization; granulochemistry; mineralogical characterization.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa geológico de detalhe do Alvo Facheiro, mostrando as sete unidades geológicas encontradas e subunidades relacionadas .....	22
Figura 2 - Posicionamento em mapa dos furos realizados no Alvo Facheiro. ....	26
Figura 3 - Mapa e Seções Geológicas do Alvo Facheiro. ....	27
Figura 4 - Seções com informações combinadas de litologia descrita e os teores de Fe. ....	28
Figura 5 - Visão em 3D dos furos e dos sólidos representantes dos corpos de minério do Alvo Facheiro. ....	29
Figura 6 – Gráficos de teores de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> por amostras. A: Teores relacionados às amostras do Furo 1, nos quais cada bolinha representa uma fração granulométrica sendo as amostras com letras A com 1651 µm, letras B com 417 µm, letras C com 180 µm, letras D com 147 µm, letras E com 104 µm, e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104 µm. B: Teores relacionados às amostras do Furo 2, com letras A, A com 1651 µm, letras B com 417 µm, letras C com 180 µm, letras D com 147 µm, letras E com 104 µm, e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104 µm. ....	38
Figura 7 - Gráficos de teores de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> por amostras. A: Teores relacionados às amostras do Furo 3, nos quais cada bolinha representa uma fração granulométrica sendo as amostras com letras A, A com 1651 µm, letras B com 417 µm, letras C com 180 µm, letras D com 147 µm, letras E com 104 µm, e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104 µm. B: Teores relacionados às amostras do Furo 4, com letras A, A com 1651 µm, letras B com 417 µm, letras C com 180 µm, letras D com 147 µm, letras E com 104 µm, e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104 µm. ....	39
Figura 8 - Gráficos de teores de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> por amostras. Teores relacionados às amostras do Furo 5, nos quais cada bolinha representa uma fração granulométrica sendo as amostras com letras A, com 1651 µm, letras B com 417 µm, letras C com 180 µm, letras D com 147 µm, letras E com 104 µm, e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104 µm. ....	40
Figura 9 - Gráficos de teores de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> por amostras. Teores relacionados às amostras do Furo 5, nos quais cada bolinha representa uma fração	

granulométrica sendo as amostras com letras A, com 1651  $\mu\text{m}$ , letras B com 417  $\mu\text{m}$ , letras C com 180  $\mu\text{m}$ , letras D com 147  $\mu\text{m}$ , letras E com 104  $\mu\text{m}$ , e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104  $\mu\text{m}$ . .....41

Figura 10 - Gráfico de teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  por amostras. Teores relacionados às amostras do Furo 7, nos quais cada bolinha representa uma fração granulométrica sendo as amostras com letras A com 1651  $\mu\text{m}$ , letras B com 417  $\mu\text{m}$ , letras C com 180  $\mu\text{m}$ , letras D com 147  $\mu\text{m}$ , letras E com 104  $\mu\text{m}$ , e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104  $\mu\text{m}$ . .....42

Figura 11 – Difratoograma da Amostra 4 do Furo 5 mostrando que a mineralogia é composta por hematita, goethita e montroseite..... 44

Figura 12 - Difratoograma da Amostra 6 do Furo 6 mostrando que a mineralogia é composta por goethita, hematita, montroseite, titanomaghemite e magnetita. ....45



## Lista de Tabelas

Tabela 1– Escala Granulométrica .....	16
Tabela 2 – Tabela Granuloquímica do Furo 1.....	34
Tabela 3 – Amostras x Minerais Identificados x Teor Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> relacionados ao Furo 1 .....	46
Tabela 4 - Amostras x Minerais Identificados x Teor Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> relacionados ao Furo 2.....	47
Tabela 5 - Amostras x Minerais Identificados x Teor Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> relacionados ao Furo 3.....	48
Tabela 6 - Amostras x Minerais Identificados x Teor Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> relacionados ao Furo 4.....	48
Tabela 7 - Amostras x Minerais Identificados x Teor Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> relacionados ao Furo 5.....	49
Tabela 8 - Amostras x Minerais Identificados x Teor Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> relacionados ao Furo 6.....	50

## Lista de Anexos

Anexo 1 - Tabelas Granuloquímicas.....	56
Anexo 2 - Difratoqramas de Raios-X.....	61
Anexo 3 - Tabela de Minerais .....	76

## Sumário

1	- Introdução .....	11
2	- Objetivo e Relevância.....	13
	Objetivo Geral .....	13
	Objetivos específicos.....	13
3	- Revisão da Literatura .....	14
	Prospecção de Detalhe .....	19
	Sondagem de Circulação Reversa .....	23
4	- Metodologia .....	30
5	- Resultados e Discussão.....	35
6	- Conclusões .....	52
7	- Referências Bibliográficas .....	54
8	- Anexos .....	55

# 1 - Introdução

---

O minério de ferro é um bem mineral importante para a economia mundial, e tem sido cada vez mais requisitado para atender o crescimento global, é também o terceiro produto mais exportado pelo Brasil totalizando, no ano de 2021, um valor corrente de negociações no comércio exterior de US\$ Milhões 454.996,8 (BUENO, 2023). Devido a alta demanda atual por esses produtos e que os mesmos são derivados de matéria-prima finita, é de se esperar que os depósitos fiquem cada vez mais escassos e empobrecidos, aumentando a importância de estudos que entendam melhor os minérios de baixo teor e o seu processo de caracterização, com intuito de se obter uma melhor rota de processamento e por fim, um concentrado com teores de impurezas cada vez menores.

Na natureza, cada depósito tem sua particularidade, como composições mineralógicas, granulometria e texturas diferentes. É possível que em um mesmo depósito se encontrem variedades de minérios, além de contrastes como variação de teor, textura, alteração intempérica e/ou hidrotermal, e todas essas divergências fazem com que os processos tecnológicos adequados para certo tipo de minério não sejam adequados para outra ocorrência similar. Assim, justifica-se uma caracterização aprofundada e detalhada para cada depósito.

O depósito estudado é chamado de Alvo Facheiro e situa-se na porção norte do Estado da Bahia, posicionado no Cráton do São Francisco (ALMEIDA, 1977), mais precisamente, no Bloco Gavião Norte (BARBOSA *et al.* 2012), região limítrofe com a Faixa de Dobramentos Riacho do Pontal, fazendo parte da Província Metalogenética do Norte do Estado da Bahia. Entende-se que o arcabouço geológico de tal área-alvo é propício para diversos tipos de mineralizações, incluindo ferro.

A avaliação integrada dos resultados obtidos no programa de pesquisa mineral, através do uso de diversas ferramentas prospectivas, proporcionou a definição de um recurso medido e indicado total em 18,24 Mt com 27,94% Fe para o Alvo Facheiro, dados obtidos com análises químicas feitas por fluorescência de raios x

portátil.

A associação dos recursos declarados com a forma do depósito, as características do relevo e a localização espacial dos corpos mineralizados, permitiu a visualização do desenvolvimento de uma lavra a céu aberto, favorecendo a exequibilidade econômica. Esse trabalho pretende aprofundar o conhecimento sobre o depósito, fazendo uma caracterização granuloquímica e mineralógica do Minério de Ferro do Alvo Facheiro, de forma a contribuir para um posterior estudo de aproveitamento e concentração desse minério.

## 2 - Objetivo e Relevância

---

### Objetivo Geral

Caracterizar o minério de ferro do Alvo Facheiro através da integração das técnicas de análises químicas, mineralógica e granulométrica, além de associar e correlacionar os dados obtidos com resultados litológicos.

A caracterização bem elaborada e bem realizada permite entender o possível comportamento dos minerais frente às etapas de processamento, bem como prever problemas prováveis ou dificuldades encontradas durante o processo.

### Objetivos específicos

- Análise de trinta amostras de minério de ferro, por técnicas instrumentais;
- Análise química das amostras por faixas granulométricas;
- Identificar os minerais presentes no minério por difratometria de raios X (DRX);
- Comparar e consolidar os resultados obtidos nas técnicas analíticas instrumentais;

### 3 - Revisão da Literatura

---

Para o estudo em questão, foi selecionada a área de ferro com nome Alvo Facheiro, a qual já existam dados exploratórios: mapa geológico, dados de furos de sondagem, análises químicas dos furos, bem como a descrição litológica dos testemunhos de sondagem metro por metro. Sendo assim, a partir dos dados litológicos dos furos, foram selecionados 30 intervalos pertencentes aos sete furos existentes para integrar a pesquisa. Todas as amostras selecionadas são de intervalos descritos como minério de ferro.

Sabendo-se que o método de coleta de amostras da sondagem rotativa de circulação reversa foi feita a cada metro perfurado e gerou amostras cominuídas a diferentes granulometrias, durante o processo já foram quarteadas, separadas e acondicionadas em sacos plásticos e caixas de testemunhos; a separação das amostras para o estudo, em questão, se iniciou com a avaliação da descrição dos *log's* de sondagem resultando na seleção dos intervalos identificados como minério, totalizando trinta amostras.

Após a seleção das amostras, iniciou-se o processo de separação por tamanho, sendo determinado por peneiramento a seco. A determinação das faixas de tamanho das partículas foi feito por meio de uma série de aberturas de peneiras.

Existem algumas series de aberturas de peneiras, as mais conhecidas são as de Tyler e Richards que foram relacionadas ao número de malhas (mesh) que representa o número de aberturas de uma mesma dimensão contido num comprimento de 25,4 mm. A escala ISO (*International Standard Opening*) adotou como abertura de referência 1 mm, que corresponde a 18 malhas (mesh), e como razão de escala  $(r) 2 = 1,414$ . Na Tabela 1 são apresentadas as escalas Tyler, Richards e ISO e suas associações com o número de malhas (mesh).

Para o trabalho, definiram-se seis faixas granulométricas utilizando peneiras com aberturas de 1651, 417, 180, 147 e 104  $\mu\text{m}$ , a definição foi balizada pela disponibilidade de peneiras do Laboratório de Preparação de Amostras da

Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM e de forma que se alcançassem tamanhos que atingissem liberação mineral suficiente para o estudo mineralógico. Todas as frações foram analisadas quimicamente.

A caracterização química foi feita por fluorescência de raios-x com fusão por tetraborato de lítio. O equipamento utilizado foi o espectrômetro da marca *Philips*, modelo PW1480. Esta análise foi realizada no Laboratório SGS - GEOSOL – MG.

A caracterização mineralógica ficou por conta de análises por difratometria de raios-x com as amostras de tamanho 147  $\mu\text{m}$ . Foi escolhida essa fração, por saber que o p80 da moagem da Bamin é 0,160 mm, considerando que é uma empresa que explora minério de ferro também no Estado da Bahia, foi considerada uma boa comparação para o estudo em questão.



Tabela 1– Escala Granulométrica

Escala Tyler $r = \sqrt{2} = 1,414$ $a_0 = 74 \mu\text{m}$		Escala Richards $r = \sqrt[4]{2} = 1,19$ $a_0 =$ 1,0 mm = 18 malhas			Escala ISO
Malhas	mm	Malhas	mm	polegadas	Malhas
3	6,680	3	6,35	0,250	3 ½
4	4,699	3 ½	5,66	0,223	
		4	4,77	0,187	5
6	3,327	5	4,00	0,157	
		6	3,36	0,132	7
8	2,362	7	2,83	0,111	
		8	2,38	0,0937	10
10	1,651	10	2,00	0,0787	
		12	1,68	0,0661	14
14	1,168	14	1,41	0,0555	
		16	1,19	0,0469	18 (Base)
		18	1,00	0,0394	
20	0,833	20	0,841	0,0331	25
		25	0,707	0,0278	
28	0,589	30	0,595	0,0234	35
		35	0,500	0,0197	
35	0,417	40	0,420	0,0165	45
		45	0,354	0,0139	
48	0,295	50	0,297	0,0117	60
		60	0,250	0,0098	
65	0,208	70	0,210	0,0083	80
		80	0,177	0,0070	
100	0,147	100	0,149	0,0059	120
		120	0,125	0,0049	
150	0,104	140	0,105	0,0041	170
		170	0,088	0,0035	
200 (Base)	0,074	200	0,074	0,0029	230
		230	0,063	0,0025	
270	0,053	270	0,053	0,0021	325
		325	0,044	0,0017	
400	0,038	400	0,037	0,0015	

Fonte: NEUMANN et. Al., 2004

## **PRINCÍPIOS DA DIFRAÇÃO DE RAIOS X**

A difração de raios X resulta de um processo em que os raios X são dispersos pelos elétrons dos átomos componentes de um material, sem mudança de comprimento de onda, sendo obedecidas certas condições geométricas.

Ao atingirem um material, os raios X podem ser espalhados sem perda de energia pelos elétrons dos átomos (dispersão coerente ou de Bragg). Após colidirem com o material, os raios X mudam a sua direção de propagação, porém, mantêm o comprimento de onda da radiação incidente (KAPLAN, 1978; JENKINS e SNYDER, 1996). Nessa colisão, um elétron de um átomo, influenciado pelos raios X, é excitado pelo campo elétrico flutuante, tornando-se uma fonte de ondas eletromagnéticas de mesma frequência e mesmo comprimento de onda que os raios X incidentes, assim, o elétron dispersa o feixe incidente. Entretanto, quando tais dispersões (reflexões) são geradas por elétrons de um conjunto de átomos arranjados de maneira sistemática dispostos em planos atômicos, como em uma estrutura cristalina, pode-se observar que as ondas refletidas por dois ou mais planos entram em fase apresentando interferências construtivas periodicamente. Nesta condição tem-se um feixe difratado (CULLITY, 2001).

## **DIFRATÔMETRO DE RAIOS X**

Os instrumentos tradicionais de medida da DRX são os difratômetros com análises pelo método do pó ou com câmaras de monocristais acopladas, sendo que as últimas são utilizadas apenas em certas situações, por exemplo, quando a disponibilidade de amostra é crítica e, principalmente, em estudos específicos para a determinação de parâmetros cristalográficos (ANTONIASSI, 2010; FORMOSO, 1984).

Esse estudo foi realizado pelo Laboratório de Tecnologia Mineral – Raios X que é parte integrante do Complexo Laboratorial de Preparação e Análise de

Amostras de Geociências (LAPAG) do Instituto de Geociências / UFBA. O aparelho utilizado foi um Difratorômetro de Raios X (DRX) *BRUKER AXS*, modelo *D2 PHASER* (Fotografia 1), para análise de fases em estudos de materiais. Energia: 8 Kev/ 30 KV máxima/corrente: 10mA. Os difratogramas gerados foram analisados em programa de Análises Qualitativas e suas fases separadas com a utilização do programa *DIFFRAC EVA* e Análise Quantitativa com a utilização do programa *DIFFRAC TOPAS*. O método é capaz de identificar fases minerais ou da estrutura cristalina de substâncias inorgânicas sintéticas; determinar parâmetros cristalinos; identificar e estudar de fases minerais; estudar alteração e a mineralogia das zonas de oxidação; determinar a composição normativa de solos, sedimentos e rochas sedimentares; e, identificar e quantificar fases minerais em rocha.



Fotografia 1 - Difratorômetro de Raios X (DRX) *BRUKER AXS*, modelo *D2 PHASER*

## **CARACTERIZAÇÃO DE MINERAIS**

A caracterização de uma amostra é feita por meio da comparação de seu difratograma com padrões de referência, disponíveis em bancos de dados de DRX. Bancos de dados contendo informações cristalográficas, tais como distâncias interplanares e as intensidades difratadas normalizadas (relativas a 100%) para os vários planos hkl que difratam construtivamente os raios X. Esses dados são mantidos continuamente atualizados pelo *International Centre for Diffraction Data*

(ICDD), antigo JCPDS, sediado nos EUA, juntamente com outros órgãos colaboradores (GOBBO, 2009). Atualmente, microcomputadores munidos de sistemas automáticos de busca são utilizados no processo de identificação de materiais cristalinos por DRX. Neste procedimento, os picos mais intensos de cada composto cristalino presente no banco de dados são comparados aos picos do difratograma da amostra. A coincidência de valores, ou a quase coincidência, leva a identificação do mineral (KAHN, 2000).

As intensidades relativas dos picos, por outro lado, são muito afetadas por orientação preferencial na preparação das amostras, pela superposição de picos de diferentes fases, pela variação da composição dos minerais, e por outros fatores. Além disto, a intensidade (e a largura dos picos) depende muito da cristalinidade das fases.

O processo de identificação foi feito de maneira manual, comparando-se os picos das amostras com o banco de dados do aparelho DRX utilizado.

Os difratogramas de raios X foram obtidos utilizando radiação  $\text{CuK}\alpha$  com comprimento de onda  $\lambda = 1,54184 \text{ \AA}$  e monocromador. Os ensaios foram realizados em um intervalo angular de varredura em  $2\theta$  de  $10^\circ$ - $80^\circ$ . As medições foram realizadas à temperatura ambiente em modo contínuo de varredura, com passo angular de  $0,014^\circ$  e tempo de contagem de 0,350 segundos. Foi empregado um porta amostra de PMMA do tipo *spinner* para minimizar o efeito de direção preferencial. A tensão e corrente utilizadas nos ensaios foram 30 kV e 10 mA, respectivamente. O ângulo de abertura da janela do feixe incidente (*Div slit fixed*) foi de 0,6mm para todos os casos.

## Prospecção de Detalhe

Aqui serão apresentados dados obtidos pelos projetos de pesquisa da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral em seus trabalhos de prospecção, disponíveis em relatórios internos e relatórios apresentados à Agência Nacional de Mineração - ANM.

O alvo em questão compreende uma área de 869,01 ha, localizado na região limítrofe dos estados da Bahia e Piauí, e dista aproximadamente 11 km do povoado de Lagoa do Alegre, município de Casa Nova-Ba.

A fisiografia local é caracterizado por um relevo residual do pediplano sertanejo formado por uma encosta escarpada de cumeeira estreita, seguida por um flanco de menor inclinação, até um vale anticlinal, morfologicamente designado como um *hogback*, típico de camadas com dobras de grande curvatura e inclinações divergentes para o exterior, formando uma estrutura resultante do tipo domo.

O mapeamento geológico (Figura 3) identificou 7 tipos litológicos, distribuídos da base para topo conforme descrição a seguir:

- Biotita-Granito-Gnaiss: Ocorrem como afloramentos nos vales e em alguns trechos das encostas, são rochas cinza esbranquiçadas, granulação fina a média, quase sempre foliada, por vezes xistosas a depender da concentração de micas, exibem quase sempre bandamento gnáissico com alternância de bandas centimétricas a métricas de caráter félsico, compostas por quartzo e plagioclásio, e, máfico essencialmente biotíticas com relíquias de anfibólios. O magnetismo é ausente.
- Anfibolito: Ocorrem principalmente nas porções leste e oeste da área mapeada. São rochas cinza esverdeadas, tem aspecto xistoso e formados basicamente por tremolita-antofilita e subordinadamente grunerita-cumingtonita, com magnetismo nulo ou fraco. São classificados em Anfibolito e Anfibolito com Calcita como pode ser visto na figura 3.
- Rochas Calcissilicáticas: Ocorrem de forma restrita entre os anfibolitos e as formações ferríferas na porção oeste da área mapeada, são de cor verde a cinza, granulação fina com aspecto xistoso, composta essencialmente por, tremolita, quartzo e calcita, com magnetismo fraco a ausente.
- Formação Ferrífera Bandada: Ocorrem em formas de lentes com largura aparente aflorante que podem variar de 10 a 200m, são rochas cinza-avermelhadas a vermelho-amarronzadas, compostas essencialmente por quartzo, magnetita e cummingtonita-grunerita. De maneira geral são maciças, compactas e com presença de bandamento milimétrico a decimétrico marcados por óxido/anfibólio de ferro e sílica. O metamorfismo é da fácies xisto verde alto a anfibolito médio, e tem como minerais índices principais a cummingtonita, grunerita e tremolita. Podem ser

subdivididas em duas fácies principais: as ricas e as pobres em anfibólio. O magnetismo muito forte a moderado, o ultimo, quando em estado de alteração avançado. São classificadas em Formações Ferríferas Bandadas, Formações Ferríferas Anfibolitizadas e colúvio de formação ferrífera bandada.

- Magnetitito: Se restringe a um pequeno afloramento na porção oeste do alvo, ocorre como um bolsão na formação ferrífera, sua gênese provavelmente esta ligada a um processo de concentração de um fluido hidrotermal rico em ferro. É uma rocha compacta, preta metálica, composta essencialmente por magnetita, com bordas martitizadas. São encontrados blocos rolados desta litologia formando um *trend* norte-sul e separados como visto na figura 3.
- Silexito: Ocorrem em todas as partes da área mapeada, principalmente em zonas de charneira (plano axial) e de intenso fraturamento. São fruto de hidrotermalismo (silicificação) de baixa temperatura, por meio da ação de água meteórica percolada em zonas de alívio de pressão que atingem o conjunto litológico. São geralmente de cor cinza amarelada a ocre, por vezes com tons avermelhados a marrom escuro, a depender do tipo de rocha original, observa-se quase sempre uma massa de sílica criptocristalina, calcedônia, com relíquias de anfibólios e magnetita martitizada. Nas formações ferríferas é possível verificar ainda, vestígios do bandamento original.
- Cobertura coluvionar: Ocorre desde a meia encosta ate as áreas planas, são de baixa espessura de 0,5 a 5m e compostas de seixos a grandes blocos das diferentes litologias. Sua ocorrência acaba por encobrir os contatos, sendo estes apenas inferidos a partir do posicionamento dos principais afloramentos. Foi identificado na região, mas não na área da figura 3.

## MAPA GEOLÓGICO ALVO FACHEIRO

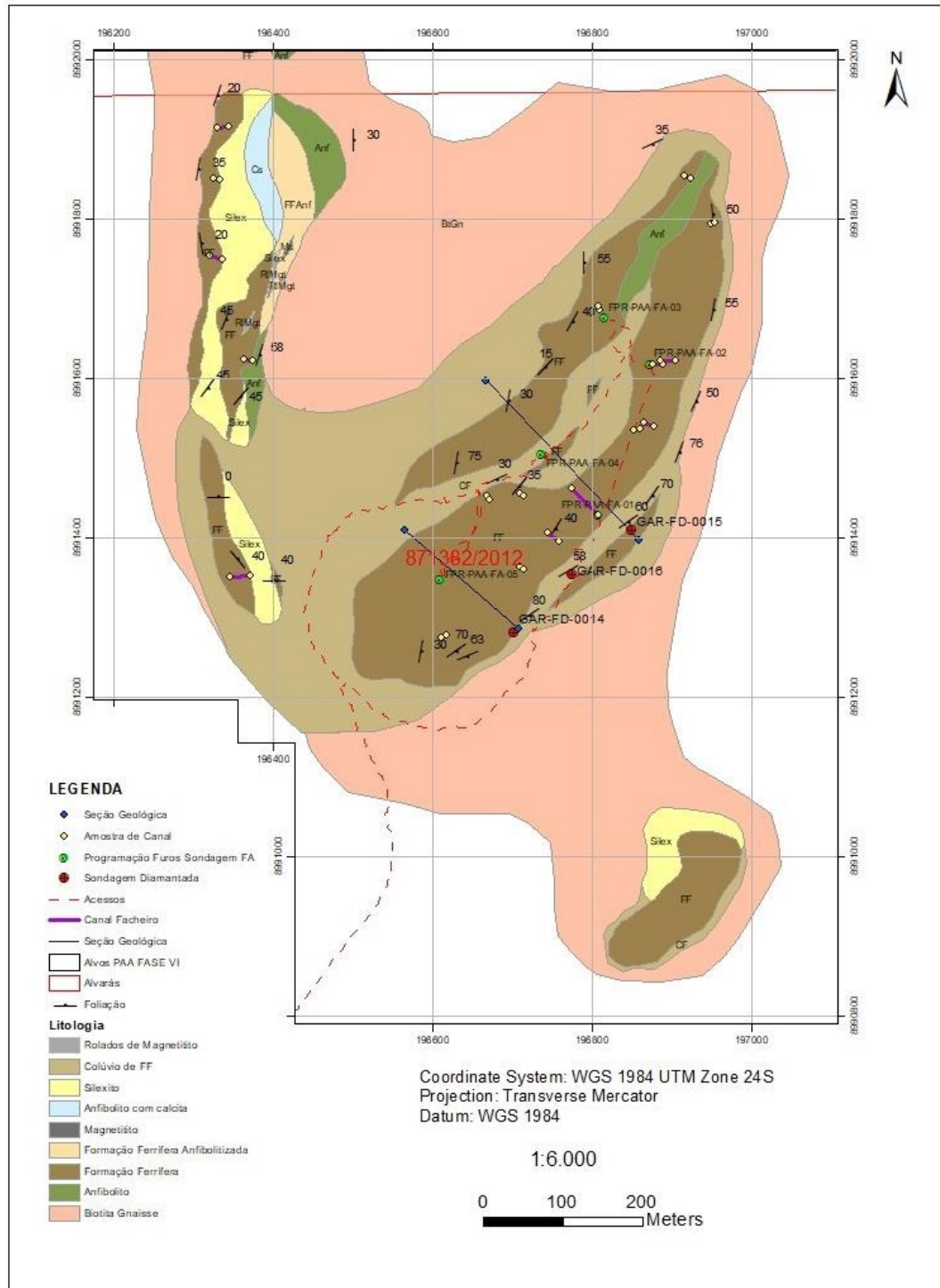


Figura 1 - Mapa geológico de detalhe do Alvo Facheiro, mostrando as sete unidades geológicas encontradas e subunidades relacionadas

Estruturalmente o alvo facheiro é representado por uma dobra de ordem regional em formato de “S”, com plano axial no *trend* NE-SW, marcado por um vale aprofundado de direção aproximada azimute 025°, com flancos mergulhando para SE. Especificamente trata-se de uma dobra isoclinal, reclinada com vergência para NW, plungeando para SW.

O flanco W é representado por uma estreita crista de formação ferrífera, intercalada com anfibolitos e calcissilicáticas, de aproximadamente 30m de espessura em planta, com mergulhos variando de 30 a 60° para SE.

O flanco E é representado por um corpo de formação ferrífera com aproximadamente 250m de largura aparente em planta. A partir das atitudes coletadas em campo foi possível inferir a existência de uma sequência de dobras assimétricas, formadas por um sinclinal e um anticlinal com planos mergulhando para SE, e com aumento do ângulo de mergulho das camadas variando de W para E.

## Sondagem de Circulação Reversa

### **ABERTURA DE PRAÇAS E ACESSOS**

A abertura das praças e dos acessos foi realizada de maneira associada à equipe de sondagem, acompanhada por técnicos do projeto, e totalizou 7 praças abertas através de trator de esteira, com o objetivo de permitir a instalação da sonda para a realização das perfurações.

### **PERFURAÇÃO E AMOSTRAGEM FÍSICA DOS TESTEMUNHOS**

As perfurações foram executadas pelo sistema de circulação reversa (RCD – *Reverse Circulation Drilling System*), que utiliza o ar como fluido de perfuração, em conjunto com martelos pneumáticos e bits de perfuração. É conhecido como um sistema robusto, sem complicações e altamente eficiente.



Ao todo foram realizados 7 furos, com profundidades variando entre 80 e 120m, totalizando 688 metros.

Foram coletadas 688 amostras nos 7 furos de sondagem realizados no Alvo Facheiro. A execução da amostragem obedeceu aos seguintes critérios: as amostras expelidas pela sonda rotopercussiva foram coletadas por meio de *bags* acoplados ao ciclone; cada amostra é separada em 2 alíquotas, o *bag* maior de aproximadamente 20kg para arquivo e outro menor em torno de 2kg para análise química.

As amostras foram enumeradas e etiquetadas, seguindo o protocolo de amostragem da CBPM, e enviadas para análise química de varredura, com especial atenção para o rastreamento e detecção dos teores de ferro e dos contaminantes, visando qualificar as informações.

### **DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DOS TESTEMUNHOS E ANÁLISE QUÍMICA**

As amostras foram descritas nas caixas de furo (Fotografia 2), em detalhe, observando a variação de cor, textura e minerais presentes. Os fragmentos maiores de rocha recuperados foram descritos com mais detalhe, na medida do possível, e, conseqüentemente, a mineralogia associada foi determinada.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas para a preparação física e análise multielementar, por meio de pacotes analíticos do laboratório: ICP-14B, digestão em água régia - ICP e análise de 37 elementos; *Fire Assay*, para determinação de ouro, platina e paládio, por ICP com fusão de 50g; e Fluorescência de Raios X, para dosagem dos teores dos óxidos P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, TiO<sub>2</sub> e V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



Fotografia 2 - Caixa de testemunho de sondagem de circulação reversa.

### **MODELAGEM DA ZONA MINERALIZADA**

O modelo da zona mineralizada foi concebido englobando os aspectos de teores de ferro, relacionados aos corpos de ferruginosos de itabirito anfíbolítico e itabirito anfíbolítico silicificado, que foram descritos e analisados nas amostras de furos de circulação reversa (Figuras 2 e 3), foram os mesmos corpos utilizados para a caracterização granulométrica.

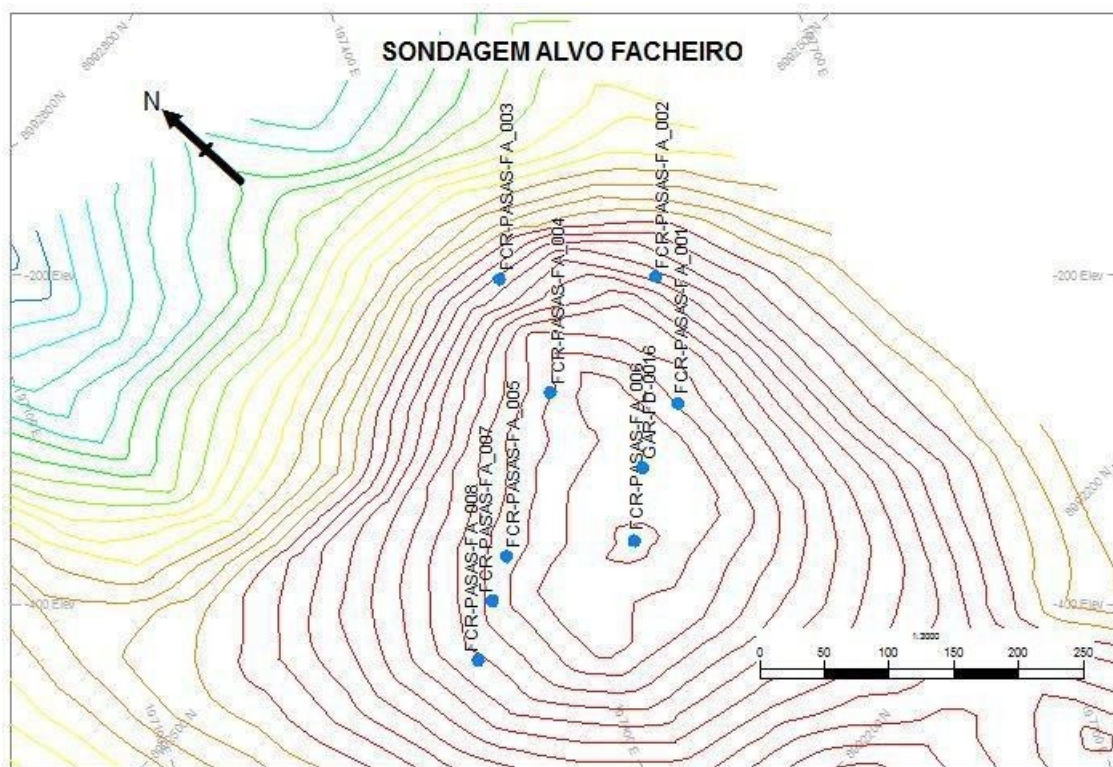


Figura 2 - Posicionamento em mapa dos furos realizados no Alvo Facheiro.

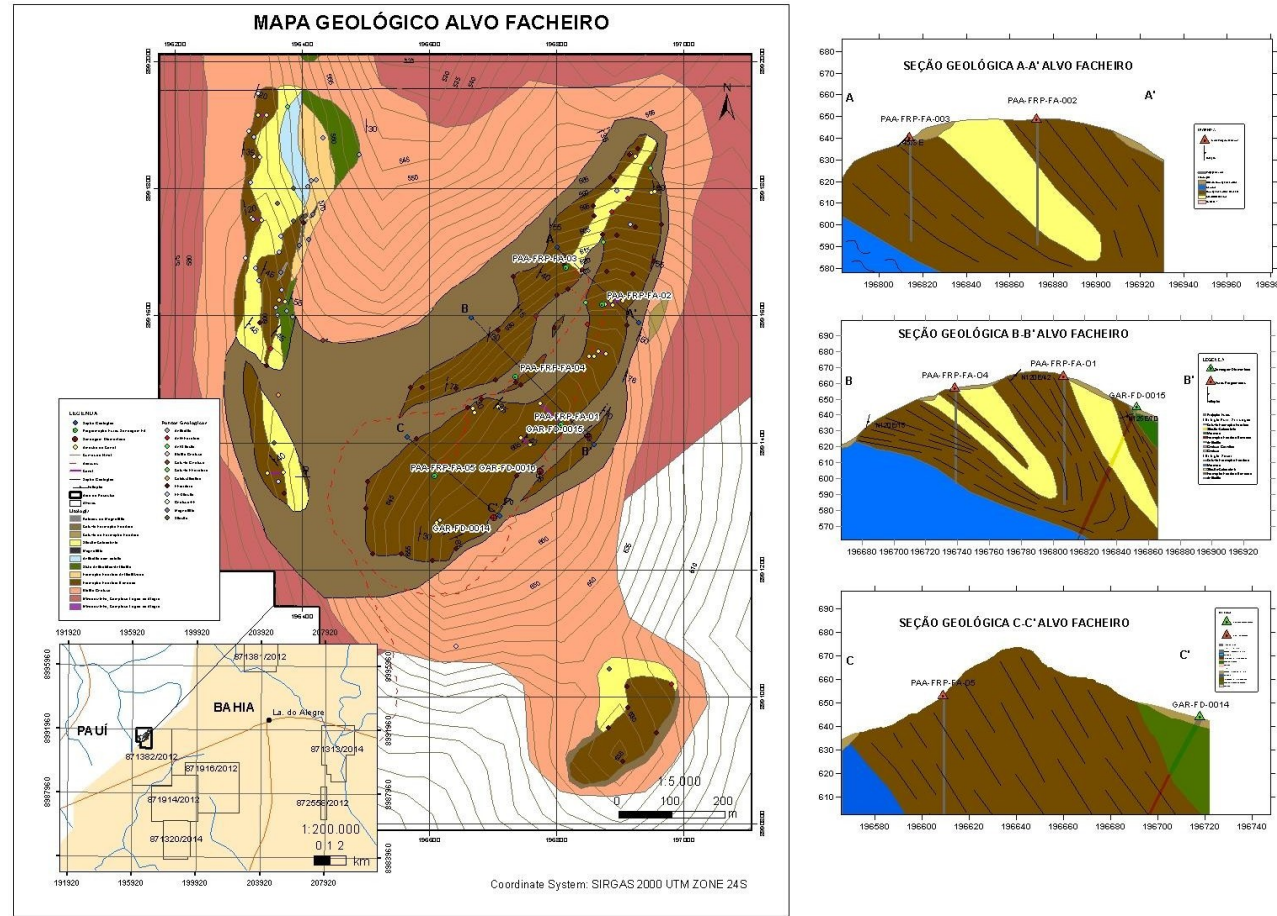


Figura 3 - Mapa e Seções Geológicas do Alvo Facheiro.

## MODELO DE MINERALIZAÇÃO

O modelo da zona mineralizada para o Alvo Facheiro foi construído em função dos contatos litológicos do itabirito anfíbolítico e itabirito anfíbolítico silicificado e encaixantes, combinados com os teores de ferro. O modelamento abrangeu os dados armazenados nas tabelas *Litho* e *Assay*, nos campos *ZONE* e *Fe%* respectivamente.

As seções verticais (Figura 4) foram interpretadas com os dados de litologia e dos teores das amostras coletadas dos furos e através do recurso *snap point* foi garantido que os polígonos gerados em cada seção vertical ficassem amarrados, principalmente, aos dados litológicos, compondo o sólido do corpo mineralizado.

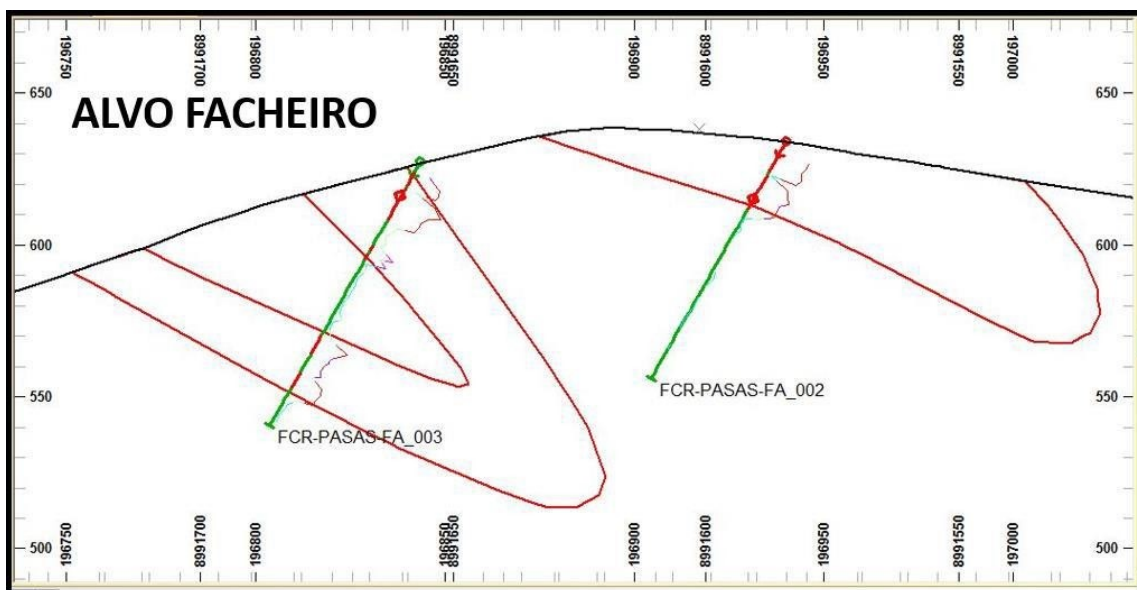


Figura 4 - Seções com informações combinadas de litologia descrita e os teores de Fe.



O sólido final (Figura 5) representativo da zona mineralizada possui volume de 7,02 milhões de metros cúbicos para o alvo Facheiro.

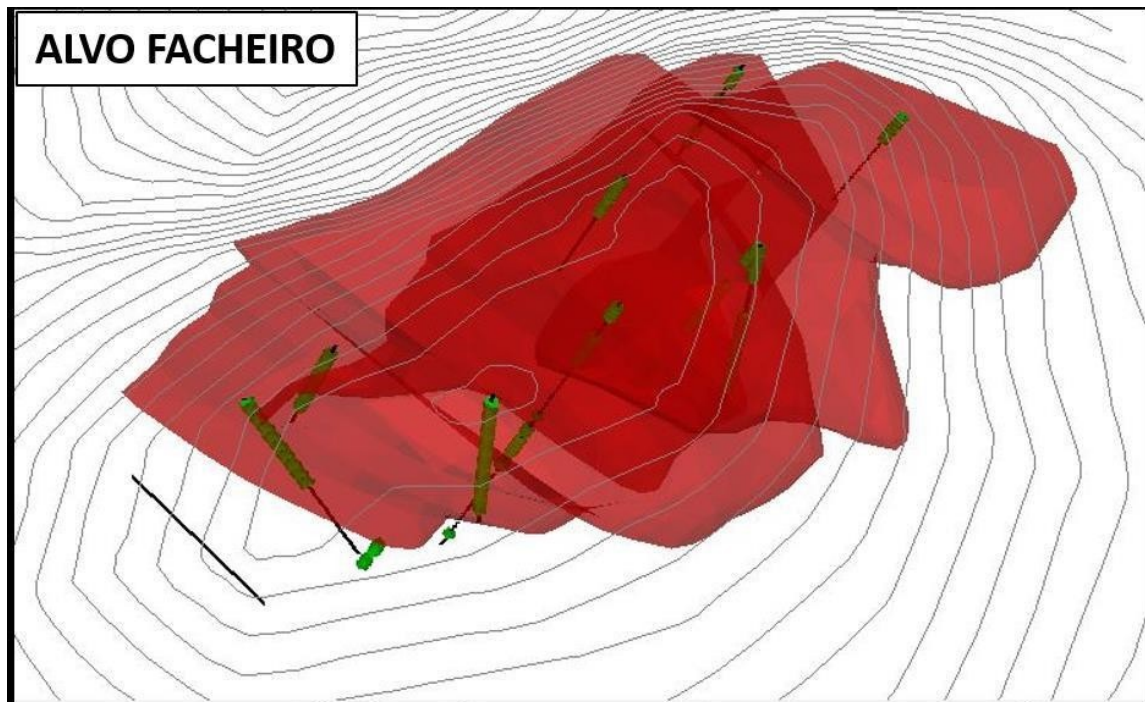


Figura 5 - Visão em 3D dos furos e dos sólidos representantes dos corpos de minério do Alvo Facheiro.

## 4 - Metodologia

---

A caracterização mineralógica de um minério determina e quantifica toda a assembleia mineralógica, define quais são os minerais de interesse e de ganga bem como quantifica a distribuição dos elementos úteis entre os minerais de minério. Além disso, estuda as texturas da rocha, definindo o tamanho de partícula necessário para liberação do(s) mineral(is) de interesse dos minerais de ganga, e ainda define diversas propriedades físicas e químicas destes minerais, gerando informações potencialmente úteis na definição das rotas de processamento (Neumann et.al,op.cit.).

Com a definição dos intervalos das amostras, selecionados a partir da descrição dos furos de sondagem, foram coletadas alíquotas que variaram entre 1 kg e 3,880 kgs a depender do tamanho do intervalo considerado, pesadas quando secas em balança Brsilmac Filizola (Fotografia 3) e foram submetidas a processo de secagem quando necessário em estufa como pode ser visto na fotografia 4.

Então as amostras passaram para o processo de separação por tamanho, via peneiramento, utilizando série Tyler de peneiras com aberturas 1651, 417, 180, 147 e 104  $\mu\text{m}$  em mesa vibratória Casa do Laboratório (Fotografia 5).

Todos esses procedimentos foram realizados no Laboratório de Preparação de Amostras da empresa Companhia Baiana de Pesquisa Mineral – CBPM.



Fotografia 3 - Balança



Fotografia 4 - Estufa para secagem de amostras





Fotografia 5 - Mesa vibratória e série de peneiras

## **GRANULOQUÍMICA**

Ao final da separação granulométrica, cada amostra foi dividida em 6 frações granulométricas, cada fração foi pesada e quando não atingia o peso solicitado para realização de análises químicas pelo Laboratório SGS GEOSOL, eram unificadas com amostra retida na peneira superior. Todas as frações foram enviadas para análises químicas dos elementos Hg, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe, CaO, MgO, TiO<sub>2</sub>, P, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Mn e LOI (Tabela 2 e Anexo 1).

Os resultados das análises estão descritos por furo e representados sob a forma de gráficos apresentados no capítulo a seguir.

Tabela 2 – Tabela Granuloquímica do Furo 1

Amostra	Malha Tyler	Abertura (µm)	% Retida	% Retida Acumulada	Hg	SiO2	Al2O3	Fe	Fe2O3	CaO	MgO	TiO2	P	Na2O	K2O	V2O5	Mn	LOI	Σ Soma
LA-FA1-01A	10	1651	21,34	21,34	<0,05	55,3	0,43	28,6	40,88942	0,36	0,46	<0,01	0,014	<0,1	0,02	<0,01	0,21	2,39	100,07
LA-FA1-01B	35	417	19,82	41,16	<0,05	55,5	0,66	29,4	42,03318	0,25	0,35	0,02	0,015	<0,1	0,03	<0,01	0,26	2,55	101,65
LA-FA1-01C	80	180	15,24	56,40	<0,05	48,3	0,7	34,2	48,89574	0,22	0,34	0,02	0,013	<0,1	0,03	<0,01	0,2	2,45	101,15
LA-FA1-01D	100	147	8,23	64,63	<0,05	47,5	0,81	33,2	47,46604	0,28	0,36	0,02	0,014	<0,1	0,02	<0,01	0,16	2,69	99,30
LA-FA1-01E	150	104	8,54	73,17	<0,05	49,8	0,96	31,3	44,74961	0,37	0,48	0,01	0,017	0,11	0,03	<0,01	0,18	3,26	99,85
LA-FA1-01F			16,77	89,94	<0,05	50	1,09	31	44,3207	0,41	0,6	0,02	0,021	<0,1	0,05	<0,01	0,24	4,1	100,83
LA-FA1-02A	10	1651	8,00	8,00	<0,05	53	0,79	24,3	34,74171	3,02	2,8	0,03	0,01	<0,1	0,06	<0,01	1,9	2,44	98,76
LA-FA1-02B	35	417	8,00	16,00	<0,05	49,8	1,2	25,1	35,88547	2,66	2,5	0,02	0,01	<0,1	0,08	<0,01	2,1	3,55	97,79
LA-FA1-02C	80	180	17,33	33,33	<0,05	41,2	1,32	31,6	45,17852	4,42	3,88	0,05	0,009	0,16	0,07	<0,01	1,01	2,43	99,52
LA-FA1-02D	100	147	31,33	64,67	<0,05	43,2	1,37	29,1	41,60427	5,23	4,85	0,03	0,006	0,19	0,09	<0,01	0,94	2,26	99,55
LA-FA1-02E	150	104	14,67	79,33	<0,05	43,1	1,32	28,6	40,88942	5,26	4,7	0,03	0,008	0,19	0,06	<0,01	0,9	2,41	98,65
LA-FA1-02F			8,00	87,33	<0,05	43	1,22	28,4	40,60348	5,15	4,58	0,02	0,007	0,15	0,06	<0,01	0,92	2,28	97,82
LA-FA1-03A	10	1651	20,27	20,27	<0,05	59,4	0,46	24,4	34,88468	0,13	0,3	<0,01	0,015	<0,1	0,04	<0,01	0,89	3,6	99,72
LA-FA1-03B	35	417	21,62	41,89	<0,05	58,6	0,84	24,4	34,88468	0,12	0,29	0,01	0,018	<0,1	0,09	<0,01	1,3	3,9	100,04
LA-FA1-03C	80	180	16,89	58,78	<0,05	55,3	1,03	26,8	38,31596	0,17	0,36	0,02	0,017	<0,1	0,15	<0,01	1,08	3,79	100,21
LA-FA1-03D	100	147	1,35	60,14	<0,05	55	1,17	26	37,1722	0,33	0,57	0,01	0,017	<0,1	0,14	<0,01	0,88	3,72	99,00
LA-FA1-03E	150	104	6,76	66,89	<0,05	54,6	1,11	25,9	37,02923	0,35	0,6	<0,01	0,017	0,1	0,12	<0,01	0,84	3,74	98,41
LA-FA1-03F			18,24	85,14	<0,05	55	1,09	25	35,7425	0,41	0,66	<0,01	0,018	0,14	0,08	<0,01	0,88	4,18	98,06
LA-FA1-04A	10	1651	32,61	117,74	<0,05	67,6	0,18	18,8	26,87836	0,69	1,29	<0,01	0,02	<0,1	0,02	<0,01	0,48	2,29	99,45
LA-FA1-04B	35	417	28,99	146,73	<0,05	67,5	0,36	19,5	27,87915	0,63	1,22	<0,01	0,025	<0,1	0,04	<0,01	0,66	2,6	100,91
LA-FA1-04C	80	180	23,19	169,92	<0,05	62,5	0,64	20,6	29,45182	0,76	1,47	<0,01	0,029	<0,1	0,07	<0,01	0,74	3,22	98,88
LA-FA1-04D	100	147	3,33	173,25	<0,05	59,4	0,63	23,1	33,02607	0,78	1,55	<0,01	0,029	<0,1	0,06	<0,01	0,75	2,88	99,11
LA-FA1-05A	10	1651	12,47	12,47	<0,05	52,3	<0,1	29,8	42,60506	0,66	2,45	<0,01	0,019	<0,1	0,01	<0,01	0,18	0,31	98,53
LA-FA1-05B	35	417	8,31	20,78	<0,05	50,8	0,6	30,6	43,74882	0,76	2,69	<0,01	0,018	<0,1	0,14	<0,01	0,21	0,81	99,78
LA-FA1-05C	80	180	14,55	35,32	<0,05	49,4	0,43	30,4	43,46288	0,91	3,9	<0,01	0,008	<0,1	0,12	<0,01	0,22	-0,11	98,34
LA-FA1-05D	100	147	7,53	42,86	<0,05	52,2	0,21	29,4	42,03318	0,95	3,95	<0,01	0,013	<0,1	0,03	<0,01	0,23	-0,4	99,22
LA-FA1-05E	150	104	14,55	57,40	<0,05	51,9	0,15	29,6	42,31912	0,94	4,16	<0,01	0,011	<0,1	0,03	<0,01	0,23	-0,36	99,38
LA-FA1-05F			33,77	91,17	<0,05	50,9	0,14	29,8	42,60506	1,03	4,33	<0,01	0,018	<0,1	0,02	<0,01	0,24	-0,42	98,86

## 5 - Resultados e Discussão

---

A caracterização de minérios é uma etapa fundamental para o aproveitamento de um recurso mineral de forma otimizada, pois fornece os subsídios mineralógicos e texturais necessários ao correto dimensionamento da rota de processo, ou permite identificar, com precisão, ineficiências e perdas em processos existentes, possibilitando a otimização do rendimento global de uma planta (Neumann *et. al.* 2004).

Com base nas descrições litológicas dos furos de sondagem, foram selecionadas as amostras de minério de ferro de cada furo, então para cada furo foram separados de dois a sete intervalos identificados como itabiritos. Para a caracterização em si, utilizou-se apenas os intervalos de minério, que é o ponto de interesse do trabalho, e a informação de profundidade de cada amostra foi considerada para se tentar fazer alguma análise com base na profundidade do corpo de minério.

- No Furo Um, observou-se que as amostras 1 e a 2 apresentam um teor mais alto de ferro chegando a 48,9% de  $Fe_2O_3$ , sendo descritas como itabirito anfíbolítico friável e correspondem ao intervalo de 1 a 21 metros de profundidade do corpo; as próximas amostras, tanto a 3 quanto a 4 apresentaram uma queda de teor indicando que pode ser uma fácies menos rica do itabirito, na descrição litológica da amostra 3 foi identificada que é uma rocha de coloração acastanhada e rica em grunerita e calcedônia que pode justificar a queda do teor, e a amostra 4 é descrita como itabirito anfíbolítico friável silicificado, que também justifica a queda de teor; por fim, a amostra 5, mostra uma elevação no teor, similar às primeiras amostras, mostrando uma fácies mais rica em ferro e é descrita como itabirito anfíbolítico compacto. As amostras coletadas para esse estudo variaram de 1 a 112 metros de profundidade e os teores médios variaram de 29,31%, para as amostras silicificadas, a 44,73% para a amostra mais enriquecida, sendo o teor médio total das amostras de 38,6% de  $Fe_2O_3$  (Figura 6).

- No Furo Dois, as amostras coletadas variam de 1 a 28 metros de profundidade e mostraram padrão onde as amostras 1 e 2 possuem teores mais altos e ascendentes, confirmando a descrição litológica que as classificou como itabirito anfíbolítico friável e itabirito anfíbolítico compacto, respectivamente; e as amostras 3 e 4 mostram um decréscimo considerável nos teores, o que também confirma a descrição litológica que as definiu como anfíbolito e anfíbolito silicificado, respectivamente. O anfíbolito, é rico em ferro também, visto que, foi identificado grunerita, cummingtonita e siderita que são minerais de ferro, mas o teor é menor em comparação com os óxidos de ferro como magnetita e hematita, por exemplo (Figura 6).
- O Furo Três, apresentou amostras que variaram de 5 a 86 metros de profundidade, o padrão é similar ao descrito no Furo 1, nos quais as amostras 1 e, nesse caso, 4 possuem um teor mais elevado característico do descrito pela litologia como itabirito anfíbolítico friável e itabirito anfíbolítico compacto, respectivamente; e as amostras intermediárias entre o início e o fim do furo, que no caso, condizem as amostras 2 e 3, mostram teores menores, compatível ao descrito geologicamente. A amostra 2 condiz a uma zona de contato do itabirito anfíbolítico, com anfíbolito cinza esbranquiçado, conferindo-lhe um aspecto sedoso, causado por alguma mica ou talco, que pode ser resultado de alguma zona de alteração hidrotermal que diminuiu a quantidade de ferro da amostra. E a amostra 3 é um itabirito anfíbolítico friável, de coloração ocre, causada pela calcedônia, indicando que é a zona silicosa do itabirito e por isso com menor teor de ferro (Figura 7).
- As amostras relativas ao Furo Quatro variam de 5 a 41 metros de profundidade divididas em apenas duas amostras, o padrão de ambas as amostras é similar com teores médios de 38 e 34% de  $Fe_2O_3$ , respectivamente. Isso se dá, pois ambas são de itabirito anfíbolítico friável (Figura 7).
- No Furo Cinco, as amostras 1 e 2 apresentam teores médios similares; a amostra 3 é a que apresenta menor teor médio, é descrita como itabirito anfíbolítico friável, esse teor menor pode ser uma fácies mais silicática que não foi identificada na descrição litológica; a partir da amostra 4 o teor volta a subir, pois entra na zona no itabirito anfíbolítico compacto com ou sem cummingtonita (Figura 8).
- Furo Seis inicia com uma amostra com teor bem mais baixo, descrita como itabirito

anfíbólfico silicificado, a sílica depletando o teor; seguindo para amostra de itabirito anfíbólfico friável com teor bem maior; a amostra 3 cai um pouco o teor, mesmo sendo o itabirito anfíbólfico friável também, provavelmente é uma fácies um pouco mais silicosa; as amostras 4 e 5 mostram um teor um pouco mais baixo que a 3, sendo itabirito anfíbólfico silicificado; a amostra 6 é a que apresenta maior teor, sendo itabirito anfíbólfico oxidado, a oxidação deve ter deixado o ferro livre, sendo melhor avaliado nas análises químicas; já a amostra 7, o teor é um pouco mais baixo que a 6, porém se mantém mais alto, sendo identificada como itabirito anfíbólfico compacto (Figura 9).

- No Furo Sete, são apenas duas amostras com teores muito similares e sem grandes discrepâncias, pois ambas representam itabirito anfíbólfico friável (Figura 10).

Fazendo uma análise dos teores e das granulometrias, observou-se uma tendência natural dos menores teores estarem associados às amostras A que são as de maiores granulometrias, 1651  $\mu\text{m}$ , e, portanto menos liberação dos minerais. Quanto aos maiores teores, estão associados em maior porcentagem às amostras com menor granulometria, 104  $\mu\text{m}$ , o que também é esperado, visto que é a menor granulometria e os minerais estão mais liberados.

### Discussão

Fazendo-se uma análise dos furos e comparando-se com a profundidade e a litologia, observa-se que a maioria dos furos apresenta um padrão onde há uma queda de teor no meio do furo, por interferência de camadas de veios de quartzo, anfíbólitos ou itabiritos silicificados, e em maior profundidade o teor volta a crescer, com retorno de litologias itabiríticas compactas. Observou-se também que os maiores teores se encontram na charneira da dobra e vão reduzindo em direção ao flanco leste, em direção ao limite do corpo, o que é esperado.

A maioria das amostras coletadas foram de itabirito anfíbólfico friável, mas têm amostras de itabirito anfíbólfico compacto e itabirito anfíbólfico silicificado, mas não foi possível fazer uma análise comparando as litologias, pois o intervalo de coleta de cada amostra não foi regular e considera-se que outros parâmetros não considerados poderiam influenciar invalidando esse tipo de análise.

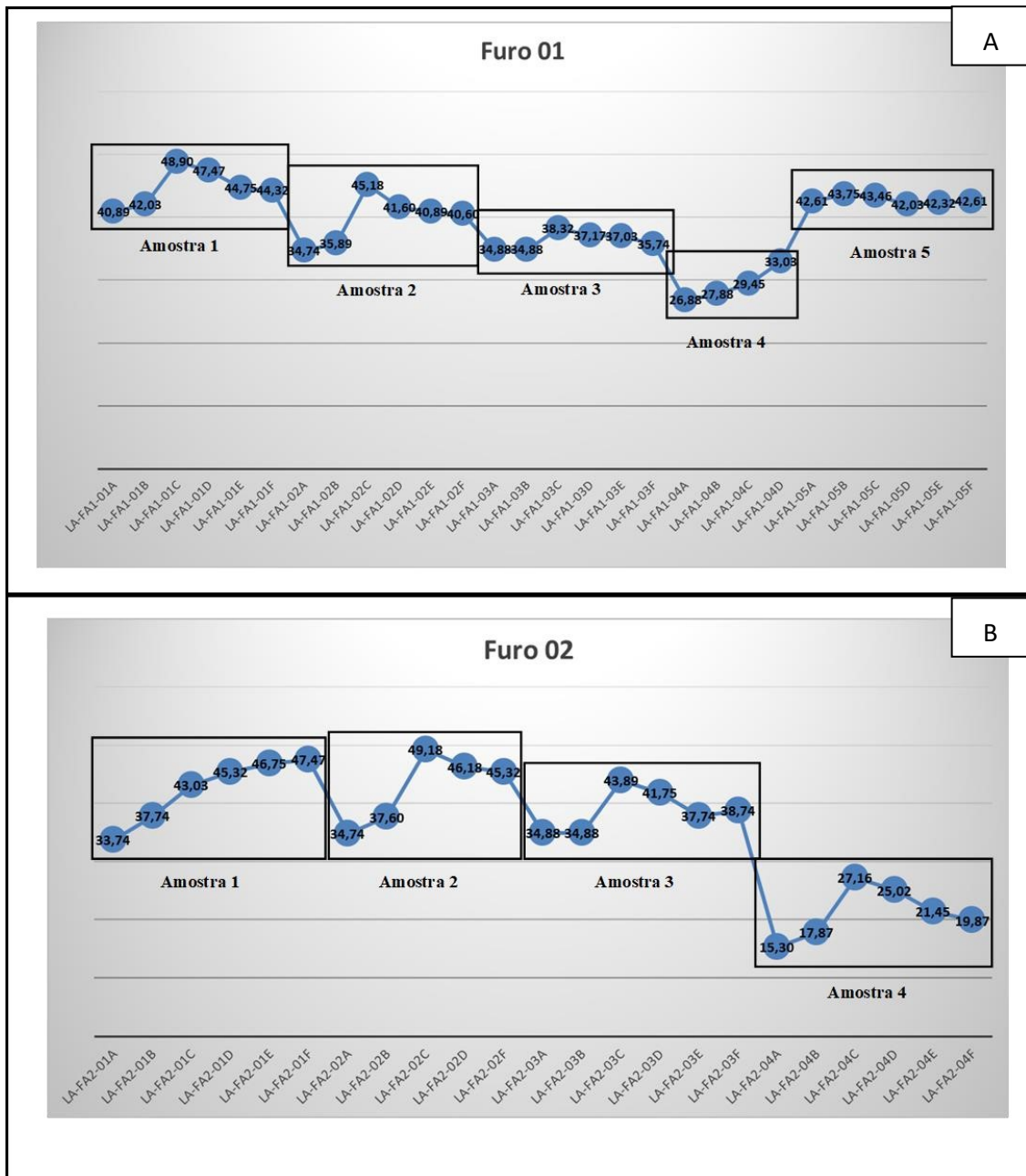


Figura 6 – Gráficos de teores de  $Fe_2O_3$  por amostras. A: Teores relacionados às amostras do Furo 1, nos quais cada bolinha representa uma fração granulométrica sendo as amostras com letras A com 1651  $\mu m$ , letras B com 417  $\mu m$ , letras C com 180  $\mu m$ , letras D com 147  $\mu m$ , letras E com 104  $\mu m$ , e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104  $\mu m$ . B: Teores relacionados às amostras do Furo 2, com letras A, A com 1651  $\mu m$ , letras B com 417  $\mu m$ , letras C com 180  $\mu m$ , letras D com 147  $\mu m$ , letras E com 104  $\mu m$ , e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104  $\mu m$

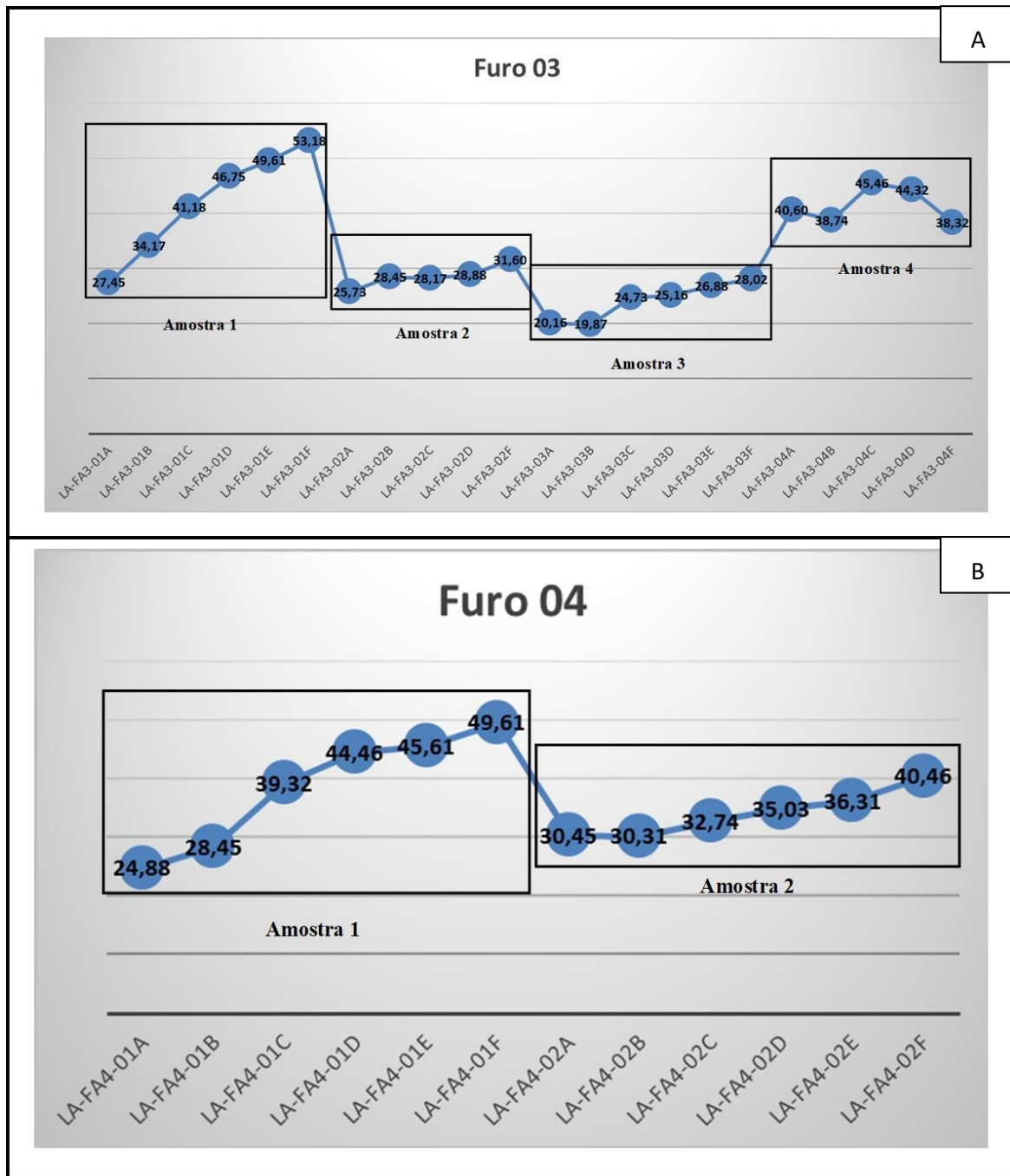


Figura 7 - Gráficos de teores de  $Fe_2O_3$  por amostras. A: Teores relacionados às amostras do Furo 3, nos quais cada bolinha representa uma fração granulométrica sendo as amostras com letras A, A com 1651  $\mu m$ , letras B com 417  $\mu m$ , letras C com 180  $\mu m$ , letras D com 147  $\mu m$ , letras E com 104  $\mu m$ , e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104  $\mu m$ . B: Teores relacionados às amostras do Furo 4, com letras A, A com 1651  $\mu m$ , letras B com 417  $\mu m$ , letras C com 180  $\mu m$ , letras D com 147  $\mu m$ , letras E com 104  $\mu m$ , e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104  $\mu m$ .



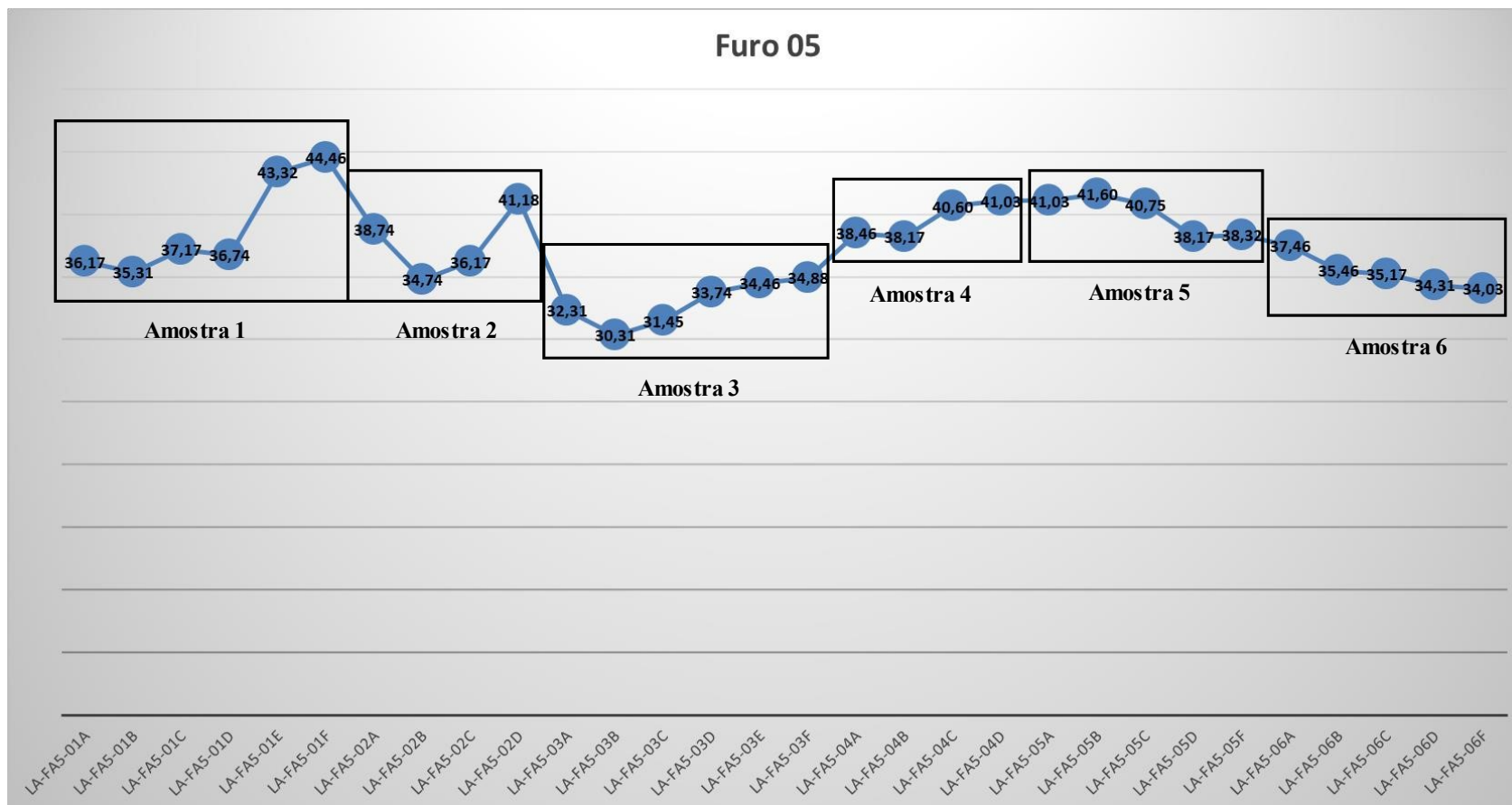


Figura 8 - Gráficos de teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por amostras. Teores relacionados às amostras do Furo 5, nos quais cada bolinha representa uma fração granulométrica sendo as amostras com letras A, com 1651 µm, letras B com 417 µm, letras C com 180 µm, letras D com 147 µm, letras E com 104 µm, e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104 µm.

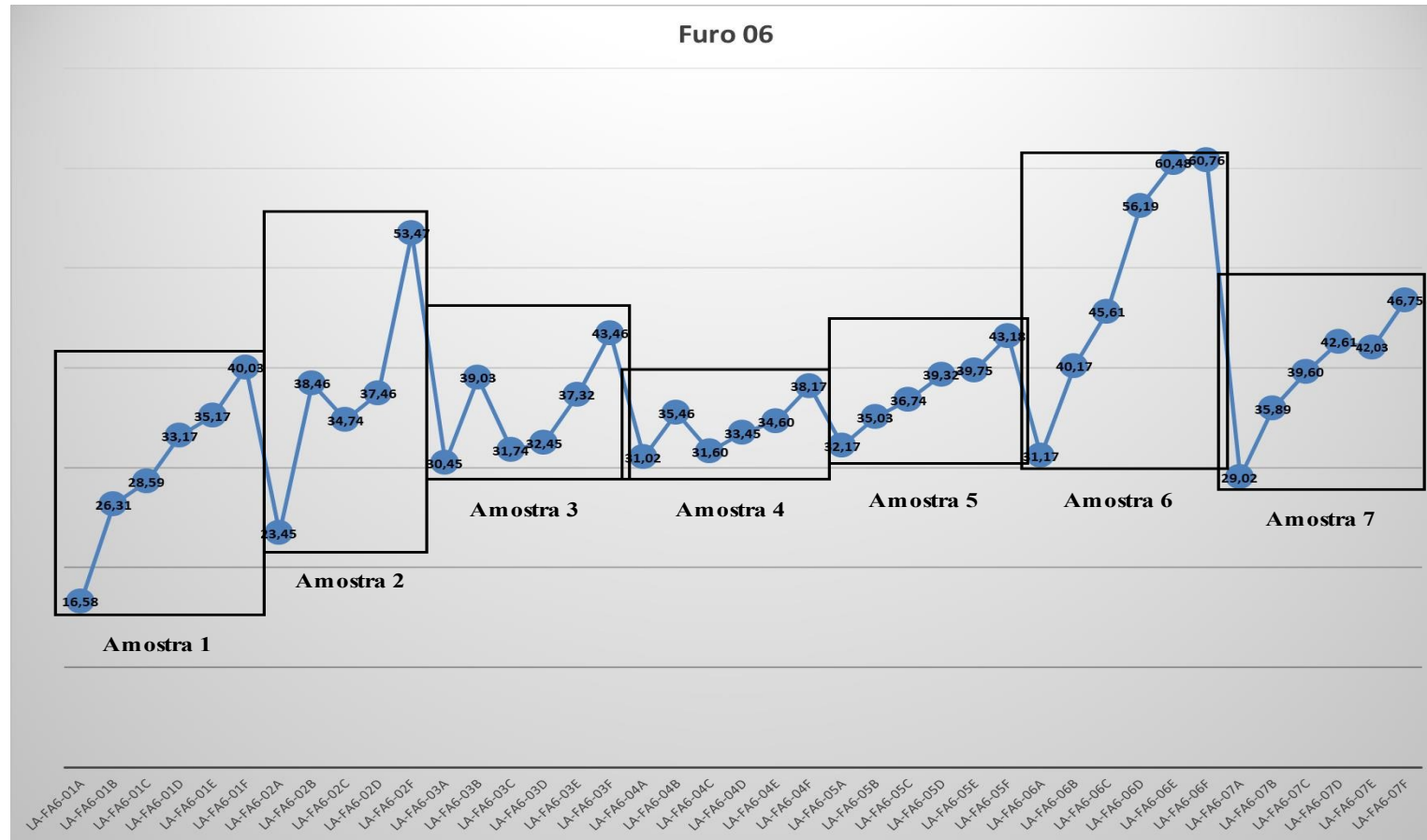


Figura 9 - Gráficos de teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por amostras. Teores relacionados às amostras do Furo 5, nos quais cada bolinha representa uma fração granulométrica sendo as amostras com letras A, com 1651 µm, letras B com 417 µm, letras C com 180 µm, letras D com 147 µm, letras E com 104 µm, e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104 µm.

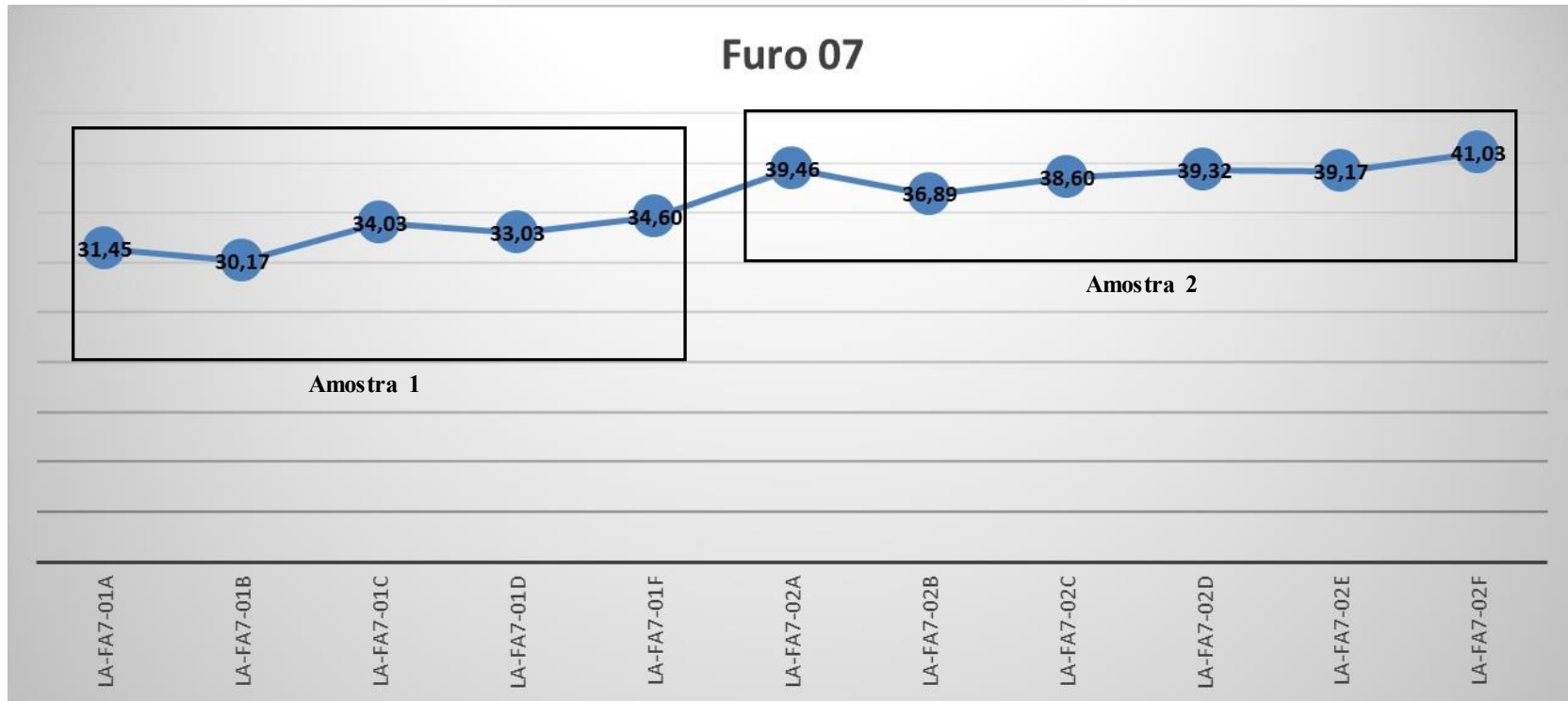


Figura 10 - Gráfico de teores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por amostras. Teores relacionados às amostras do Furo 7, nos quais cada bolinha representa uma fração granulométrica sendo as amostras com letras A com 1651 µm, letras B com 417 µm, letras C com 180 µm, letras D com 147 µm, letras E com 104 µm, e as letras F são as passantes da peneira de 150 mesh, portanto com grãos menores que 104 µm.

## DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

Todas as amostras analisadas pela difração de raios X apresentaram mais de uma fase mineral por amostra (de 03 a 08 fases minerais) após a caracterização, o que era esperado por se tratar de materiais rochosos (constituídos por diversas fases minerais, em geral). Das 30 amostras caracterizadas, todas apresentaram goethita, 26 apresentaram hematita, 12 com magnetita e 9 com siderita. Macroscopicamente, as amostras aparentavam ter alto teor de anfibólios de ferro, que só foram constatados em 4 amostras com presença de grunerita e cummingtonita, além de outros anfibólios como edenita, sadanagaite, actinolita, hornblenda (Figuras 11, 12, Anexos 2 e 3).

Além desses minerais, que são os mais conhecidos com ferro na composição, também foram identificados minerais como magnesiumferrite, cromita, titanita, montroseite, e titanomaghemita.

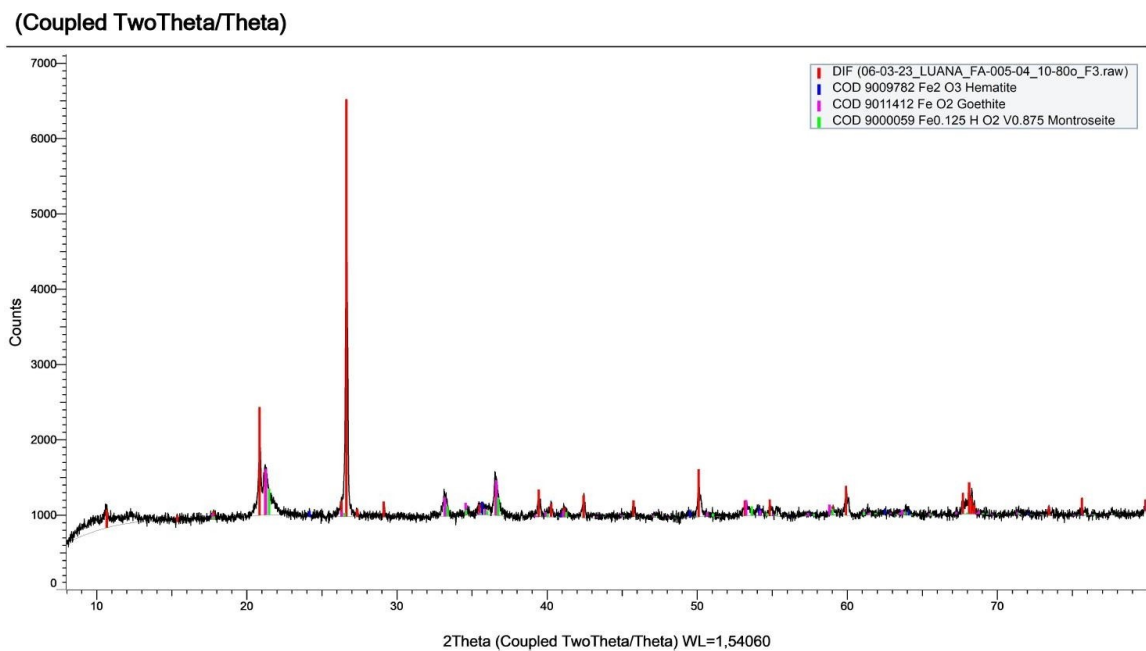


Figura 11 – Difratoograma da Amostra 4 do Furo 5 mostrando que a mineralogia é composta por hematita, goethita e montroseite

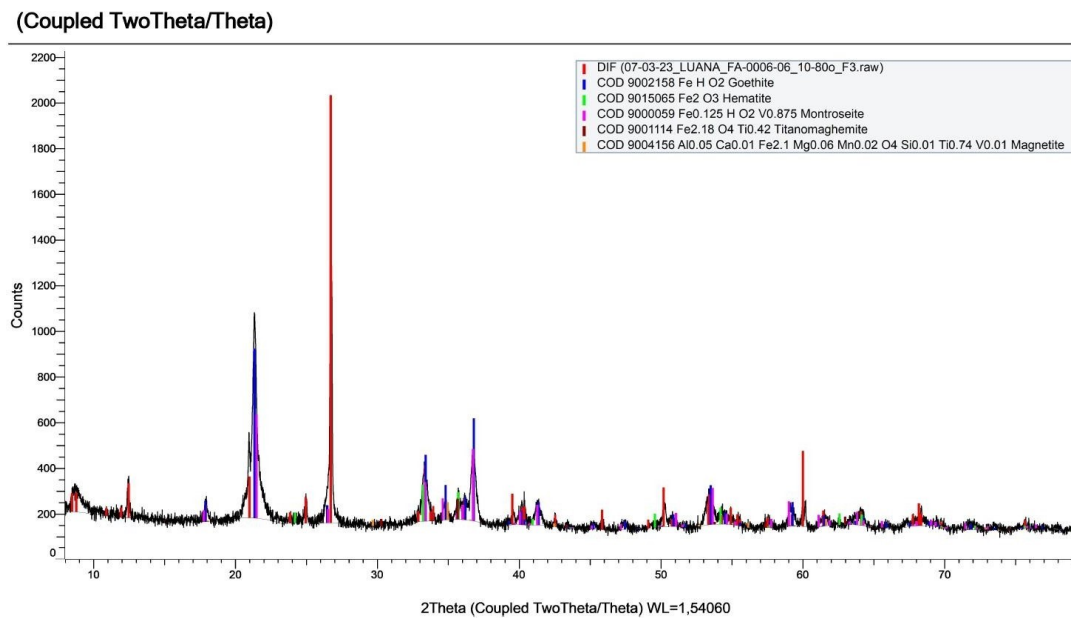


Figura 12 - Difratoograma da Amostra 6 do Furo 6 mostrando que a mineralogia é composta por goethita, hematita, montroseite, titanomaghemite e magnetita.

Os resultados encontrados foram confirmados pela granulométrica e serão discutidos a seguir:

No furo 1, A amostra que contém montroseite; que é um mineral do grupo do diásporo sendo um hidróxido de sódio e ferro; tem seus teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  diminuídos para abaixo de 40%, esse é um mineral do grupo do diásporo que pode ser encontrado como mineral acessório em formações ferríferas e associado a goethita. Tabela 3 mostra a relação dos minerais e o teor de ferro encontrado pela análise granulométrica.

A amostra também apresenta sulfato de hidróxido de ferro e sódio e óxido de magnésio e ferro do grupo dos espinélios e são minerais comuns em processos de alteração supergênica de óxidos de ferro e anfibólio cálcico.

**Tabela 3 – Amostras x Minerais Identificados x Teor  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  relacionados ao Furo 1**

Amostras	Minerais	Teor $\text{Fe}_2\text{O}_3$
LA-FA-001-01	goethita	47,47
	siderita	
	natrojarosita	
	hematita	
LA-FA-001-02	hornblenda	41,6
	actinolita	
	hematita	
	fluoro-edenita	
	glaucofano	
	goethita	
	aegirina	
LA-FA-001-03	hematita	31,17
	goethita	
	montroseite	
LA-FA-001-04	montroseite	33,03
	mgferrite	
	hematita	
	goethita	
	magnetita	
LA-FA-001-05	magnetita	42,03
	goethita	

No furo 2, a amostra que apresentou maior quantidade de minerais do grupo dos anfibólios, como tremolita e outros (vide anexo 3), o teor caiu para 25% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , isso se justifica visto que esses minerais são do grupo dos anfibólios cálcicos e sódicos. Enquanto as outras amostras se mantiveram em torno de 40% de ferro, sendo compostas por goethita, hematita, magnetita e siderita, e outras fases minerais presentes como acessórios em formações ferríferas como óxidos de cálcio e ferro, vanádio e ferro e um antimonato de titânio e ferro que possuem ferro em suas composições químicas, esse resultado pode ser acompanhado pela tabela 4 e anexo 3.

**Tabela 4 - Amostras x Minerais Identificados x Teor  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  relacionados ao Furo 2**

Amostras	Minerais	Teor $\text{Fe}_2\text{O}_3$
LA-FA-002-01	hematita	45,32
	montroseite	
	srebrodolskita	
	goethita	
LA-FA-002-02	siderita	46,18
	goethita	
	hematita	
LA-FA-002-03	mgcromita	41,75
	goethita	
	siderita	
	hematita	
	magnetita	
	grunerita	
LA-FA-002-04	goethita	25,02
	tremolita	
	fluoroleakeite	
	magnetita	

No furo 3, o resultado se repete, amostras com presença de arsenopirita e diásporo, tem diminuição drástica de teor, enquanto as outras que são compostas, em maior parte, por óxidos e hidróxidos de ferro e minerais acessórios com ferro na composição, mantém seus teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  acima de 40% (Tabela 5 e Anexo 3).



Tabela 5 - Amostras x Minerais Identificados x Teor Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> relacionados ao Furo 3

Amostras	Minerais	Teor Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
LA-FA-003-01	goethita	46,75
	hematita	
LA-FA-003-02	goethita	28,88
	hematita	
	montroseite	
LA-FA-003-03	hematita	25,16
	goethita	
	arsenopirita	
	magnetita	
LA-FA-003-04	cummingtonita	44,32
	goethita	
	magnetita	
	mghornblenda	

No Furo 4, a amostra com presença de um tipo de anfibólio e um mineral do grupo do diásporo, cummingtonita e montroseite, tem seu teor reduzido para 35%, a outra amostra só possui o diásporo (Tabela 6 e Anexo 3).

Tabela 6 - Amostras x Minerais Identificados x Teor Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> relacionados ao Furo 4

Amostras	Minerais	Teor Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
LA-FA-004-01	hematita	44,46
	montroseite	
	goethita	
LA-FA-004-02	goethita	35,03
	hematita	
	montroseite	
	cummingtonita	

A composição mineralógica das amostras do Furo 5 mostra que todas têm mais de uma fase mineral do grupo dos anfibólios, por esse motivo os teores são similares. As amostras mais enriquecidas são a 2 e a 4 que provavelmente, possuem uma relação óxido de ferro/anfibólios mais alta (Tabela 7 e Anexo 3).

Tabela 7 - Amostras x Minerais Identificados x Teor Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> relacionados ao Furo 5

Amostras	Minerais	Teor Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
LA-FA-005-01	montroseite	36,74
	manganopyrosmalite	
	hematita	
	goethita	
	magnetita	
LA-FA-005-02	winchite	41,18
	siderita	
	montroseite	
	hematita	
	titanita	
	goethita	
LA-FA-005-03	goethita	33,74
	fewyllieite	
	hematita	
	montroseite	
LA-FA-005-04	hematita	41,03
	goethita	
	montroseite	
LA-FA-005-05	cummingtonita	38,17
	siderita	
	hematita	
	grunerita	
	goethita	
LA-FA-005-06	goethita	35,17
	cummingtonita	
	hematita	

O Furo 6 têm as primeiras amostras com muitos minerais de anfibólio, conseqüentemente, teores mais baixos em Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Já as amostras 5 e 6, mostram um crescimento alto no teor, pois a relação óxido de ferro é maior, assim o teor aparece mais alto (Tabela 8 e Anexo 3).

Percebe-se também a presença de titanomanghemita que é um óxido comum, ocorrendo principalmente em minérios de ferro e em solos. Não possui importância econômica, mas participa daqueles minérios de ferro que contém magnetita. É classificada no subgrupo do Espinélio, e possui composição química da hematita, com magnetismo da magnetita, é considerada uma magnetita deficiente em ferro. É

tipicamente um mineral intempérico, formado pela oxidação de magnetita e titanomagnetita a baixas temperaturas. Ocorrem todos os estágios de oxidação de magnetita em maghemita. Como é um mineral intempérico, o ferro pode estar mais liberado e contribuiu para que essa amostra apresente um teor bem mais elevado que as outras amostras desse mesmo furo.

**Tabela 8 - Amostras x Minerais Identificados x Teor Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> relacionados ao Furo 6**

<b>Amostras</b>	<b>Minerais</b>	<b>Teor Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>
LA-FA-006-01	siderita	33,17
	magnetita	
	goethita	
	hematita	
	montroseite	
	magnesioferrite	
LA-FA-006-02	magnetita	37,46
	montroseite	
	arsenopirita	
	goethita	
	hematita	
LA-FA-006-03	goethita	32,45
	hematita	
LA-FA-006-04	magnetita	33,45
	montroseite	
	grunerita	
	hematita	
	goethita	
	winchiite	
LA-FA-006-05	goethita	39,32
	montroseite	
LA-FA-006-06	goethita	56,19
	hematita	
	montroseite	
	titanomaghemite	
	magnetita	
LA-FA-006-07	siderita	42,61
	hematita	
	goethita	
	montroseite	
	grunerita	

E o furo 7, mostra um teor mais baixo, mas a amostra 1 tem um teor mais elevado que a 2 pois possui uma fase de óxido de ferro a mais que a amostra 2 que é a siderita (Tabela 9).

**Tabela 9 - Amostras x Minerais Identificados x Teor Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> relacionados ao Furo 7**

Amostras	Minerais	Teor Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
LA-FA-007-01	hematita	39,32
	goethita	
	siderita	
	montroseite	
LA-FA-007-02	hematita	33,03
	goethita	
	montroseite	

## Discussão

Fazendo-se uma análise dos locais dos furos e das suas fases minerais, observa-se que há um aumento de fases minerais de anfibólio na charneira da dobra (Furos 5, 6 e 7), ponto da estrutura onde, geologicamente, ocorrem falhas e fraturas que facilitam a percolação de fluidos ocasionando a hidratação de minerais facilitando, dessa forma, a gênese de anfibólios.

## 6 - Conclusões

---

Os resultados dos trabalhos exploratórios obtidos na área de pesquisa permitiram a descoberta e avaliação de mineralização de ferro relacionadas a corpos de itabirito anfíbolítico e itabirito anfíbolítico silicificado, nesse contexto geológico definido como um ambiente com alta potencialidade para mineralizações de metais ferrosos.

Os resultados alcançados possibilitaram entender os controles associados a mineralização, estabelecer a modelagem da zona mineralizada e obter as estimativas de recursos medidos e indicados da ordem de 18,24 Mt a 27,94% Fe.

A caracterização do minério mostrou que as frações granulométricas mais finas possuem maior liberação mineral, demonstrado pelo maior teor, o que pode dizer que a moagem acima de 150  $\mu\text{m}$  vai facilitar os processos de concentração, sendo todas frações entre 0,179 e <0,104 propícias para produtos do tipo *pellet feed*. Mas as frações entre 1651 e 0,180 mm vão servir para concentrados para *sinter feed*.

Também, foi possível identificar que a maioria dos furos apresenta um padrão onde há uma queda de teor no meio do furo, por interferência de camadas de veios de quartzo, anfíbolitos ou itabiritos silicificados, e em maior profundidade o teor volta a crescer, com retorno de litologias itabiríticas compactas. Observou-se também que os maiores teores se encontram na charneira da dobra e vão reduzindo em direção ao flanco leste, em direção ao limite do corpo.

A caracterização mineralógica mostrou que as amostras apresentam de três a oito fases minerais, sendo grande presença de goethita, mas também de hematita, magnetita e siderita. Além de minerais de ferro, exibiu minerais do grupo dos anfíbolios, óxidos, silicatos, diásporo, espinélio, sulfeto e outros acessórios.

Em geral, as amostras com maior teor de anfíbolios, diásporos, ou outras fases minerais pertencentes a classes diferentes dos óxidos de ferro, mostram teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mais baixos, enquanto as amostras com maior teor em goethita, hematita,

magnetita e siderita, mostraram teores bastante elevados.

Os resultados mineralógicos mostraram também que há um aumento de fases minerais de anfibólio na charneira da dobra (Furos 5, 6 e 7), ponto da estrutura onde, geologicamente, ocorrem falhas e fraturas que facilitam a percolação de fluidos ocasionando a hidratação de minerais facilitando, dessa forma, a gênese de anfibólios.

No geral, o trabalho trouxe conhecimento que a maior liberação mineral ocorre com granulometria de 147  $\mu\text{m}$ , e a mineralogia mostra uma boa quantidade de anfibólios, além de grande presença de goethita que traz um teor de alumínio elevado para o beneficiamento e pode ser um problema se não controlado da maneira correta.

## 7 - Referências Bibliográficas

---

- ALMEIDA, F. F. M. de – O Cráton do São Francisco. R. Brasileira de Geociências, 7(4) referências, 7(4): 49-364, dez. 1977.
- ANTONIASI, J. L. A difração de raios X com o método de Rietveld aplicada à bauxita de Porto Trombetas. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- BARBOSA, J.B.S. Geologia da Bahia pesquisa e atualização. Salvador, Livro, CBPM, 2012.
- BUENO, S. Entenda mais sobre o Minério de Ferro. Disponível em <<https://www.fazcomex.com.br/comex/exportacao-de-minerio-de-ferro/>> Acesso em 19 de maio de 2023.
- CULLITY, B. D.; STOCK, S. R. Elements of X-Ray Diffraction, 3 ed, Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001. 678 p.
- FORMOSO, M. L. L. Difractometria de Raios X. In: GOMES, C. B. (Org.). Técnicas Analíticas Instrumentais Aplicadas à Geologia, São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1984, p.1-43.
- GOBBO, L. A. Aplicação da difração de raios X e método Rietveld no estudo de cimento Portland. 251 p. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- JENKINS, R.; SNYDER, R. L. Introduction to X-Ray Powder Diffractometry. New York: John Wiley & sons, Inc. 1996. 403 p. (Chemical Analysis, v.138).
- KAHN, H. Difração de Raios X, 2000. 18 p. Disponível em <<https://pt.slideshare.net/joserabelo/difracao>>. Acesso em: 18 de maio de 2023.
- KAPLAN, I. Física Nuclear. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978. 727 p.
- NEUMANN, R.; SCHENEIDER, C. L.; ALCOVER NETO, A. Caracterização Tecnológica de Minério. In: Tratamento de Minérios. 4 ed. CETEM: Rio de Janeiro, 2004, p. 55-109.

## 8 - Anexos

---



## Anexo 1 - Tabelas Granuloquímicas

Amostra	Malha Tyler	Abertura (µm)	% Retida	% Retida Acumulada	Hg	SiO2	Al2O3	Fe	Fe2O3	CaO	MgO	TiO2	P	Na2O	K2O	V2O5	Mn	LOI	Σ Soma
LA-FA2-01A	10	1651	19,48	19,48	<0,05	61,9	1,7	23,6	33,74092	0,07	0,13	0,05	0,012	<0,1	0,06	<0,01	0,1	2,45	100,1629
LA-FA2-01B	35	417	16,88	36,36	<0,05	58,2	2,21	26,4	37,74408	0,07	0,21	0,06	0,014	<0,1	0,15	<0,01	0,14	2,74	101,4781
LA-FA2-01C	80	180	14,29	50,65	<0,05	49,8	2,41	30,1	43,03397	0,04	0,22	0,06	0,014	<0,1	0,24	<0,01	0,12	3,05	98,92797
LA-FA2-01D	100	147	12,34	62,99	<0,05	48	2,37	31,7	45,32149	0,07	0,27	0,06	0,017	<0,1	0,25	<0,01	0,13	3,54	99,96849
LA-FA2-01E	150	104	6,49	69,48	<0,05	45,9	2,23	32,7	46,75119	0,09	0,3	0,05	0,015	<0,1	0,24	<0,01	0,15	3,59	99,26619
LA-FA2-01F			9,74	79,22	<0,05	44,9	2,27	33,2	47,46604	0,1	0,32	0,04	0,02	<0,1	0,23	<0,01	0,19	4,5	99,99604
LA-FA2-02A	10	1651	40,26	40,26	<0,05	62,6	0,31	24,3	34,74171	0,43	0,52	0,01	0,009	<0,1	0,06	<0,01	0,3	1,81	100,7807
LA-FA2-02B	35	417	16,23	56,49	<0,05	56,2	0,78	26,3	37,60111	0,3	0,36	0,01	0,01	<0,1	0,19	<0,01	0,44	1,96	97,84111
LA-FA2-02C	80	180	16,23	72,73	<0,05	44,8	2,13	34,4	49,18168	0,49	0,59	0,02	0,012	<0,1	0,6	<0,01	0,37	2,43	100,6037
LA-FA2-02D	100	147	5,19	77,92	<0,05	44,4	3,02	32,3	46,17931	0,61	0,7	0,03	0,013	<0,1	0,74	<0,01	0,34	3,34	99,34231
LA-FA2-02F			7,79	85,71	<0,05	45	3,77	31,7	45,32149	0,59	0,79	0,04	0,021	<0,1	0,68	<0,01	0,42	4,77	101,3625

Amostra	Malha Tyler	Abertura (µm)	% Retida	% Retida Acumulada	Hg	SiO2	Al2O3	Fe	Fe2O3	CaO	MgO	TiO2	P	Na2O	K2O	V2O5	Mn	LOI	Σ Soma
LA-FA2-03A	10	1651	14,71	14,71	<0,05	57,6	0,73	24,4	34,88468	1,55	1,95	0,01	0,014	<0,1	0,06	<0,01	0,74	3,61	101,1387
LA-FA2-03B	35	417	16,47	31,18	<0,05	53	1,14	24,4	34,88468	1,36	2,08	0,01	0,016	<0,1	0,08	<0,01	1,23	5,28	99,07068
LA-FA2-03C	80	180	20,00	51,18	<0,05	44,8	1,44	30,7	43,89179	1,69	2,35	0,01	0,014	<0,1	0,11	<0,01	0,88	5,23	100,4058
LA-FA2-03D	100	147	11,76	62,94	<0,05	44,9	1,67	29,2	41,74724	1,89	2,57	0,01	0,014	<0,1	0,14	<0,01	0,86	5,09	98,88124
LA-FA2-03E	150	104	12,94	75,88	<0,05	45,9	2,19	26,4	37,74408	2,3	3	<0,01	0,015	0,1	0,2	<0,01	0,85	5,98	98,17908
LA-FA2-03F			5,88	81,76	<0,05	45,5	1,84	27,1	38,74487	2,74	3,23	<0,01	0,017	0,12	0,16	<0,01	0,89	4,92	98,04187
LA-FA2-04A	10	1651	12,31	12,31	0,1	75,6	0,72	10,7	15,29779	1,85	2,85	0,02	0,009	<0,1	0,07	<0,01	1,12	3,4	100,9168
LA-FA2-04B	35	417	19,23	31,54	0,12	72,6	0,98	12,5	17,87125	1,4	2,42	0,05	0,01	<0,1	0,08	<0,01	1,26	3,89	100,5113
LA-FA2-04C	80	180	15,38	46,92	0,12	55,9	0,88	19	27,1643	3,08	4,95	0,01	0,007	<0,1	0,06	<0,01	1,26	4,67	97,9713
LA-FA2-04D	100	147	13,08	60,00	0,12	58,5	0,9	17,5	25,01975	3,72	5,84	0,02	0,008	<0,1	0,06	<0,01	1,26	5,1	100,4078
LA-FA2-04E	150	104	3,08	63,08	0,11	58,7	1,36	15	21,4455	4,32	6,77	0,02	0,008	0,11	0,08	<0,01	1,17	4,8	98,6535
LA-FA2-04F			6,15	69,23	0,12	59,9	0,88	13,9	19,87283	4,47	6,85	0,02	0,008	<0,1	0,07	<0,01	1,21	5,05	98,31083
LA-FA3-01A	10	1651	14,29	14,29	<0,05	67,6	1,41	19,2	27,45024	0,04	0,2	0,06	0,009	<0,1	0,06	<0,01	0,039	3,45	100,2582
LA-FA3-01B	35	417	19,05	33,33	<0,05	60,1	2,56	23,9	34,16983	0,04	0,25	0,11	0,012	<0,1	0,1	<0,01	0,052	4,15	101,4338
LA-FA3-01C	80	180	35,71	69,05	<0,05	51,4	3,03	28,8	41,17536	0,03	0,28	0,12	0,01	<0,1	0,14	<0,01	0,041	4,5	100,6064
LA-FA3-01D	100	147	9,52	78,57	<0,05	42,3	4,26	32,7	46,75119	0,03	0,25	0,15	0,017	<0,1	0,13	<0,01	0,048	6,22	100,0062
LA-FA3-01E	150	104	3,81	82,38	<0,05	40,6	4,15	34,7	49,61059	0,03	0,26	0,15	0,016	<0,1	0,13	<0,01	0,05	6,03	100,8766
LA-FA3-01F			1,90	84,29	<0,05	36,9	3,98	37,2	53,18484	0,03	0,19	0,15	0,018	<0,1	0,1	<0,01	0,052	6,69	101,1448
LA-FA3-02A	10	1651	11,11	11,11	<0,05	59,4	4,68	18	25,7346	0,19	1,64	0,34	0,009	<0,1	0,66	<0,01	0,24	7,1	99,6536
LA-FA3-02B	35	417	20,00	31,11	<0,05	51,6	6,33	19,9	28,45103	0,19	2,13	0,33	0,009	<0,1	1,04	<0,01	0,43	8,01	98,19003
LA-FA3-02C	80	180	22,22	53,33	<0,05	54,4	7,12	19,7	28,16509	0,17	2,26	0,29	0,008	<0,1	1,14	<0,01	0,25	7,04	100,5531
LA-FA3-02D	100	147	8,89	62,22	<0,05	52,1	6,48	20,2	28,87994	0,16	2,17	0,26	0,008	<0,1	1,12	<0,01	0,18	7,28	98,37794
LA-FA3-02F			13,33	75,56	<0,05	47,6	7,25	22,1	31,59637	0,2	1,88	0,38	0,012	0,16	1,04	<0,01	0,19	7,97	97,73837
LA-FA3-03A	10	1651	5,32	5,32	<0,05	72,4	3,03	14,1	20,15877	1,37	0,67	0,03	0,022	0,25	0,85	<0,01	0,48	2,57	101,5508
LA-FA3-03B	35	417	22,34	27,66	0,06	68,7	3,42	13,9	19,87283	0,84	0,68	0,08	0,023	0,19	0,62	<0,01	0,61	3,5	98,26583
LA-FA3-03C	80	180	38,30	65,96	0,06	62,1	4,31	17,3	24,73381	0,89	0,84	0,11	0,021	0,22	0,69	<0,01	0,51	3,98	98,07481
LA-FA3-03D	100	147	14,36	80,32	0,06	59,1	5,37	17,6	25,16272	1,07	0,9	0,16	0,027	0,16	0,66	<0,01	0,53	5,32	98,13972
LA-FA3-03E	150	104	2,13	82,45	0,06	58,1	5,05	18,8	26,87836	1,13	0,92	0,14	0,028	0,13	0,63	<0,01	0,56	5,11	98,40636
LA-FA3-03F			1,06	83,51	0,06	58,3	4,98	19,6	28,02212	1,19	0,89	0,15	0,028	0,15	0,6	<0,01	0,56	5,06	99,63012

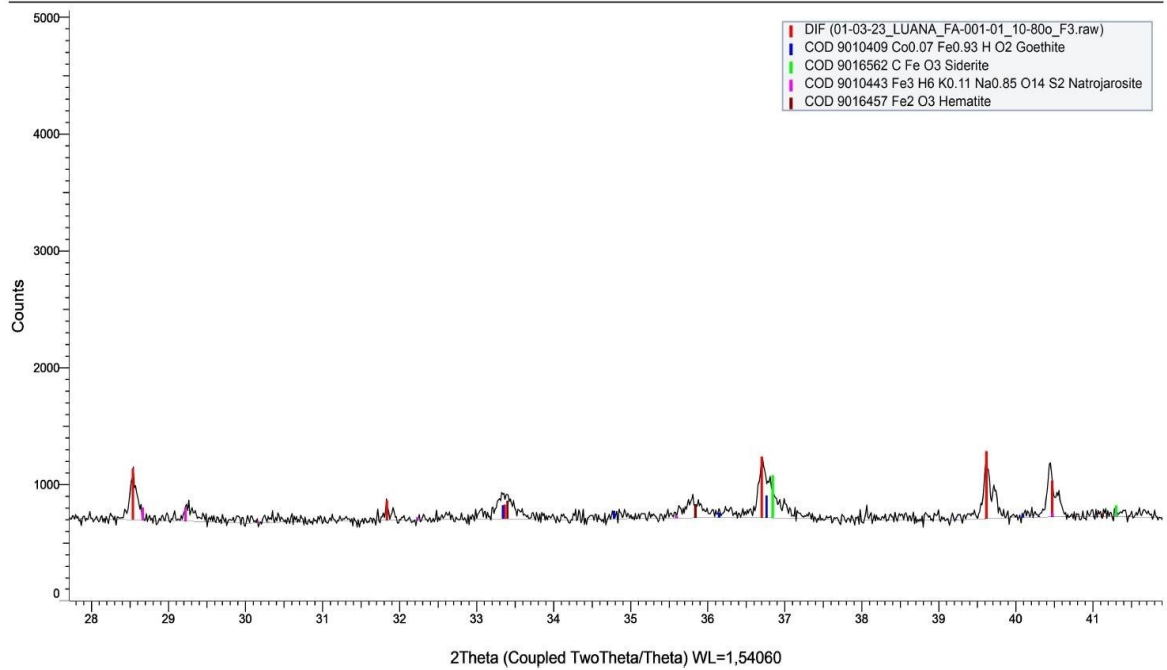
Amostra	Malha Tyler	Abertura (µm)	% Retida	% Retida Acumulada	Hg	SiO2	Al2O3	Fe	Fe2O3	CaO	MgO	TiO2	P	Na2O	K2O	V2O5	Mn	LOI	Σ Soma
LA-FA3-04A	10	1651	8,43	8,43	<0,05	54,3	0,43	28,4	40,60348	1,55	1,81	0,01	0,024	<0,1	0,05	<0,01	0,19	1,22	100,1775
LA-FA3-04B	35	417	13,48	21,91	<0,05	56,2	0,58	27,1	38,74487	1,29	1,49	<0,01	0,022	<0,1	0,1	<0,01	0,23	1,62	100,2769
LA-FA3-04C	80	180	15,73	37,64	<0,05	49,5	0,9	31,8	45,46446	1,42	1,4	0,02	0,02	<0,1	0,12	<0,01	0,21	1,71	100,7445
LA-FA3-04D	100	147	14,04	51,69	<0,05	49	0,95	31	44,3207	2,02	1,84	0,02	0,02	0,1	0,12	<0,01	0,2	1,56	100,0307
LA-FA3-04F	150	104	35,39	87,08	<0,05	52,9	0,88	26,8	38,31596	2,65	2,66	0,02	0,023	0,1	0,12	<0,01	0,24	1,35	99,13896
LA-FA4-01A	10	1651	17,14	17,14	<0,05	72,1	0,56	17,4	24,87678	0,06	0,11	0,03	0,01	<0,1	0,03	<0,01	0,043	2,53	100,3198
LA-FA4-01B	35	417	19,05	36,19	<0,05	66,9	0,94	19,9	28,45103	0,06	0,14	0,04	0,01	<0,1	0,07	<0,01	0,035	2,98	99,58603
LA-FA4-01C	80	180	20,00	56,19	<0,05	57	1,37	27,5	39,31675	0,1	0,2	0,06	0,011	<0,1	0,17	<0,01	0,036	3,26	101,4638
LA-FA4-01D	100	147	2,38	58,57	<0,05	48,5	1,58	31,1	44,46367	0,1	0,22	0,06	0,012	<0,1	0,18	<0,01	0,037	3,89	98,98267
LA-FA4-01E	150	104	8,57	67,14	<0,05	46,9	1,6	31,9	45,60743	0,12	0,22	0,06	0,013	<0,1	0,17	<0,01	0,045	4,32	98,99543
LA-FA4-01F			19,05	86,19	<0,05	40,5	1,76	34,7	49,61059	0,16	0,23	0,06	0,021	0,3	0,16	<0,01	0,055	6,12	98,61659
LA-FA4-02A	10	1651	15,19	15,19	<0,05	62,1	1,64	21,3	30,45261	0,3	0,76	0,03	0,006	<0,1	0,7	<0,01	0,061	3,57	99,58961
LA-FA4-02B	35	417	18,99	34,18	<0,05	61,6	2,45	21,2	30,30964	0,24	0,76	0,05	0,007	<0,1	1,08	<0,01	0,081	3,98	100,5076
LA-FA4-02C	80	180	20,25	54,43	<0,05	57,7	3,11	22,9	32,74013	0,27	0,98	0,06	0,005	<0,1	1,35	<0,01	0,067	4,39	100,6121
LA-FA4-02D	100	147	3,16	57,59	<0,05	53,3	3,33	24,5	35,02765	0,37	1,23	0,09	0,006	<0,1	1,4	<0,01	0,069	4,65	99,38265
LA-FA4-02E	150	104	6,33	63,92	<0,05	52,6	3,19	25,4	36,31438	0,36	1,23	0,08	0,007	<0,1	1,28	<0,01	0,067	4,88	99,92838
LA-FA4-02F			18,99	82,91	<0,05	48,2	2,89	28,3	40,46051	0,5	1,4	0,07	0,009	<0,1	1,06	<0,01	0,088	5,84	100,4475

Amostra	Malha Tyler	Abertura (µm)	% Retida	% Retida Acumulada	Hg	SiO2	Al2O3	Fe	Fe2O3	CaO	MgO	TiO2	P	Na2O	K2O	V2O5	Mn	LOI	Σ Soma
LA-FA5-01A	10	1651	36,36	36,36	<0,05	61,4	0,83	25,3	36,17141	0,05	0,37	0,02	0,022	<0,1	0,05	<0,01	0,11	2,68	101,6834
LA-FA5-01B	35	417	27,27	63,64	<0,05	59,6	1,92	24,7	35,31359	0,04	0,37	0,05	0,026	<0,1	0,08	<0,01	0,13	3,38	100,8596
LA-FA5-01C	80	180	16,16	79,80	<0,05	56,1	2,77	26	37,1722	0,07	0,35	0,07	0,028	<0,1	0,12	<0,01	0,12	3,72	100,4502
LA-FA5-01D	100	147	4,04	83,84	<0,05	54,8	3,18	25,7	36,74329	0,11	0,44	0,08	0,031	<0,1	0,17	<0,01	0,13	4,25	99,85429
LA-FA5-01E	150	104	2,02	85,86	<0,05	51,6	2,37	30,3	43,31991	0,04	0,34	0,06	0,03	<0,1	0,12	<0,01	0,13	3,75	101,6999
LA-FA5-01F			2,02	87,88	<0,05	49,3	1,76	31,1	44,46367	0,04	0,3	0,05	0,029	<0,1	0,08	<0,01	0,15	3,83	99,95267
LA-FA5-02A	10	1651	45,33	45,33	<0,05	55,4	0,19	27,1	38,74487	1,33	2,59	<0,01	0,02	<0,1	0,03	<0,01	0,39	2,32	101,0149
LA-FA5-02B	35	417	26,67	72,00	<0,05	56,9	0,59	24,3	34,74171	1,26	2,26	0,01	0,022	<0,1	0,04	<0,01	0,71	3,03	99,55371
LA-FA5-02C	80	180	15,33	87,33	<0,05	53,4	0,85	25,3	36,17141	1,46	2,83	0,02	0,025	<0,1	0,06	<0,01	0,82	3,02	98,63641
LA-FA5-02D	100	147	2,00	89,33	0,05	48,4	1,26	28,8	41,17536	1,59	3,87	0,04	0,028	<0,1	0,06	<0,01	0,83	3,04	100,2534
LA-FA5-03A	10	1651	27,62	27,62	<0,05	64,4	0,13	22,6	32,31122	0,09	0,33	<0,01	0,03	<0,1	0,02	<0,01	0,16	2,61	100,0812
LA-FA5-03B	35	417	30,95	58,57	<0,05	66,4	0,13	21,2	30,30964	0,03	0,2	<0,01	0,03	<0,1	0,03	<0,01	0,16	2,9	100,1896
LA-FA5-03C	80	180	15,24	73,81	<0,05	65,4	0,21	22	31,4534	0,02	0,14	<0,01	0,032	<0,1	0,02	<0,01	0,19	3,1	100,5654
LA-FA5-03D	100	147	2,38	76,19	<0,05	62	0,25	23,6	33,74092	0,03	0,15	<0,01	0,033	<0,1	0,02	<0,01	0,2	3,14	99,56392
LA-FA5-03E	150	104	5,71	81,90	<0,05	61,2	0,24	24,1	34,45577	0,03	0,14	<0,01	0,031	<0,1	0,02	<0,01	0,19	3,01	99,31677
LA-FA5-03F			16,67	98,57	<0,05	59,8	0,22	24,4	34,88468	0,03	0,14	<0,01	0,033	<0,1	0,02	<0,01	0,2	3,22	98,54768
LA-FA5-04A	10	1651	42,00	42,00	<0,05	57,4	0,15	26,9	38,45893	0,06	0,74	<0,01	0,026	<0,1	0,01	<0,01	0,18	1,99	99,01493
LA-FA5-04B	35	417	20,00	62,00	<0,05	57,4	0,26	26,7	38,17299	0,05	0,64	<0,01	0,027	<0,1	0,04	<0,01	0,33	2,36	99,27999
LA-FA5-04C	80	180	10,00	72,00	<0,05	53,9	0,57	28,4	40,60348	0,04	0,48	<0,01	0,031	<0,1	0,09	<0,01	0,44	2,96	99,11448
LA-FA5-04D	100	147	8,00	80,00	<0,05	52,5	0,73	28,7	41,03239	0,05	0,53	<0,01	0,039	<0,1	0,1	<0,01	0,5	3,76	99,24139
LA-FA5-05A	10	1651	43,43	43,43	<0,05	52,3	0,22	28,7	41,03239	0,6	3,35	<0,01	0,025	<0,1	0,03	<0,01	0,25	1,67	99,47739
LA-FA5-05B	35	417	20,00	63,43	<0,05	53,1	0,27	29,1	41,60427	0,66	3,37	<0,01	0,029	<0,1	0,01	<0,01	0,31	2,06	101,4133
LA-FA5-05C	80	180	9,14	72,57	<0,05	52,2	0,36	28,5	40,74645	0,89	3,89	<0,01	0,026	<0,1	0,02	<0,01	0,36	1,94	100,4325
LA-FA5-05D	100	147	5,71	78,29	<0,05	51,8	0,48	26,7	38,17299	1,18	4,66	<0,01	0,025	0,15	0,03	<0,01	0,37	1,79	98,50799
LA-FA5-05F	150	104	9,14	87,43	<0,05	51,9	0,43	26,8	38,31596	1,22	4,93	<0,01	0,027	<0,1	0,02	<0,01	0,4	2,04	99,28296
LA-FA5-06A	10	1651	49,47	49,47	<0,05	57	0,18	26,2	37,45814	0,13	1,23	<0,01	0,033	<0,1	0,03	<0,01	0,33	1,94	98,33114
LA-FA5-06B	35	417	21,28	70,74	<0,05	59,9	0,56	24,8	35,45656	0,12	1,03	<0,01	0,037	<0,1	0,06	<0,01	0,43	2,48	100,0736
LA-FA5-06C	80	180	7,98	78,72	0,07	57,6	1,05	24,6	35,17062	0,13	0,96	0,02	0,038	<0,1	0,14	<0,01	0,46	3,02	98,56862
LA-FA5-06D	100	147	2,13	80,85	0,09	58,3	1,33	24	34,3128	0,19	1,2	0,02	0,042	<0,1	0,16	<0,01	0,45	3,28	99,2648
LA-FA5-06F	150	104	4,26	85,11	0,09	57	1,39	23,8	34,02686	0,25	1,32	0,02	0,047	<0,1	0,13	<0,01	0,47	3,54	98,17386

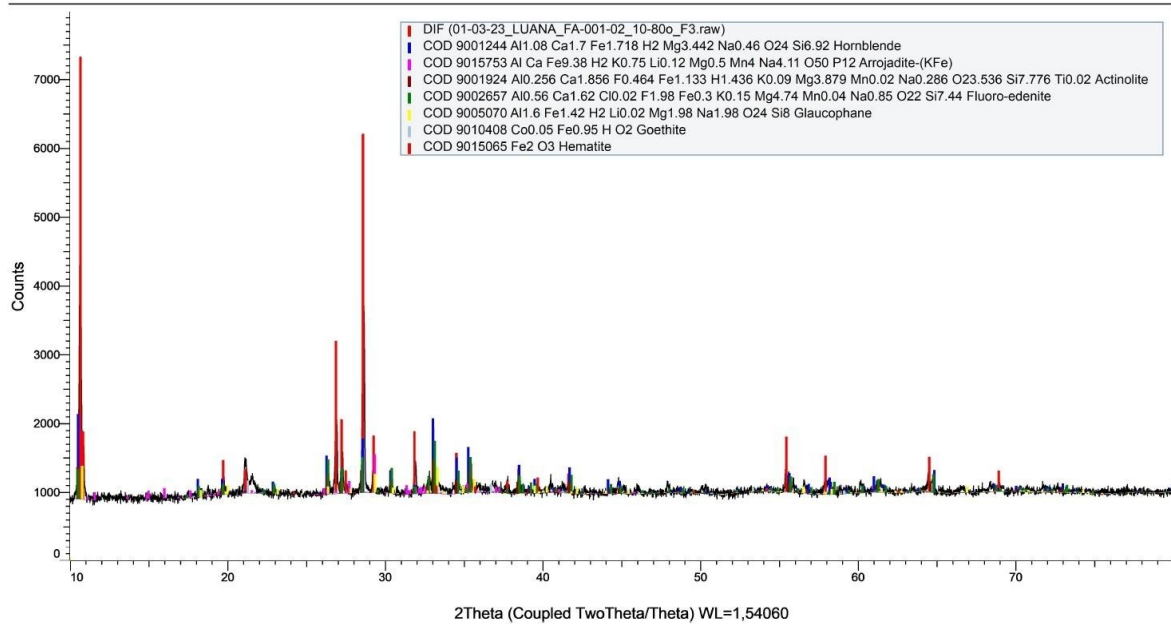
Amostra	Malha Tyler	Abertura (µm)	% Retida	% Retida Acumulada	Hg	SiO2	Al2O3	Fe	Fe2O3	CaO	MgO	TiO2	P	Na2O	K2O	V2O5	Mn	LOI	Σ Soma
LA-FA6-01A	10	1651	6,17	6,17	<0,05	78,3	1,9	11,6	16,58452	0,03	0,16	0,07	0,018	<0,1	0,11	<0,01	0,14	2,93	100,1725
LA-FA6-01B	35	417	12,35	18,52	<0,05	63,8	4,03	18,4	26,30648	0,02	0,19	0,11	0,031	<0,1	0,19	<0,01	0,2	4,99	99,75748
LA-FA6-01C	80	180	38,27	56,79	<0,05	58,1	7,75	20	28,594	0,02	0,37	0,18	0,037	<0,1	0,37	<0,01	0,11	6,17	101,521
LA-FA6-01D	100	147	14,20	70,99	<0,05	47,5	10,1	23,2	33,16904	0,01	0,39	0,21	0,045	<0,1	0,46	<0,01	0,11	7,7	99,48404
LA-FA6-01E	150	104	4,94	75,93	<0,05	43,9	10,9	24,6	35,17062	0,01	0,43	0,23	0,046	<0,1	0,49	<0,01	0,12	8,27	99,33662
LA-FA6-01F			6,17	82,10	<0,05	38	10,9	28	40,0316	0,01	0,39	0,22	0,053	<0,1	0,44	<0,01	0,15	8,96	98,9346
LA-FA6-02A	10	1651	7,58	7,58	<0,05	71,3	1,33	16,4	23,44708	0,02	0,13	0,04	0,019	<0,1	0,05	<0,01	0,48	3,56	100,3361
LA-FA6-02B	35	417	16,67	24,24	<0,05	51,6	2,76	26,9	38,45893	0,02	0,22	0,08	0,033	<0,1	0,08	<0,01	0,54	6,34	100,0519
LA-FA6-02C	80	180	16,67	40,91	<0,05	54,7	3,42	24,3	34,74171	0,02	0,21	0,1	0,032	<0,1	0,12	<0,01	0,28	6,12	99,64371
LA-FA6-02D	100	147	11,36	52,27	<0,05	49,1	5,06	26,2	37,45814	0,02	0,24	0,18	0,036	<0,1	0,21	<0,01	0,23	6,93	99,28414
LA-FA6-02F	150	104	30,30	82,58	<0,05	30	7,3	37,4	53,47078	0,01	0,27	0,19	0,052	<0,1	0,28	<0,01	0,23	9,46	101,0728
LA-FA6-03A	10	1651	10,53	10,53	<0,05	58,9	2,24	21,3	30,45261	0,17	0,8	0,11	0,024	<0,1	0,08	<0,01	0,27	6,78	99,71661
LA-FA6-03B	35	417	14,74	25,26	<0,05	50,4	2,88	27,3	39,03081	0,06	0,63	0,11	0,034	<0,1	0,12	<0,01	0,26	7,47	100,8848
LA-FA6-03C	80	180	4,21	29,47	<0,05	54	4,92	22,2	31,73934	0,09	0,51	0,17	0,028	<0,1	0,31	<0,01	0,13	6,47	98,19734
LA-FA6-03D	100	147	27,89	57,37	<0,05	56,3	5,15	22,7	32,45419	0,05	0,55	0,17	0,028	<0,1	0,34	<0,01	0,16	6,43	101,4622
LA-FA6-03E	150	104	16,84	74,21	<0,05	48,3	7,05	26,1	37,31517	0,04	0,51	0,22	0,035	<0,1	0,44	<0,01	0,19	7,62	101,5002
LA-FA6-03F			7,37	81,58	<0,05	37,6	7,51	30,4	43,46288	0,03	0,52	0,24	0,039	<0,1	0,48	<0,01	0,26	8,77	98,67188
LA-FA6-04A	10	1651	3,85	3,85	<0,05	60	3,27	21,7	31,02449	0,04	0,41	0,18	0,022	<0,1	0,29	<0,01	0,025	5,55	100,6315
LA-FA6-04B	35	417	10,77	14,62	<0,05	50,8	5,53	24,8	35,45656	0,03	0,59	0,23	0,026	<0,1	0,51	<0,01	0,035	6,56	99,53756
LA-FA6-04C	80	180	53,85	68,46	<0,05	49,3	9,82	22,1	31,59637	0,03	0,95	0,37	0,024	<0,1	1,03	<0,01	0,029	7,12	99,89937
LA-FA6-04D	100	147	6,92	75,38	<0,05	43,5	11,2	23,4	33,45498	0,02	0,95	0,41	0,028	<0,1	1,16	<0,01	0,029	7,8	98,14198
LA-FA6-04E	150	104	1,54	76,92	<0,05	41,5	11,7	24,2	34,59874	0,02	0,96	0,45	0,029	<0,1	1,18	<0,01	0,029	8,22	98,23674
LA-FA6-04F			1,54	78,46	<0,05	39	10,7	26,7	38,17299	0,03	0,85	0,51	0,033	<0,1	1	<0,01	0,037	8,55	98,37299
LA-FA6-05A	10	1651	10,71	10,71	<0,05	60,7	1,73	22,5	32,16825	0,04	0,33	0,02	0,027	<0,1	0,04	<0,01	0,067	5,67	100,7723
LA-FA6-05B	35	417	19,05	29,76	<0,05	56,6	2,03	24,5	35,02765	0,04	0,36	0,04	0,028	<0,1	0,07	<0,01	0,078	5,8	100,0337
LA-FA6-05C	80	180	36,90	66,67	<0,05	52,5	2,54	25,7	36,74329	0,04	0,41	0,06	0,027	<0,1	0,18	<0,01	0,081	5,87	98,39129
LA-FA6-05D	100	147	11,90	78,57	<0,05	50,6	3,29	27,5	39,31675	0,04	0,41	0,07	0,034	<0,1	0,24	<0,01	0,11	6,8	100,8408
LA-FA6-05E	150	104	2,38	80,95	<0,05	47,8	3,22	27,8	39,74566	0,05	0,43	0,08	0,031	<0,1	0,25	<0,01	0,11	6,82	98,45666
LA-FA6-05F			2,38	83,33	<0,05	47,1	3,26	30,2	43,17694	0,04	0,42	0,09	0,038	<0,1	0,23	<0,01	0,14	7,24	101,6449
LA-FA6-06A	10	1651	10,11	10,11	<0,05	63,7	0,71	21,8	31,16746	0,01	<0,1	0,03	0,024	<0,1	0,04	<0,01	0,079	3,78	99,51046
LA-FA6-06B	35	417	15,73	25,84	<0,05	54,6	1,11	28,1	40,17457	0,02	0,11	0,03	0,03	<0,1	0,09	<0,01	0,077	4,51	100,7216
LA-FA6-06C	80	180	22,47	48,31	<0,05	47,1	1,45	31,9	45,60743	0,01	0,17	0,05	0,032	<0,1	0,19	<0,01	0,064	4,82	99,44343
LA-FA6-06D	100	147	26,40	74,72	<0,05	34,2	2,28	39,3	56,18721	0,02	0,25	0,08	0,048	<0,1	0,27	<0,01	0,084	6,77	100,1092
LA-FA6-06E	150	104	6,74	81,46	<0,05	29,4	2,7	42,3	60,47631	0,03	0,25	0,07	0,056	<0,1	0,28	<0,01	0,098	7,72	101,0103
LA-FA6-06F			3,37	84,83	<0,05	28,4	2,47	42,5	60,76225	0,01	0,24	0,06	0,056	<0,1	0,21	<0,01	0,1	7,8	100,0483
LA-FA6-07A	10	1651	12,89	12,89	<0,05	62	1,65	20,3	29,02291	0,85	1,8	0,07	0,017	0,13	0,22	<0,01	0,81	1,98	98,34991
LA-FA6-07B	35	417	18,56	31,44	<0,05	52,3	4,15	25,1	35,88547	0,72	1,89	0,17	0,032	0,13	0,58	<0,01	0,67	4,23	100,4575
LA-FA6-07C	80	180	36,60	68,04	<0,05	46,9	4,78	27,7	39,60269	0,66	1,96	0,19	0,034	0,11	0,63	<0,01	0,3	4,1	98,96669
LA-FA6-07D	100	147	19,59	87,63	<0,05	41,4	6,44	29,8	42,60506	0,84	2,11	0,28	0,047	0,11	0,54	<0,01	0,3	5,33	99,61206
LA-FA6-07E	150	104	1,55	89,18	<0,05	41,4	6,01	29,4	42,03318	1,01	2,2	0,27	0,047	0,13	0,46	<0,01	0,31	4,6	98,07018
LA-FA6-07F			2,06	91,24	<0,05	40,3	5,03	32,7	46,75119	1,08	2,21	0,25	0,054	0,18	0,4	<0,01	0,33	4,61	100,7652
LA-FA7-01A	10	1651	53,52	53,52	0,08	65	1,04	22	31,4534	0,01	0,12	0,03	0,059	<0,1	0,03	<0,01	0,063	3,51	101,2854
LA-FA7-01B	35	417	18,31	71,83	0,06	63,5	1,47	21,1	30,16667	0,01	<0,1	0,06	0,067	<0,1	0,03	<0,01	0,075	3,88	99,19867
LA-FA7-01C	80	180	4,23	76,06	0,08	60	2,16	23,8	34,02686	0,08	0,13	0,09	0,086	<0,1	0,04	<0,01	0,11	4,35	100,9829
LA-FA7-01D	100	147	4,93	80,99	0,08	61,5	1,95	23,1	33,02607	0,03	0,14	0,07	0,086	<0,1	0,05	<0,01	0,084	4,51	101,3761
LA-FA7-01F	150	104	3,03	84,01	0,1	58,3	1,23	24,2	34,59874	0,03	<0,1	0,05	0,084	<0,1	0,02	<0,01	0,091	4,73	99,08374
LA-FA7-02A	10	1651	30,41	30,41	<0,05	57,3	0,24	27,6	39,45972	0,27	0,94	<0,01	0,05	<0,1	0,02	<0,01	0,15	2,45	100,8797
LA-FA7-02B	35	417	25,26	55,67	<0,05	59,3	0,51	25,8	36,88626	0,27	0,79	<0,01	0,051	<0,1	0,04	<0,01	0,24	2,67	100,7573
LA-FA7-02C	80	180	18,04	73,71	<0,05	56,7	0,98	27	38,6019	0,21	0,68	0,02	0,058	<0,1	0,09	<0,01	0,25	2,91	100,4799
LA-FA7-02D	100	147	10,31	84,02	<0,05	54,9	1,18	27,5	39,31675	0,24	0,72	0,02	0,068	<0,1	0,09	<0,01	0,24	3,33	100,0848
LA-FA7-02E	150	104	4,12	88,14	<0,05	54,1	1,14	27,4	39,17378	0,24	0,7	0,02	0,067	<0,1	0,08	<0,01	0,24	3,29	99,03078
LA-FA7-02F			3,61	91,75	<0,05	51,3	1,04	28,7	41,03239	0,23	0,66	<0,01	0,072	<0,1	0,07	<0,01	0,25	3,5	98,15439

## Anexo 2 - Difractogramas de Raios X

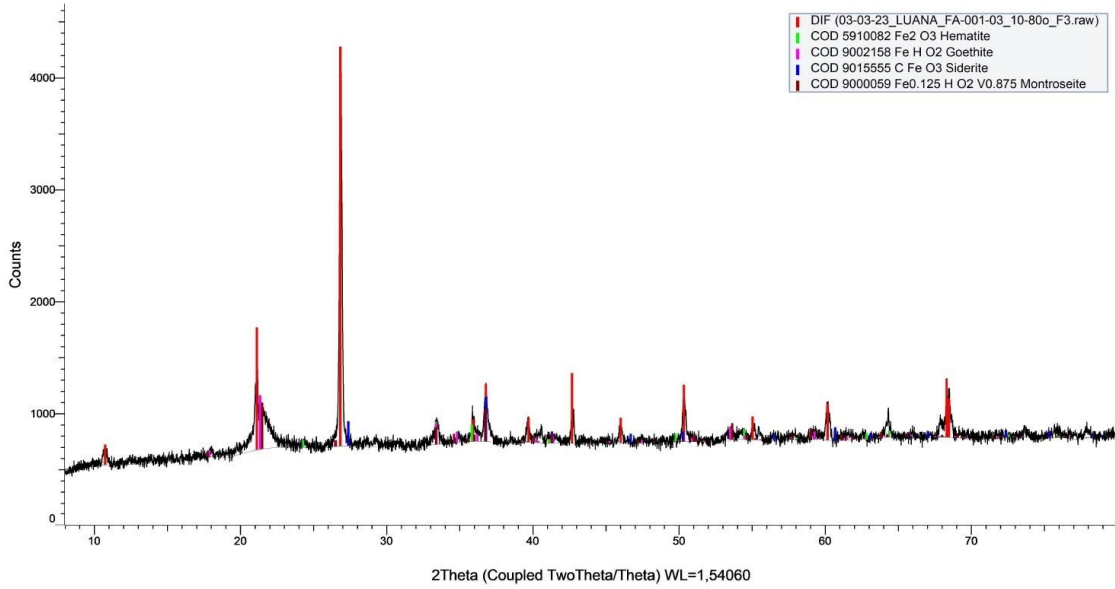
(Coupled TwoTheta/Theta)



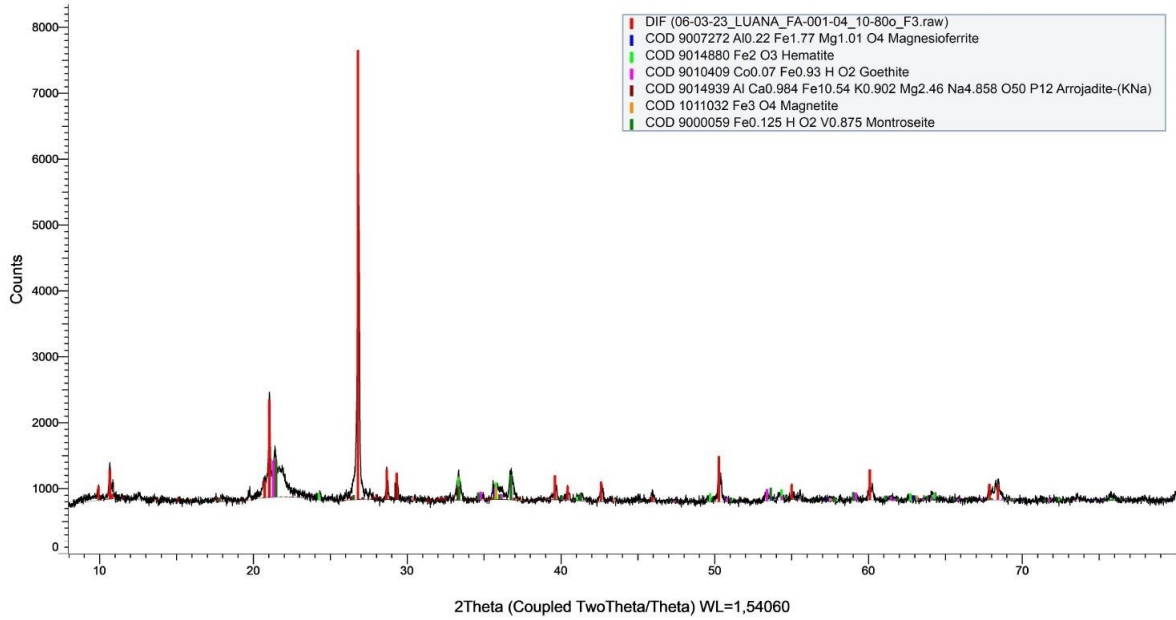
(Coupled TwoTheta/Theta)



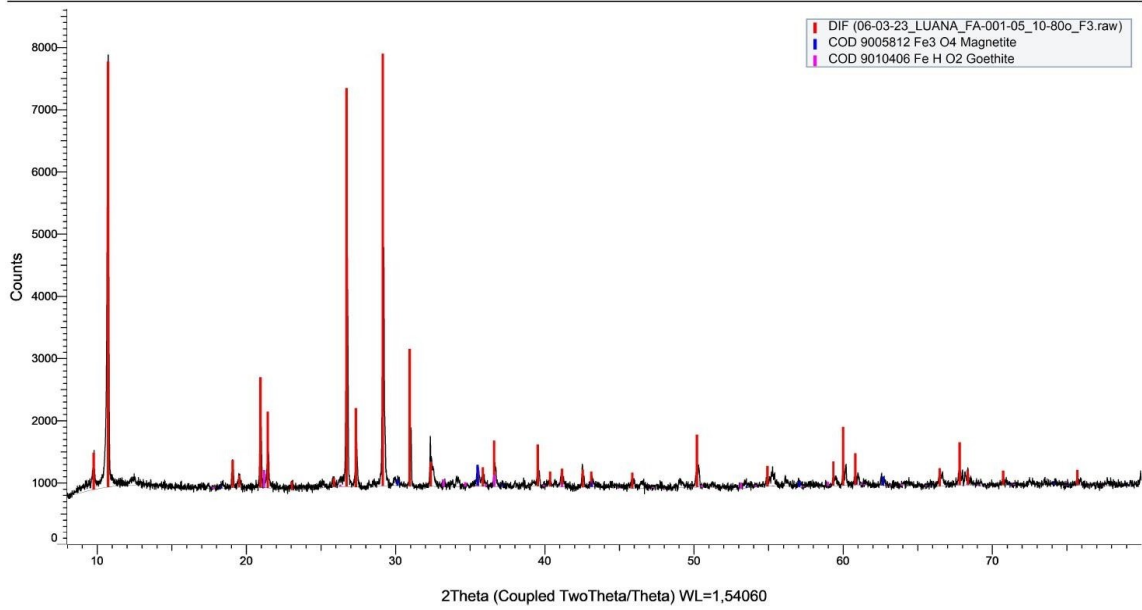
(Coupled TwoTheta/Theta)



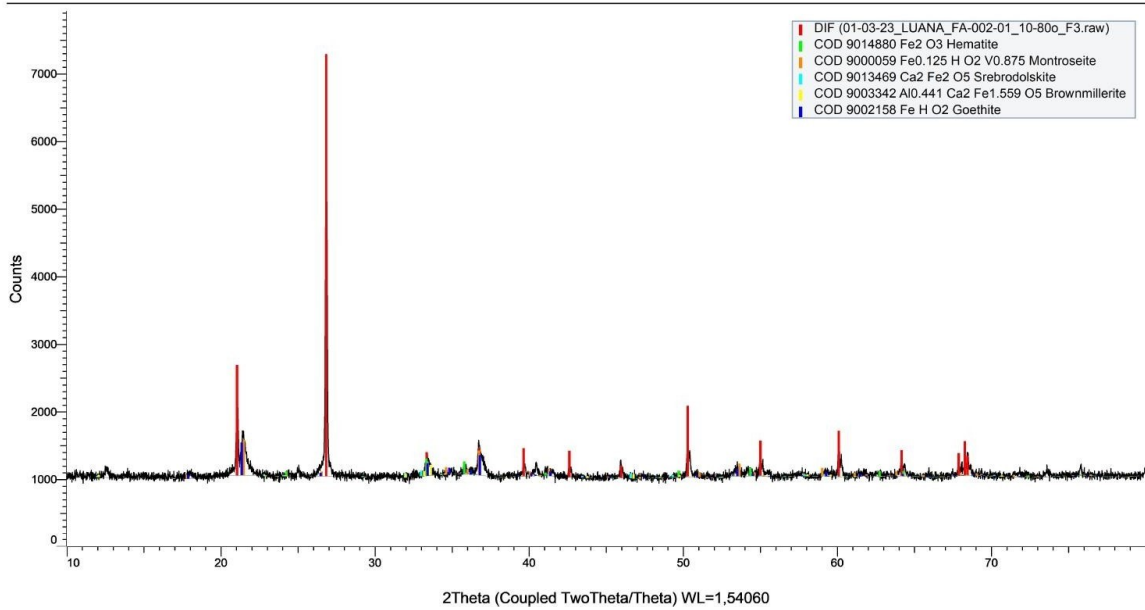
(Coupled TwoTheta/Theta)



(Coupled TwoTheta/Theta)

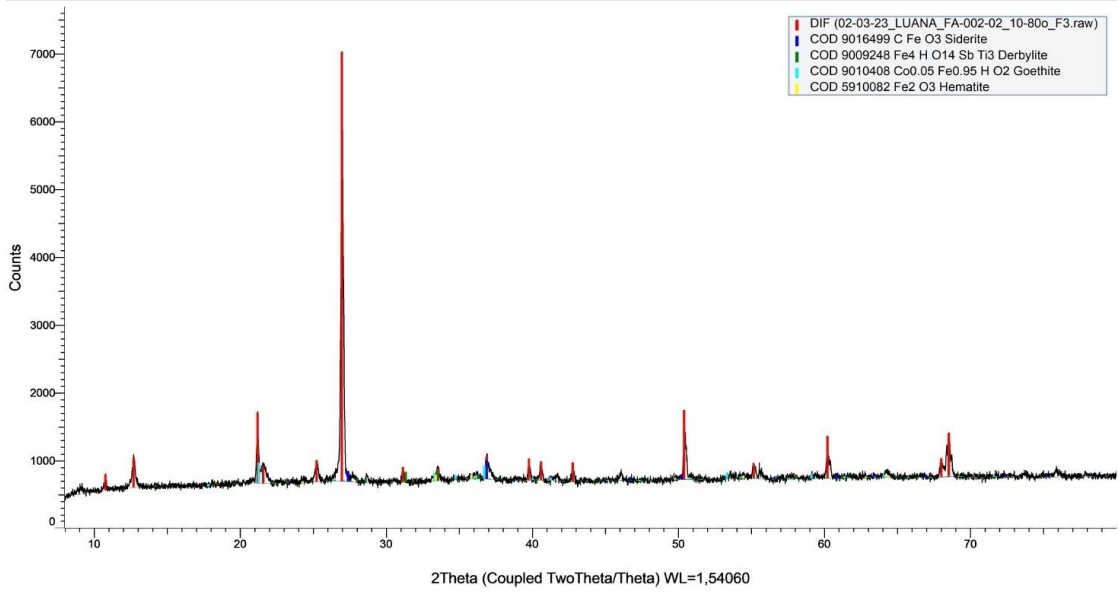


(Coupled TwoTheta/Theta)

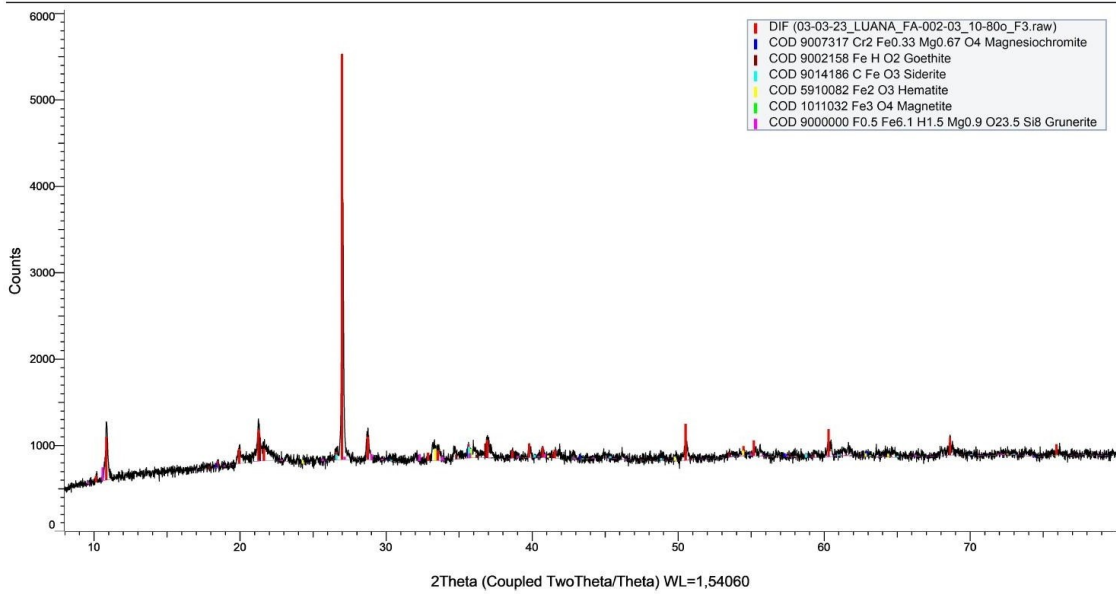




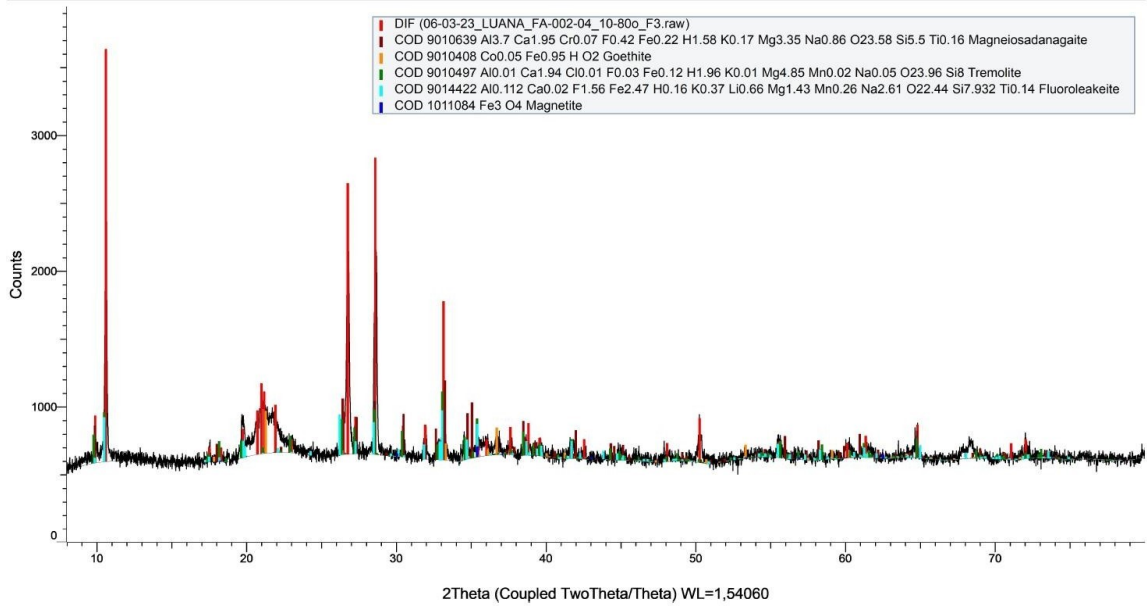
(Coupled TwoTheta/Theta)



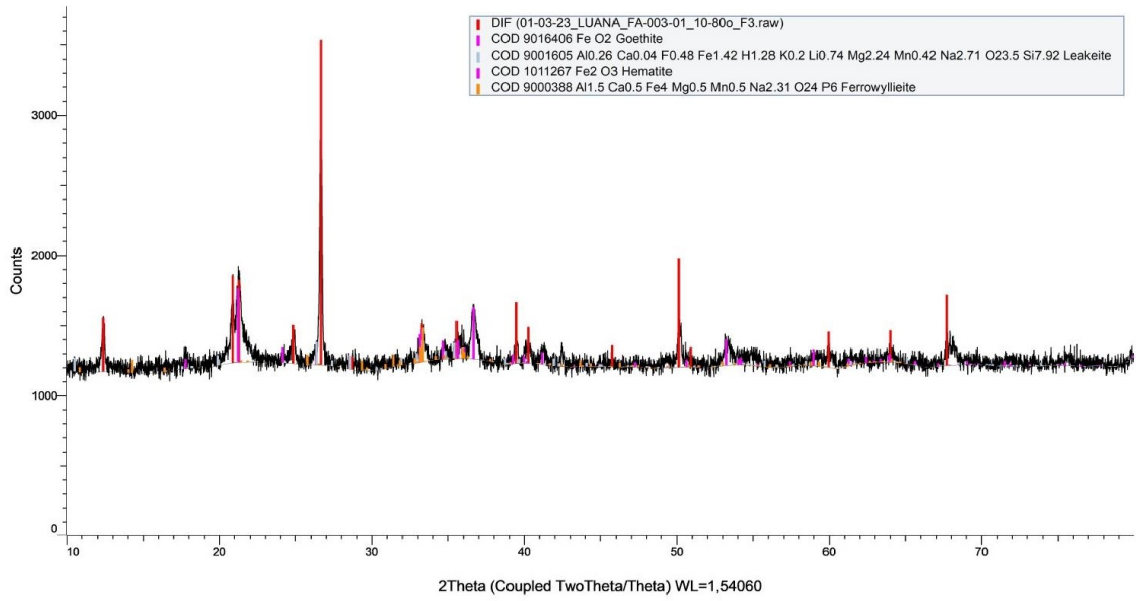
(Coupled TwoTheta/Theta)



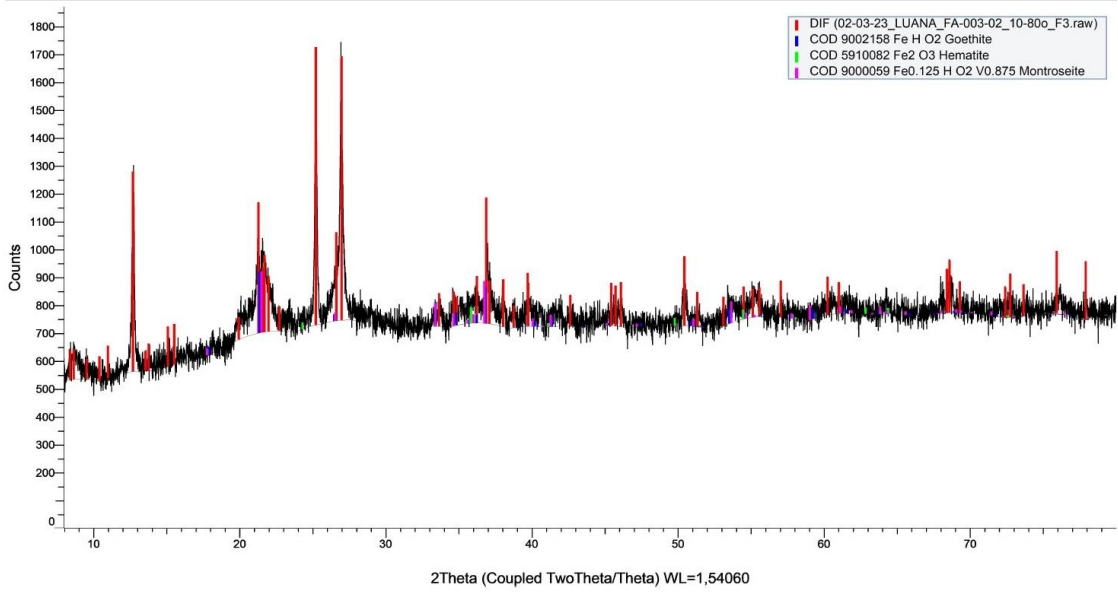
(Coupled TwoTheta/Theta)



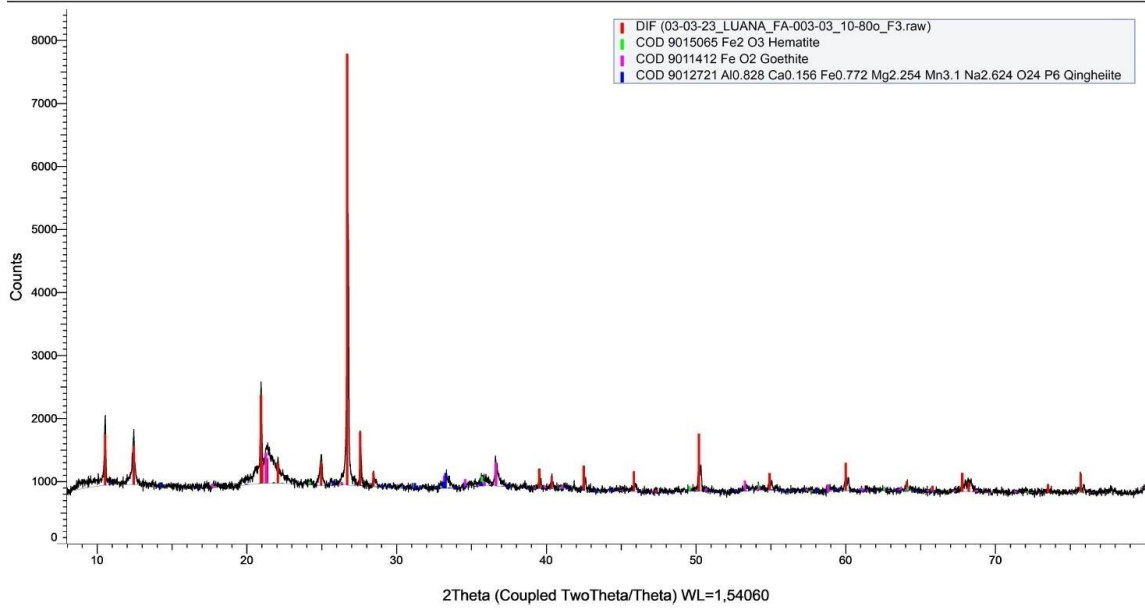
(Coupled TwoTheta/Theta)



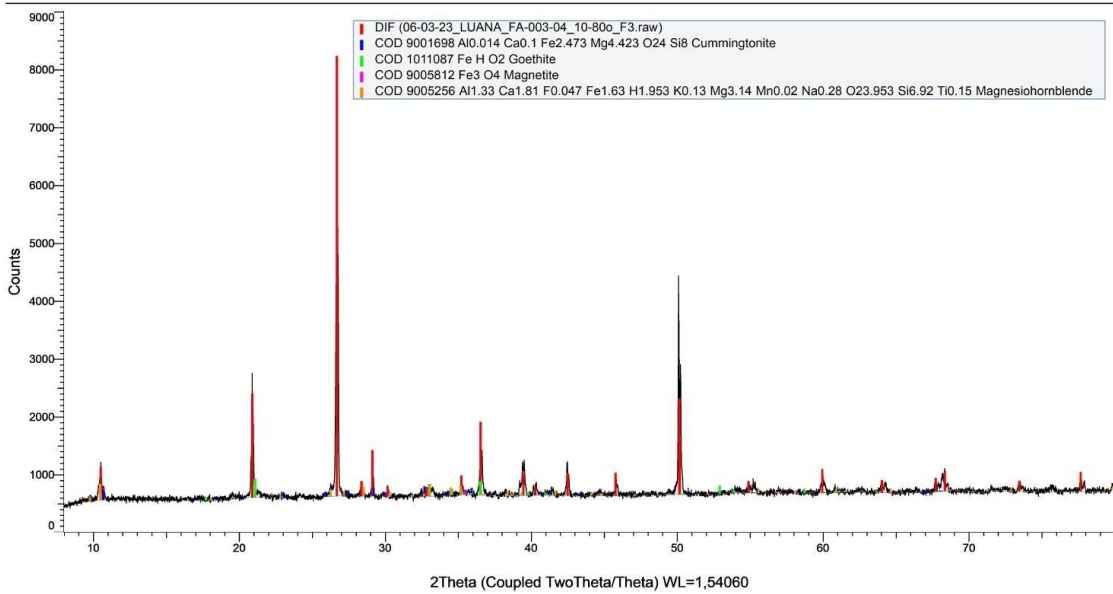
(Coupled TwoTheta/Theta)



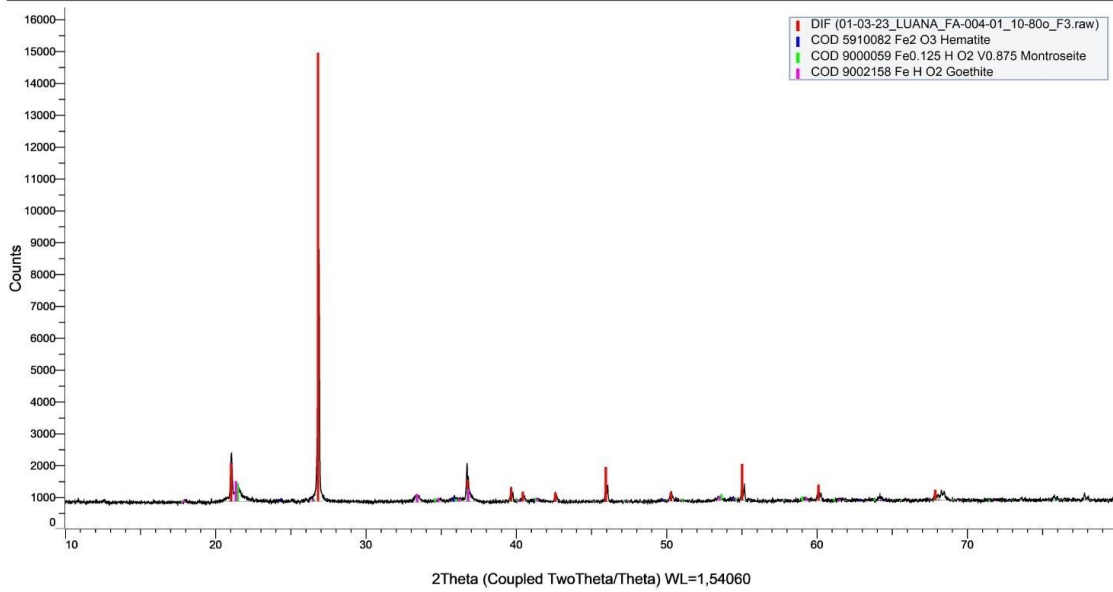
## (Coupled TwoTheta/Theta)



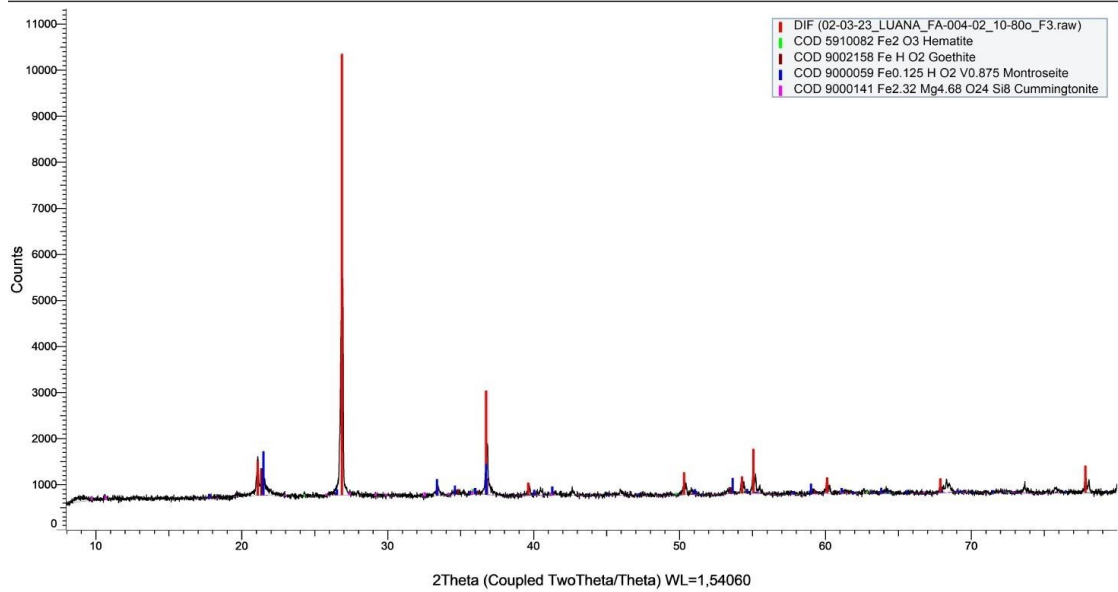
## (Coupled TwoTheta/Theta)



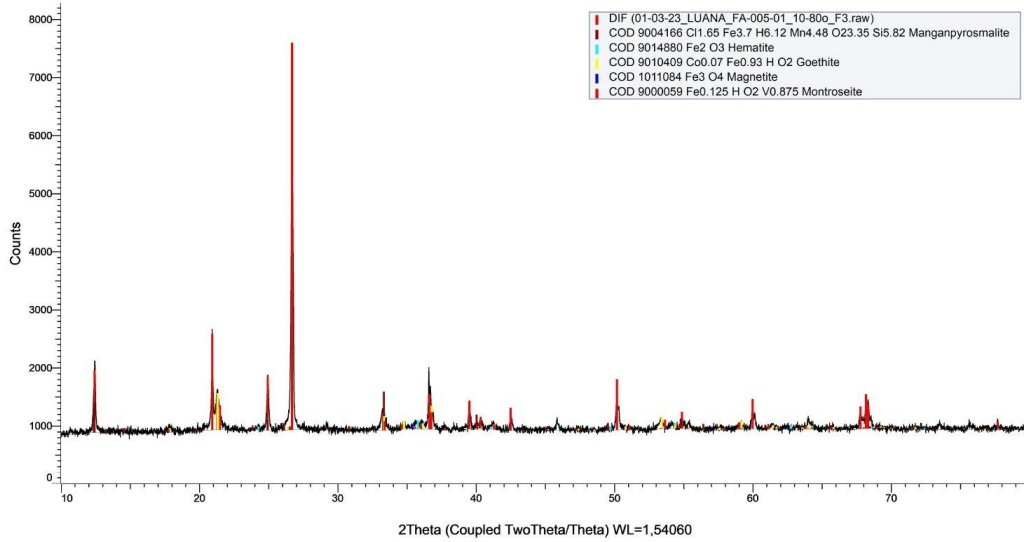
## (Coupled TwoTheta/Theta)



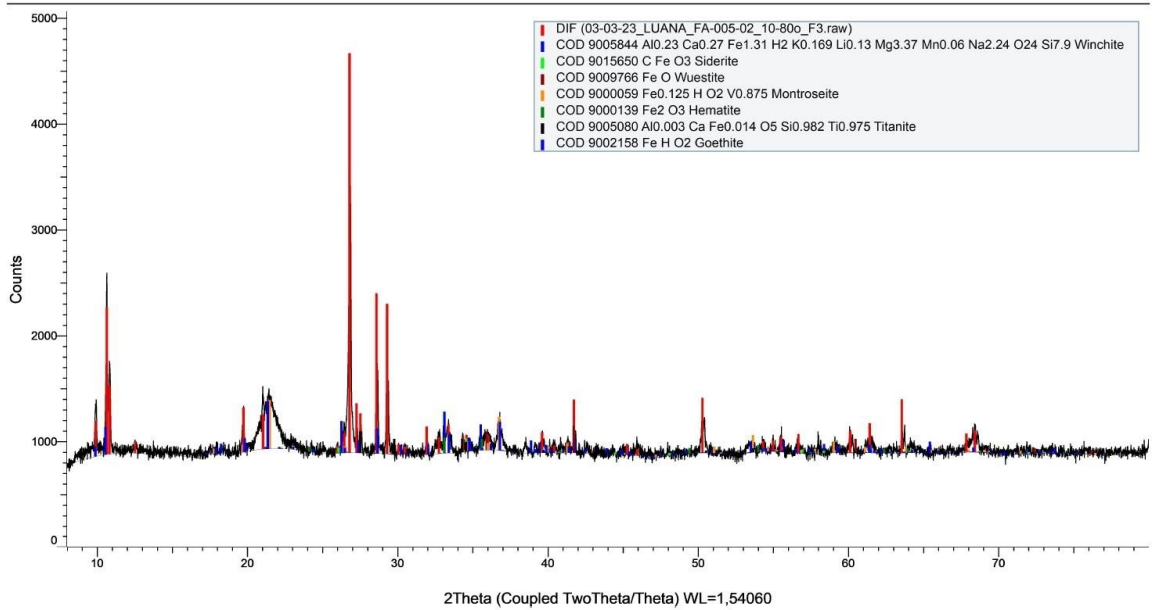
## (Coupled TwoTheta/Theta)



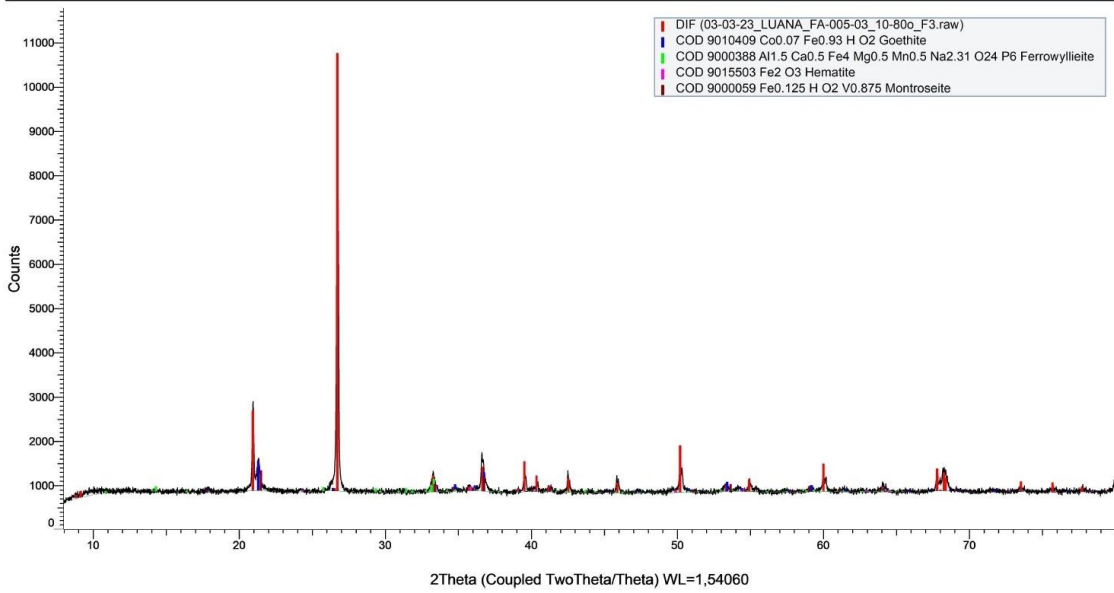
## (Coupled TwoTheta/Theta)



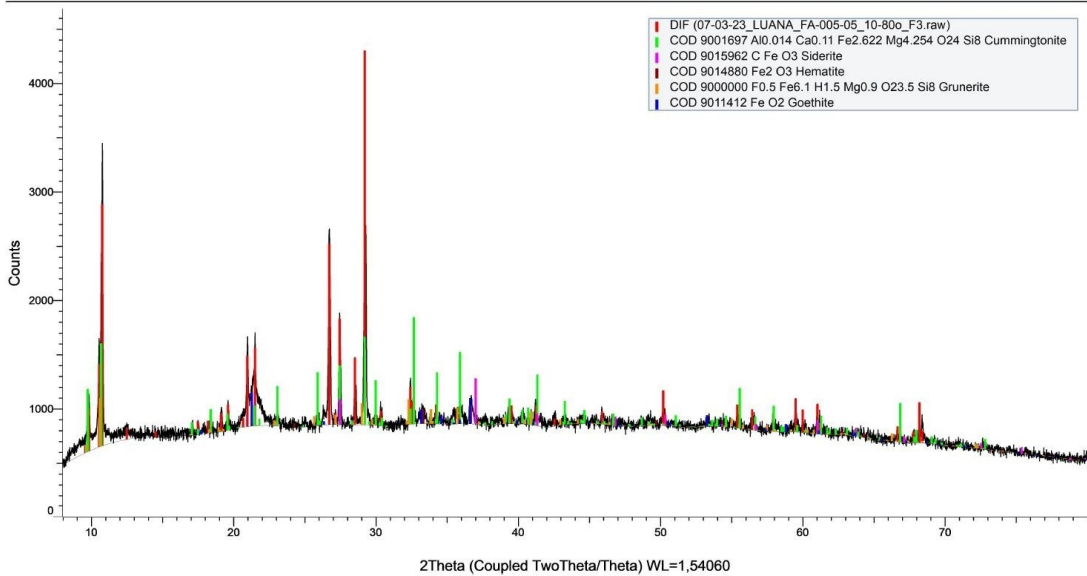
## (Coupled TwoTheta/Theta)



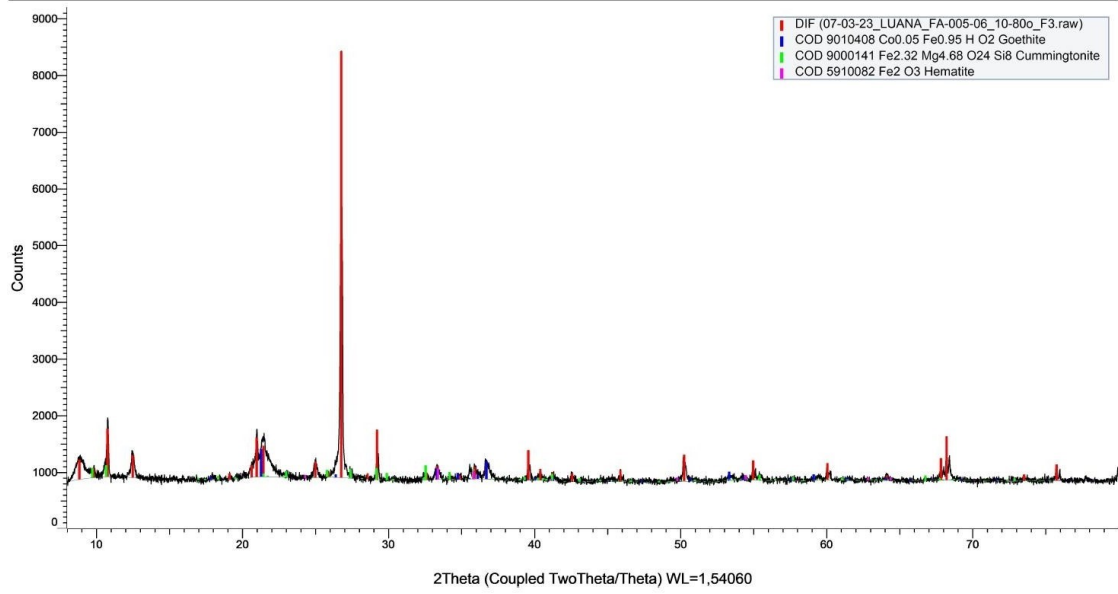
## (Coupled TwoTheta/Theta)



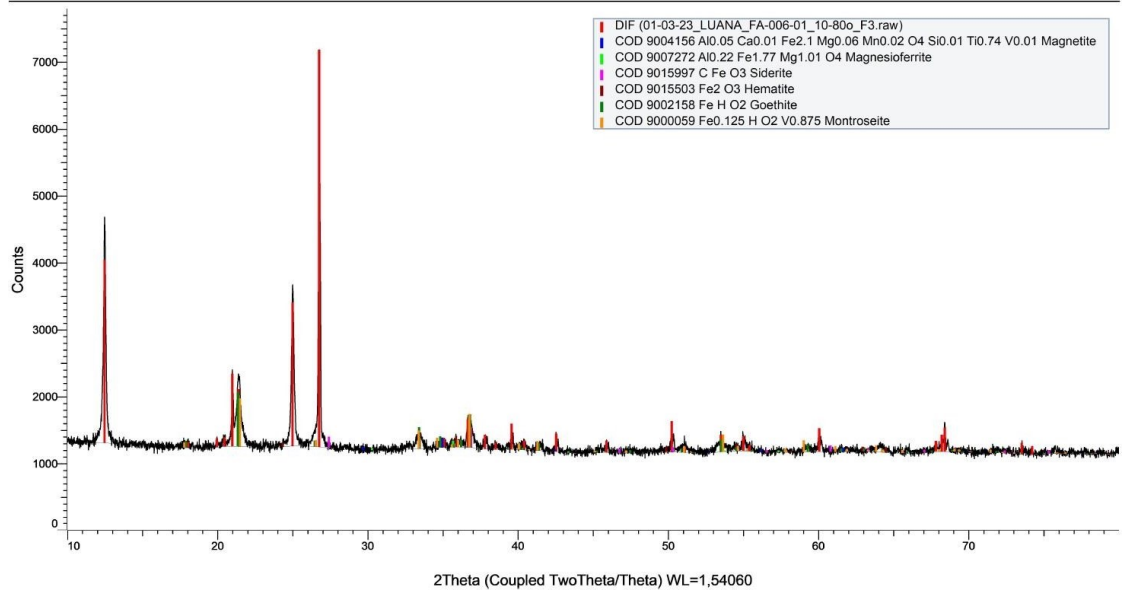
## (Coupled TwoTheta/Theta)



## (Coupled TwoTheta/Theta)

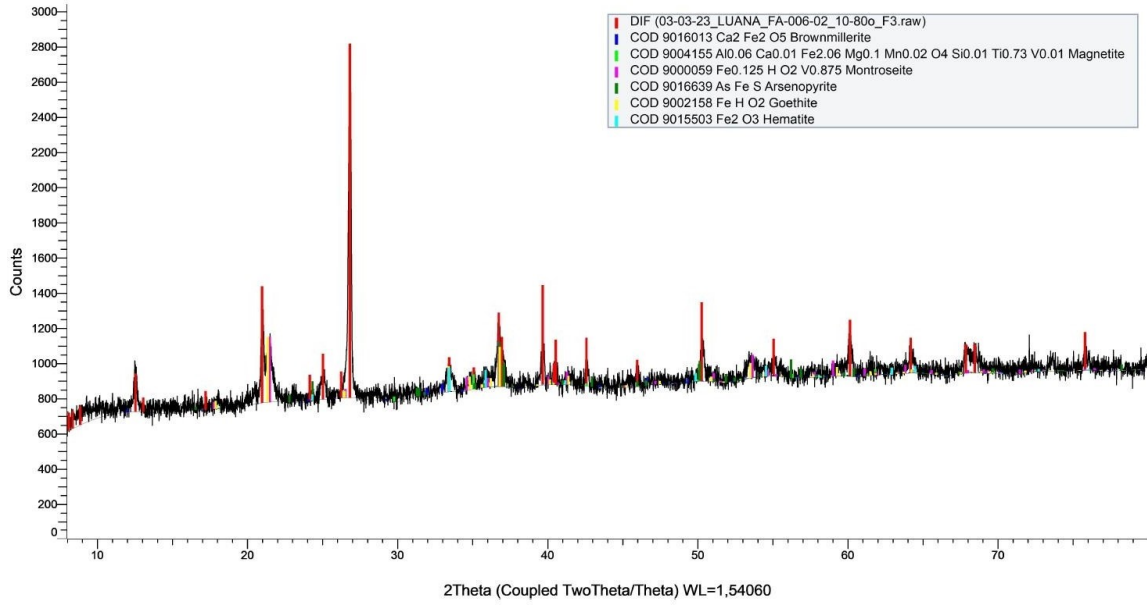


## (Coupled TwoTheta/Theta)

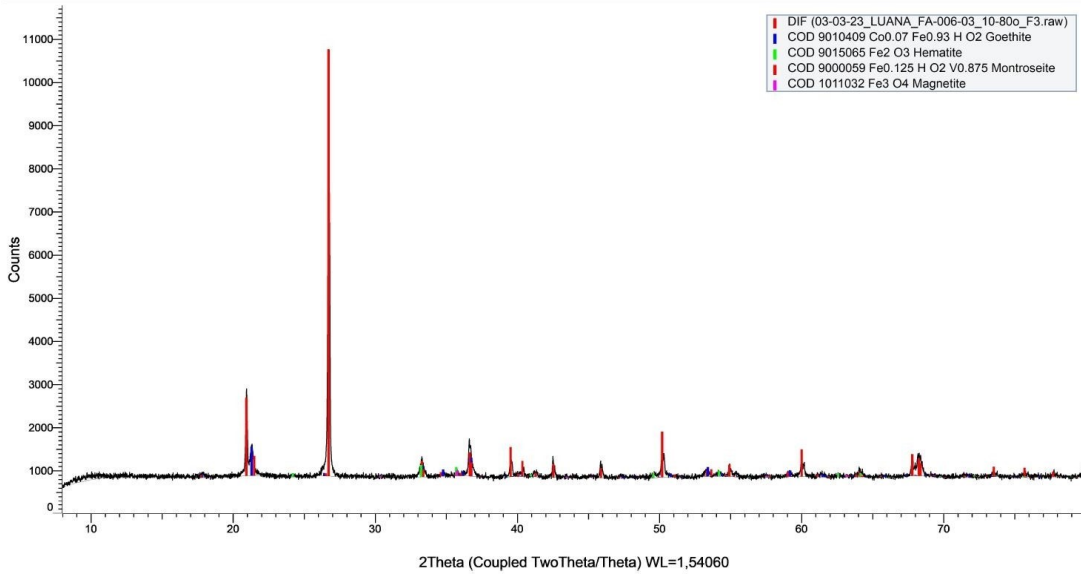




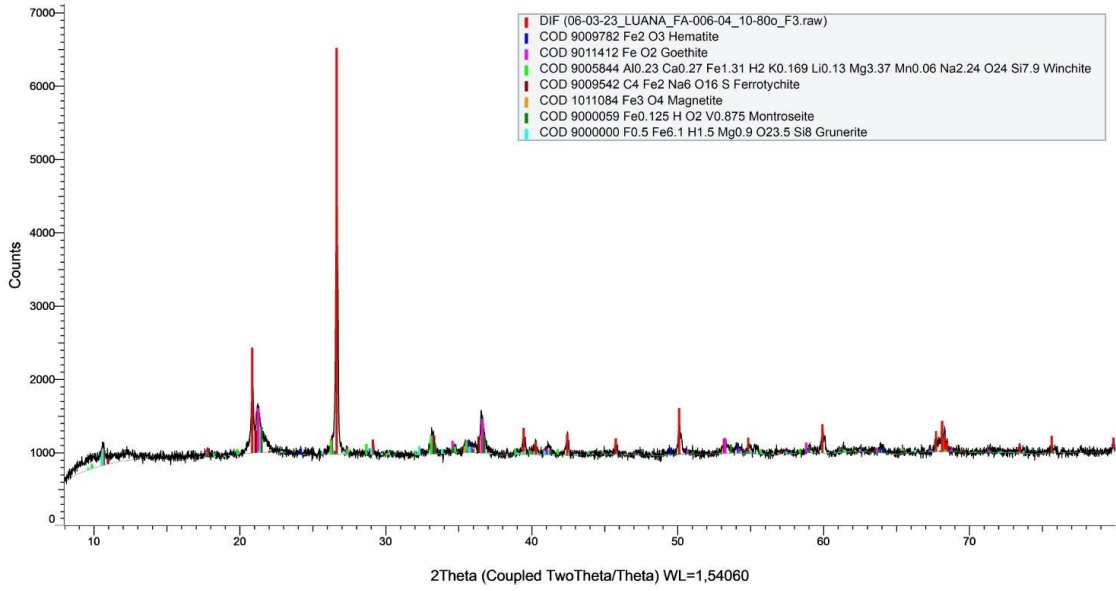
(Coupled TwoTheta/Theta)



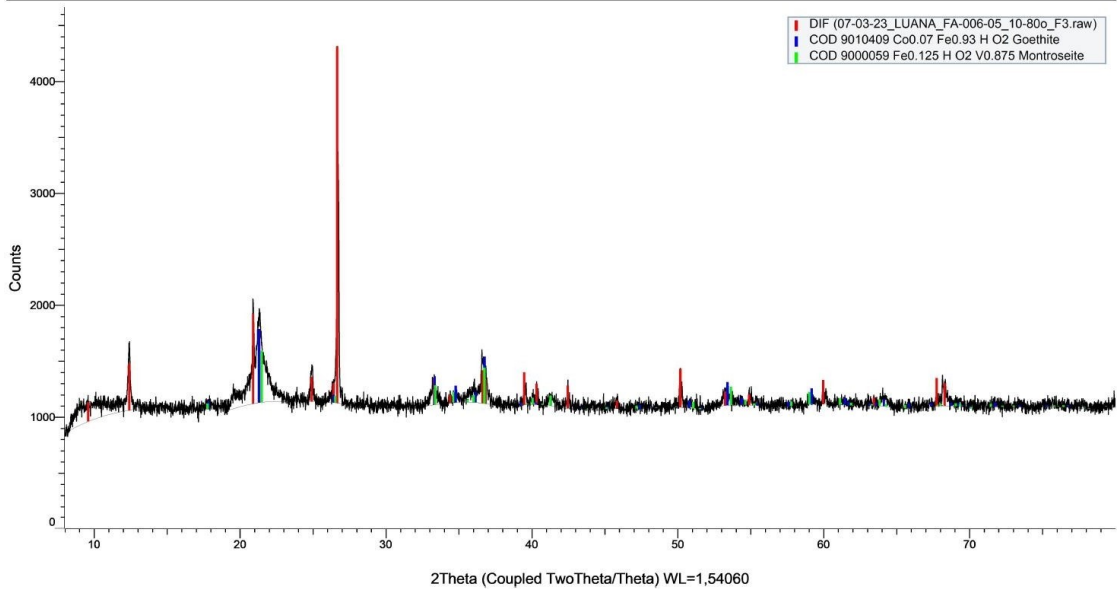
(Coupled TwoTheta/Theta)



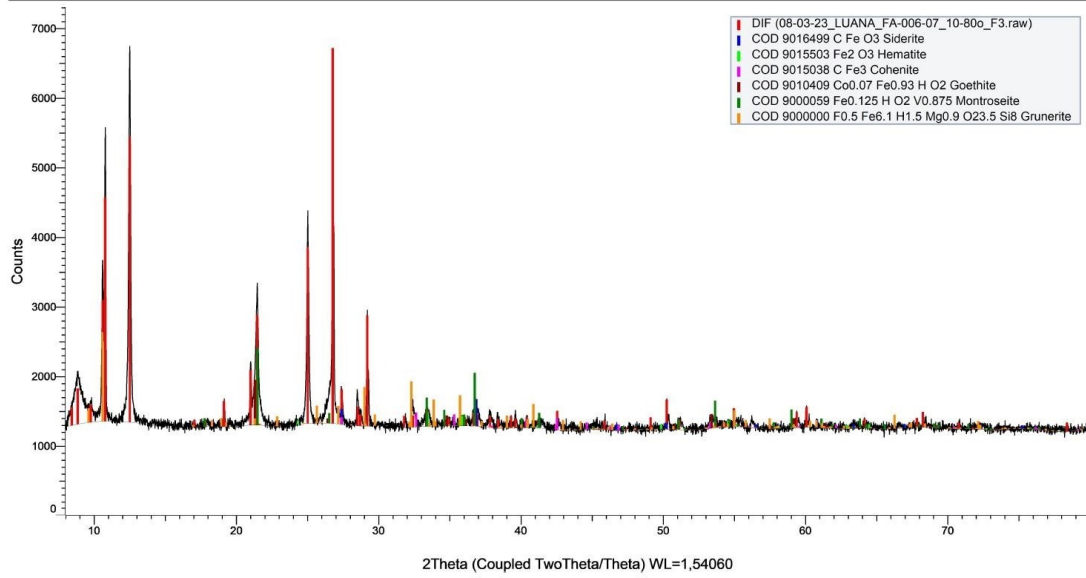
(Coupled TwoTheta/Theta)



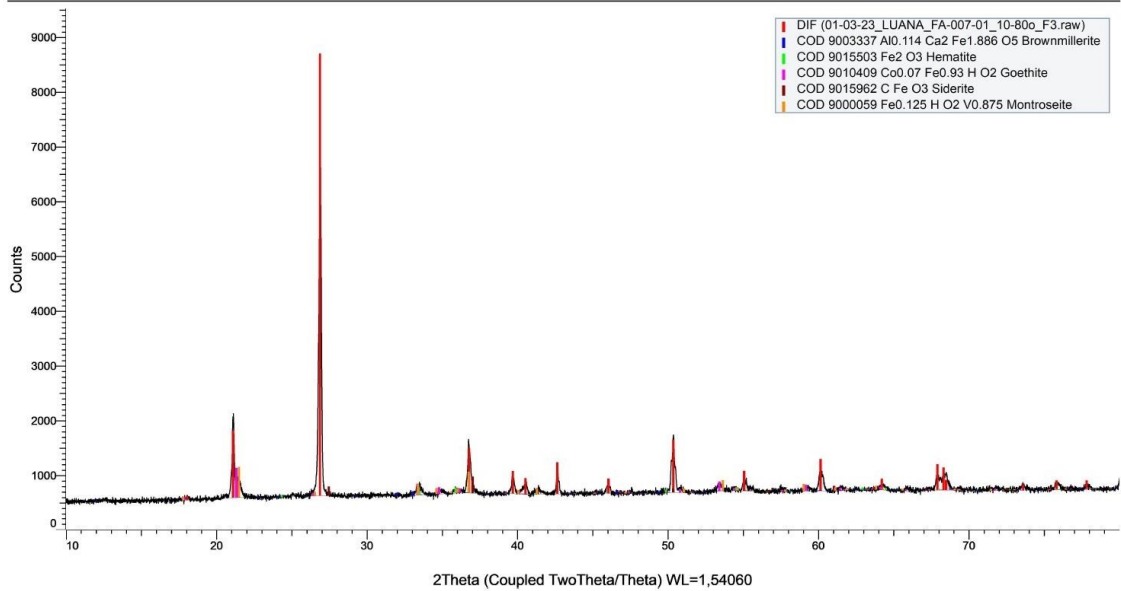
(Coupled TwoTheta/Theta)



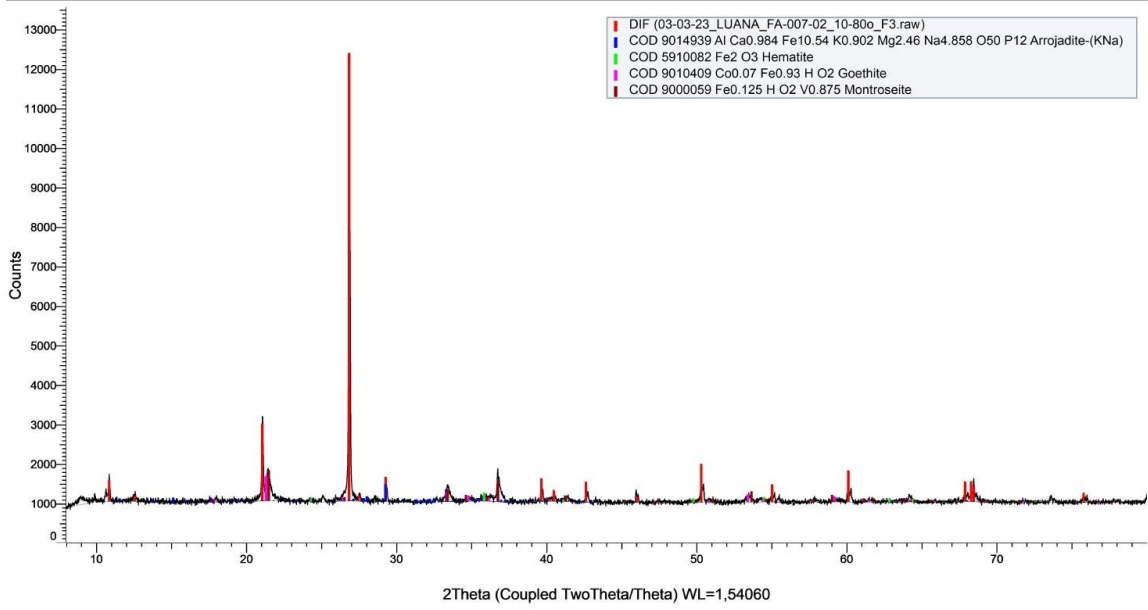
## (Coupled TwoTheta/Theta)



## (Coupled TwoTheta/Theta)



(Coupled TwoTheta/Theta)



## Anexo 3 - Tabela de Minerais

<b>Classe</b>	<b>Anfibólio</b>				
<b>Mineral</b>	<b>Fluoro edenita</b>	<b>Winchiite</b>	<b>Cummingtonita</b>	<b>Fluoro leakeite</b>	<b>Grunerita</b>
<b>Formula Quimica</b>	$\text{NaCa}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}\text{F}_2$	$\{\text{CaNa}\}\{\text{Mg}_4\text{Al}\}(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$	$(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_2(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	$\text{NaNa}_2(\text{Mg}_2\text{Al}_2\text{Li})(\text{Si}_8\text{O}_{22})\text{F}_2$	$\text{Fe}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
<b>Classe</b>	<b>Óxido</b>			<b>Diásporo</b>	<b>Sulfeto</b>
<b>Mineral</b>	<b>Hematita</b>	<b>Goethita</b>	<b>Magnetita</b>	<b>Montroseita</b>	<b>Arsenopirita</b>
<b>Formula Quimica</b>	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}(\text{OH})$	$\text{FeO}$	$(\text{V}^{3+},\text{Fe}^{3+})\text{O}(\text{OH})$	$\text{FeAsS}$
<b>Classe</b>	<b>Espinelio</b>			<b>Carbonato</b>	<b>silicato</b>
<b>Mineral</b>	<b>Titanomaghemite</b>	<b>Magnesiocromita</b>	<b>Mgferrite</b>	<b>Siderita</b>	<b>Titanita</b>
<b>Formula Quimica</b>	$(\text{Ti}^{4+}_{0.5}\square_{0.5})\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$	$\text{MgCr}_2\text{O}_4$	$\text{MgFe}^{3+}_2\text{O}_4$	$\text{FeCO}_3$	$\text{CaTiSiO}_5$
<b>Classe</b>	<b>Sulfato</b>	<b>Perovskita</b>	<b>Alaudita</b>	<b>Pyrosmalite</b>	
<b>Classe</b>	<b>Natrojarosita</b>	<b>Srebrodolskita</b>	<b>Fewyllieite</b>	<b>Manganopyrosmalite</b>	
<b>Formula Quimica</b>	$\text{NaFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$	$\text{Ca}_2\text{Fe}_3+2\text{O}_{5.2}$	$(\text{Na},\text{Ca},\text{Mn})(\text{Mn},\text{Fe})(\text{Fe},\text{Mg})\text{Al}(\text{PO}_4)_3$	$\text{Mn}^{2+}_8\text{Si}_6\text{O}_{15}(\text{OH},\text{Cl})_{10}$	