

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO ESCOLA DE MINAS DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Desenvolvimento de metodologia otimizada para análise de elementos maiores, menores e traços presentes em formações ferríferas utilizando LA-ICP-MS

Paula Luiza Fraga Ferreira

MONOGRAFIA nº 282

Ouro Preto, julho de 2018

ii

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA OTIMIZADA PARA ANÁLISE DE ELEMENTOS MAIORES, MENORES E TRAÇOS PRESENTES EM FORMAÇÕES FERRÍFERAS UTILIZANDO LA-ICP-MS

iv



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Reitora

Prof.^a Dr.^a Cláudia Aparecida Marliére de Lima

Vice-Reitor

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Pró-Reitora de Graduação

Prof.^a Dr.^a Tânia Rossi Garbin

ESCOLA DE MINAS

Diretor

Prof. Dr. Issamu Endo

Vice-Diretor

Prof. Dr. Hernani Mota de Lima

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

Chefe

Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca

vi

MONOGRAFIA

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA OTIMIZADA PARA ANÁLISE DE ELEMENTOS MAIORES, MENORES E TRAÇOS PRESENTES EM FORMAÇÕES FERRÍFERAS UTILIZANDO LA-ICP-MS

Paula Luiza Fraga Ferreira

Orientador

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Junior

Co-Orientadora

Dr.^a Adriana Trópia Abreu

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2018/1.

OURO PRETO

2018

Universidade Federal de Ouro Preto – http://www.ufop.br Escola de Minas - http://www.em.ufop.br Departamento de Geologia - http://www.degeo.ufop.br/ Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita 35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral: Paula Luiza Fraga Ferreira

Catalogação elaborada pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

F383d Ferreira, Paula Luiza Fraga. Desenvolvimento de metodologia otimizada para análise de elementos maiores, menores e traços presentes em formações ferríferas utilizando LA-ICP-MS [manuscrito] / Paula Luiza Fraga Ferreira. - 2018.
98f.: il.: color; grafs; tabs; mapas.
Orientador: Prof. Dr. Hermínio Nalini Arias Júnior. Coorientador: Dra. Adriana Trópia de Abreu.
Monografía (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia.
1. Geoquímica. 2. Minérios de ferro. I. Arias Júnior, Hermínio Nalini. II. Abreu, Adriana Trópia de. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Titulo.

Ficha de Aprovação

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Desenvolvimento de Metodologia para Análise de Elementos Maiores, Menores e Traços Presentes em Formações Ferríferas Utilizando LA-ICP-MS AUTORA: Paula Luiza Fraga Ferreira

ORIENTADOR : Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

Aprovada em: 10 de julho de 2018

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Adriana Trópia de Abreu

Adriana Fignia de Abreu

DEGEO/UFOP

MSc. Geraldo Magela Santos Sampaio_ Geveldo 11550000000

DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Cristiano de Carvalho Lana

DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 10/07/2018

х

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Jaime e Lia, que sempre me apoiaram em absolutamente todas as decisões que já tomei, e que fizeram enormes sacrifícios para que minha educação fosse a melhor possível. Agradeço à minha irmã, Mariana, por todos os anos que somos não apenas irmãs, mas também melhores amigas. Agradeço também a minha Dindinha Elzinha e Vovó Zoraide, que considero mães.

Agradeço à Nathalia, pelo amor, companheirismo, paciência e apoio incondicional que me deu enquanto realizava este trabalho.

Agradeço à Doutora Adriana Trópia, pelos ensinamentos, disposição e boa vontade na realização desta monografia, além da grandiosidade como profissional e pesquisadora.

Agradeço ao Professor Doutor Hermínio Nalini, pela boa vontade e competência na gestão do Laboratório de Geoquímica, e ao Celso, por toda a ajuda em diversos processos laboratoriais, além das boas risadas.

Agradeço à Professora Doutora Adivane Costa, pela excelente tutoria do PET, grupo que me fez crescer acadêmica e pessoalmente.

Agradeço aos amigos de Ouro Preto e Belo Horizonte, pelos conselhos e momentos de descontração, Jéssica, Juliane, Tainá, turma de geologia 12.2, pessoal do PET e fuscas.

Agradeço ao governo federal brasileiro e todas as agências que possibilitaram que eu pudesse pesquisar durante toda a graduação, CAPES, CNPq e FNDE.

Por fim, agradeço à Ouro Preto e sua Escola Minas, por terem me proporcionado os anos de maior crescimento pessoal em toda minha vida.

xii

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOSi
SUMÁRIO xii
ÍNDICE DE FIGURAS xv
ÍNDICE DE TABELASxvi
SIGLAS E ABREVIATURAS xvii
RESUMOxx
ABSTRACT
1 INTRODUÇÃO
1.1 APRESENTAÇÃO
1.2 OBJETIVOS
1.3 JUSTIFICATIVA
2 ESTADO DA ARTE
2.1 MINERAÇÃO DE FERRO: CARACTERÍSTICAS DOS MINERAIS
2.1.1 Hematita e Especularita (Fe ₂ O ₃)
2.1.2 Magnetita (Fe ₃ O ₄)
2.2 DESENVOLVIMENTO DE UM MATERIAL DE REFERÊNCIA
2.2.1 Diretrizes gerais para a produção de material de referência
2.2.2 Produção de material de referência para LA-ICP-MS
2.3 ANÁLISE DE MINERAIS DE ÓXIDO DE FERRO VIA LA-ICP-MS
2.3.1 A importância da precisão em análise de minerais de óxido de Fe
2.3.2 Análises de minerais de óxido de ferro via LA-ICP-MS atualmente10
2.4 TÉCNICAS INSTRUMENTAIS DE CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E
MINERALÓGICA UTILIZADAS NESTE TRABALHO1
2.4.1 Microssonda Eletrônica (EPMA – Electron Probe Microanalyzers)
2.4.2 Microscopia Óptica de Luz Refletida (MOLR)1

2.4	.3 Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Indutivame	ente Acoplado13
2.4	.4 Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Aco	plado (ICP-MS) 14
2.5	OS SISTEMAS DE ABLAÇÃO A LASER	
2.5	.1 Princípio de funcionamento	
2.5	.2 Parâmetros que condicionam o funcionamento do laser	
3 M.	ATERIAIS E MÉTODOS	
3.1	METODOLOGIA	
3.1	.1 Revisão Bibliográfica	
3.1	.2 Coleta Das Amostras	
3.1	.3 Preparação Das Amostras	
3.1	.4 Caracterização Mineralógica	
3.1	.5 Caracterização Química	
3.1	.6 Desenvolvimento de metodologia otimizada e análise quí	mica da amostra
candidata a	padrão via LA-ICP-MS	
3.1	.7 Avaliação da homogeneidade	
3.1	.8 Ensaio interlabolatorial	
3.1	.9 Determinação final das concentrações da amostra candida	ta a padrão 32
3.1	.10 Elaboração da monografia	
4 RF	SULTADOS E DISCUSSÕES	
4.1	RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO QUÍMIO-MINERAL	ÓGICA 33
4.1	.1 Microssonda Eletrônica	
4.1	.2 Resultados Da Microscopia De Luz Refletida	
4.1	.3 Resultado Da Titulometria	
4.1	.4 Resultados das Análises via ICP-OES	
4.1	.5 Resultados Das Análises via ICP-MS	
4.2	RESULTADOS DO DESENVOLVIMENTO DA METOLOGI	A OTIMIZADA PARA
ANÁLISE DE	ÓXIDOS DE FERRO VIA LA-ICP-MS	
4.2	.1 Resultado do desenvolvimento de metodologia otimizada	via LA-ICP-MS 41
4.2	.2 Análise química da amostra HM-05 utilizando o método o	lesenvolvido 43
4.3	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE HOMOGENEIDADE	
4.4	RESULTADOS DO ENSAIO INTERLABOLATORIAL	
4.5	CONCENTRAÇÕES FINAIS E INCERTEZAS DE HM-05-L	GqA 53

5	CONCLUSÃO	55
R	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
A	PÊNDICES	61
	Apêndice A – Resultados obtidos na análise química das amostras via EPMA	61
	Apêndice B – Resultados obtidos na análise química das amostras via ICP-OES	67
	Apêndice C – Resultados obtidos na análise química das amostras via ICP-MS	68
	Apêndice D– Resultados obtidos na análise química das amostras via LA-ICP-MS	70
	Apêndice E- Resultados obtidos no estudo colaborativo	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Diretrizes básicas na produção de um material de referência	6
Figura 2.2- Representação de um equipamento EPMA	12
Figura 2.3 – Figura demonstrando o funcionamento do MOLR e seus principais componentes	13
Figura 2.4 - Figura esquemática representando o funcionamento do ICP-OES.	14
Figura 2.5- Esquema representando um analisador de massa quadrupolo	16
Figura 2.6- Funcionamento de um ICP-MS monocoletor magnético.	16
Figura 2.7– Esquema do funcionamento de um laser de ablação.	17
Figura 3.1 – Esquema da metodologia empregada no trabalho	21
Figura 3.2 - Amostras dos minerais coletados para o estudo	22
Figura 3.3- Mapa Geológico indicando a localização das hematitas que ocorrem associadas ao	
quartzito ferruginoso da Formação Cercadinho	23
Figura 3.4 - Mapa Geológico da região de Itamarandiba, na escala 1:100000	24
Figura 3.5- Caracterização do Fe total das amostras via titulometria.	26
Figura 3.6- Laboratório de espectrometria de massa e ablação a laser da Universidade de Portsmou	ıth,
na Inglaterra	32
Figura 4.1 - Amostras candidatas a padrão na pastilha de resina	33
Figura 4.2 - Imagem obtida utilizando microssonda eletrônica de duas das amostras coletadas	34
Figura 4.3- Fotografia das amostras HM-01 e HM-05 sob luz refletida	36
Figura 4.4- Gráfico dos resultados de TR(%) obtidos para o material de referência BCR-2 e sisten	na
LA-ICP-MS	42
Figura 4.5– Gráfico representando os resultados de TR(%) e DPR(%) para elementos que foram	
validados utilizando o material de referência certificado BCR-2	44
Figura 4.6 - Fotografia da pastilha HM-05	44
Figura 4.7 - Relação entre os cinco fragmentos analisados e desvio padrão relativo entre as medida	as de
concentração para cada elemento.	45
Figura 4.8 - Resultado do teste de Grubbs para HM-05-LGqA	47
Figura 4.9 - Resultados da avaliação de homogeneidade para HM-05	48
Figura 4.10 - Resultados da avaliação de homogeneidade para HM-05-LGqA	49
Figura 4.11 - Pontos realizados no ensaio interlaboratorial	51

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1- Condições de operação da EPMA	25
Tabela 3.2- Volume de solução titulante e massa de amostra utilizados na titulometria	28
Tabela 3.3 – Condições de operação do ICP-OES	29
Tabela 3.4– Condições de operação do ICP-MS	30
Tabela 4.1 - Resultado da análise química das amostras via EPMA	35
Tabela 4.2 - Comparação entre os resultados das análises de 57Fe via EPMA e via titulometria	37
Tabela 4.3 - Resultado obtido para os materiais de referência BRP-1 e IF-G via ICP-OES	38
Tabela 4.4– Resultados obtidos pela técnica de ICP-OES	39
Tabela 4.5- Resultados para o material de referência BRP-1 via ICP-MS.	40
Tabela 4.6- Resultados obtidos pela técnica de ICP-MS	41
Tabela 4.7 - Valores do parâmetros do laser CETAC UV Nd:YAG	43
Tabela 4.8 – Concentrações medidas os fragmentos 2, 3 e 4 de HM-05	46
Tabela 4.9 - Resultado das concentrações de HM-05-LGqA	47
Tabela 4.10 - Resultados de variação dentro e entre os grupos	50
Tabela 4.11 - Parâmetros de funcionamento Asi Resolution Excimer, 193 nm	50
Tabela 4.12 - Resultados de TR(%) no ensaio interlaboratorial	51
Tabela 4.13 - Concentrações finais obtidas no ensaio interlaboratorial para HM-05-LGqA	52
Tabela 4.14 - Avaliação da reprodutibilidade de HM-05-LGqA no estudo colaborativo	52
Tabela 4.15 - Concentrações finais obtidas para o material de referência HM-05-LGqA	53

- λ Comprimento de onda
- ABNT Associação Brasileira de Normas e Técnicas
- ANOVA Análise de Variância

CANMET-MMSL – Canada Centre for Mineral and Energy Technology - Mining and Mineral Sciences Laboratories

- cps Contagens por Segundo
- DEGEO Departamento de Geologia
- DPR Desvio Padrão Relativo
- EPMA Electron Probe Microanalyzers
- F.F. Formação Ferrífera
- Fs femtosegundo
- GeoRem Geological and Environmental Reference Materials
- ICP Plasma Indutivamente Acoplado
- ICP- MS Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado
- ICP-OES Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado
- IV-Infravermelho
- INMETRO Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
- IOCG Iron-oxide Copper Gold
- ISO International Organization for Standardization
- IWG-GIT International Working Group-Groupe International de Travail

LA-ICP-MS - Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado com Ablação a Laser

- LD Limite de Detecção
- LGqA Laboratório de Geoquímica da Universidade Federal de Ouro Preto
- LOPAG Laboratório de Geoquímica Isotópica
- LQ Limite de Quantificação
- MRC Material de Referência Certificado

- MORL Microscopia De Luz Refletida
- MR Material de Referência
- NBR Norma Brasileira
- NIST National Institute of Standards and Technology
- RF Gerador de Rádio Frequência
- s Desvio Padrão
- SQ Variância Média
- SRM Standard Reference Material
- TiCl₃ Cloreto de titânio
- TR Taxa de recuperação
- UFOP Universidade Federal de Ouro Preto
- UNICAMP Universidade Estadual de Campinas
- USGS United States Geological Survey
- UV Ultravioleta

RESUMO

É essencial que se faça uma caracterização geoquímica confiável dos minerais de óxido de ferro presentes em formação ferríferas para compreender sua gênese. Este trabalho buscou aperfeiçoar a metodologia que vem sendo atualmente empregada no LGqA/DEGEO/UFOP para análise química de minerais de óxido de ferro presentes em formações ferríferas via LA-ICP-MS. Para atingir este objetivo, primeiramente buscou-se otimizar as condições operacionais tanto do sistema de ablação a laser como do ICP-MS com o objetivo de aumentar a sensibilidade da técnica utilizada. Posteriormente, considerando a importância do uso de um material de referência certificado (MRC) na calibração do LA-ICP-MS e inexistência de um MRC com elevadas concentrações de Fe no mercado, foi desenvolvido um MR in-house adequado para análise de elementos-traço em minerais de óxido de ferro. Este material foi desenvolvido com intuito de minimizar o problema de efeito matriz observado nas análises químicas realizadas por LA-ICP-MS. Para a produção deste MR in-house, foram coletadas seis amostras de minerais de óxidos de ferro (5 de hematita e 1 de magnetita), que foram inicialmente caracterizadas quimicamente por EPMA. Das amostras analisadas, apenas duas amostras de hematita, HM-01 e HM-05, mostraram-se suficientemente homogêneas e promissoras candidatas a padrão. Estas amostras foram então caracterizadas química e mineralogicamente por diversos métodos, e, após esta etapa, apenas HM-05 se manteve como boa candidata. Foi preparada uma pastilha com cinco fragmentos da amostra HM-05 para determinação de elementos-traço e avaliação da homogeneidade do material. Após esta avaliação, concluiu-se que os fragmentos de número 2, 3 e 4 eram suficientemente homogêneos e poderiam ser usados como MR in-house. Estes três fragmentos foram denominados HM-05-LGqA. De modo a certificar que os elementos escolhidos para o estudo possuíam de fato a mesma concentração em qualquer ponto da amostra HM-05-LGqA, foi realizada a avaliação da homogeneidade utilizando análise de variância fator simples. Dos elementos escolhidos para quantificação (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Y, Nb, Ta, Pb, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, In, Tm, Yb, Lu, Ba, Hf, Ta, Tl, Bi e U) apenas Al, Sc, Mn, Ga, Ta, Pb apresentaram concentrações obtidas acima do limite de detecção da técnica utilizada e foram suficientemente homogêneos. Após esta etapa, foi feito um estudo colaborativo no Laboratório de Espectrometria de Massa da Universidade de Portsmouth, que determinou reprodutibilidade da amostra HM-05-LGqA para os seguintes elementos: Al, Sc, Mn, Ga, Ta, Pb. Os resultados obtidos mostraram que, devido a determinação de poucos elementos, a amostra HM-05-LGqA não poderá ser usada como um padrão de calibração, mas poderá ser usada como um padrão de controle de qualidade em análises de minerais de óxidos de ferro por LA-ICP-MS, uma vez que os elementos determinados irão permitir avaliação de várias regiões do espectro de massas com concentrações de isótopos de razões massa-carga baixas (²⁷Al e ⁴⁵Sc), médias (⁵⁵Mn e ⁷¹Ga) e altas (¹⁸¹Ta e²⁰⁸Pb). Além disso, usando MR *in-house* HM-05-LGqA também será possível garantir que o padrão de controle de qualidade tenha as mesmas propriedades físicas e a mesma matriz da amostra a ser analisada minimizando problemas como efeito matriz e fracionamento elementar.

ABSTRACT

In order to comprehend the genesis of iron ore it is essential to do a good geochemical characterization. This work attempted to improve the methodology that has been currently used at LGqA/DEGEO/UFOP to analyze iron ore material using LA-ICP-MS. In order to achieve this goal, LA-ICP-MS operational conditions were optimized, and parameters like energy and beam size of the laser were modified. After that, considering the importance of the usage of a standard reference material to calibrate an LA-ICP-MS system and the inexistence of a SRM enriched in iron on the market, it was developed an *in-house* RM that was suitable for analysis of trace elements in iron oxide minerals. This material was produced to minimize matrix effects, that are common when LA-ICP-MS is used. To produce this material six samples were collected and then analyzed by EPMA. From those samples, only two, HM-01 and HM-05 were sufficient homogeneous for the intended use. HM-01 and HM-05 were than characterized using different analytical techniques. After that stage, only HM-05 remained to be considered a good candidate to be an reference material. HM-05, composed of five fragments of the same specularite, was analyzed in order to measure trace elements concentration and evaluate the homogeneity of the material. From the five fragments the ones named fragments 2, 3 and 4 were homogenous, and could be used as RM. They were called HM-05-LGqA. To verify that the elements chosen for quantification (Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Y, Nb, Ta, Pb, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, In, Tm, Yb, Lu, Ba, Hf, Ta, Tl, Bi e U) had the same concentration at any point of the sample, a homogeneity test was done, and only Al, Sc, Mn, Ga, Ta, Pb passed that test. Also, an study at Porthsmouth University was carried out in order to evaluate reproducibility of the sample HM-05-LGqA for the following elements: Al, Sc, Mn, Ga, Ta, Pb. It was concluded from this study that, because few elements were validated, HM-05-LGqA cannot be used as an calibration standard, but it can be used as a quality control standard on iron oxide minerals analyzed using LA-ICP-MS, since these elements cover a large range of the mass spectrum, with masses that are low (²⁷Al and ⁴⁵Sc), medium (⁵⁵Mn and ⁷¹Ga) and high (¹⁸¹Ta and ²⁰⁸Pb). Besides that, HM-05-LGqA allows that the quality control standard has the same physical properties of the sample, minimizing problems like matrix effect and elemental fractioning.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Análises químicas são extremamente importantes na geologia e dados geoquímicos são largamente utilizados em diversas esferas das atividades geológicas, desde a compreensão da gênese de uma rocha até a definição na viabilidade econômica de um depósito. Neste sentido, este trabalho busca otimizar a metodologia que vem sendo atualmente empregada para análise de minério de ferro no Laboratório de Geoquímica do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (LGqA/DEGEO/UFOP) via Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado com Ablação a Laser (LA-ICP-MS).

A técnica de ablação a laser, que utiliza uma amostra sólida, já é amplamente utilizada na medida de composições isotópicas (Albarède 2011), pois possibilita análises *in-situ*, isto é, análise direta sobre o mineral de interesse, o que é essencial em áreas como geocronologia. No entanto, na análise elementar, devido a facilidade e confiabilidade de se usar soluções no ICP-MS, o uso laser ainda não é muito difundido. Contudo, esta situação vem mudando, pois, a tecnologia do laser tem avançado e está tornando o método mais preciso. Trabalhar com amostras sólidas possui inúmeras vantagens em relação a solução, como a não utilização de ácidos, que favorecem a formação de moléculas no plasma, causando interferências espectrais. Outro benefício é a diminuição da manipulação da amostra (Russo 2002), mantendo sua verdadeira concentração de elementos-traço, sem contaminações que podem ser geradas nas etapas de dissolução. Além do mais, o uso de amostras sólidas em conjunto com o laser permite técnicas impossíveis de serem feitas via solução, como análise da superfície do material, análise de concentração versus profundidade e determinação da concentração de elementos presentes em fases minerais de difícil dissolução (Taylor 2001). Por fim, o uso de amostras sólidas também é interessante do ponto de vista ambiental, já que estas não geram resíduos e diminuem o risco de acidentes no laboratório devido ao uso de substâncias corrosivas (Krug 2008). A quantificação da concentração de elementos no sistema LA-ICP-MS em matrizes geológicas (rocha, sedimento, solo e minério) pode ser feita utilizando amostra pulverizada, pastilhas fundidas com fundente (*álcali flux fusion*), sem fundente (flux-free fusion) ou prensadas (pressed power pellets) (Russo et al. 2002; Mukherjee et al. 2014).

A análise direta de sólidos via laser, entretanto, apresenta também desvantagens. Uma delas são amostras cujos resultados apresentam coeficientes de variação são maiores que de 10%. Como a massa analisada é muito pequena e amostras são em geral heterogêneas, a massa vaporizada pelo laser pode ser pouco representativa. Para corrigir este problema é preciso garantir que a massa amostrada pelo laser represente o material analisado como um todo (Krug 2008). No LA-ICP-MS também ocorre o que é conhecido como fracionamento elementar, no qual a proporção dos elementos químicos da amostra

analisada difere da proporção da amostra original. O fracionamento elementar pode ser explicado por: transporte diferencial das partículas vaporizadas; pela redistribuição de elementos que se encontram na fase subsolidus quando o laser aquece a amostra; pela evaporação precoce de elementos mais voláteis e pela vaporização incompleta de partículas maiores que 150 nm. O fracionamento elementar pode ser minimizado ao modificar alguns parâmetros do laser como o comprimento de onda, o tempo do pulso, a sua energia, a estratégia de amostragem, o tamanho do ponto e os gases presentes no laser e ICP-MS. Essas modificações atuam principalmente diminuindo a relação entre tempo de ablação e massa volatilizada, de modo que massas constantes cheguem ao ICP (Sylvester 2008; Nelms 2005).

O efeito matriz é outro problema associado à ablação a laser. Esse efeito consiste no fato que de a taxa de ablação (quantidade de amostra vaporizada por pulso de laser) varia de acordo com as características físicas e químicas do material que está sendo analisado. Desta forma, um sistema LA-ICP-MS pode entregar resultados não-confiáveis se a matriz do padrão for muito diferente da matriz da amostra, gerando dificuldades na calibração usando apenas um padrão externo (Sylvester 2008). Quando é inexistente uma matriz de padrão semelhante ao material que será analisado, duas ações podem ser tomadas: utilizar outro método de calibração, independente de um padrão externo, ou desenvolver um padrão externo com características físicas e químicas semelhantes a amostra. No primeiro caso existem várias técnicas que possibilitam a calibração chamadas "métodos de calibração independentes da matriz", são elas: calibração externa utilizando a ablação de um sólido, usualmente um material de referência (MR), mais um padrão interno; calibração utilizando uma solução e um padrão interno e calibração externa usando uma solução padrão certificada mais um padrão interno. A primeira técnica é mais empregada, nela o equipamento é calibrado segundo um elemento de concentração conhecida na amostra e no MR. Geralmente o elemento escolhido é um elemento maior, cuja quantificação é facilmente obtida por outros métodos. Si e Ca são frequentemente escolhidos, e entre eles o Ca possui melhores resultados pois tem comportamento mais próximo de elementos de interesse, como terras raras (Sc, Y e lantanídeos) (Sylvester 2008; Nelms 2005). Apesar desta técnica apresentar bons resultados, Craig et al. (2000) relataram ter obtido concentrações abaixo do esperado em resultados de análise de rochas calcárias ricas em carbonato de cálcio (CaCO₃) utilizando vidro (NIST 610, NIST 612, NIST 614 e NIST 116) como padrão externo, o que foi atribuído a fatores cristalográficos, já que o vidro não tem a mesma estrutura física do carbonato de cálcio. Jochum et al. 2007 também encontraram um desvio maior que 15% na resposta de vidros utilizados como material de referência certificados (MRC) no fator denominado RSF (relative sensitivity factor), fator esse que mede empiricamente a resposta da amostra a ablação. Neste caso, o desvio explica que uma amostra de rocha analisada num sistema LA-ICP-MS que foi calibrado com um vidro pode apresentar resultados não confiáveis. Estes estudos provam que, em alguns casos, a combinação de padrão interno com um padrão externo cuja matriz é diferente da amostra nem sempre é uma boa escolha. Dessa forma, é interessante que as análises via LA-ICP-MS busquem sempre uma calibração com um padrão externo cuja matriz seja a mesma do material que será analisado. Como não existem MRCs para todos os materiais existentes, muitos laboratórios preparam

seus próprios padrões, o que é conhecido como material de referência in-house.

Este trabalho então, busca melhorar a metodologia atualmente utilizada no LGqA para analisar a composição química de minerais de óxidos de ferro e formações ferríferas via LA-ICP-MS, configurando o equipamento de modo a obter uma ótima resposta analítica e desenvolvendo um padrão *in-house* cuja matriz seja um mineral rico em ferro, como magnetita ou hematita.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma metodologia para ser utilizada na determinação de elementos maiores, menores e traços em fases minerais de óxidos de ferro e formações ferríferas (apenas a banda rica em Fe) por Espectrometria de Massas com Plasma Acoplado com a Ablação à Laser.

Objetivos específicos:

Desenvolver e otimizar de um método analítico específico para determinação de elementos maiores,
 menores e traços em minerais de óxido de ferro em LA-ICP-MS.

- Desenvolver um material de referência de mineral de óxido de ferro

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se pela importância histórica e econômica que o minério de ferro possui no Brasil, especialmente na região do Quadrilátero Ferrífero. Em 2015, considerando as exportações nacionais de bens metálicos, o ferro foi responsável por gerar 14 bilhões de dólares, sendo que o total geral das exportações foi cerca de 25 bilhões de dólares, isto é, quando se trata de bens metálicos, o ferro é responsável por mais da metade das exportações nacionais. Além do mais, das 595.606.203t de ferro produzidas no Brasil em 2015, 440.563.389t foram produzidas em Minas Gerais (DNPM 2016). Dados como estes ressaltam a relevância de se compreender os depósitos deste metal, e a importância de que as análises químicas das formações ferríferas (F.F.) sejam precisas e absolutamente confiáveis. Inúmeros trabalhos de caracterização geoquímica de F.F. foram, e continuarão sendo feitos, no Laboratório de Geoquímica da Universidade Federal de Ouro Preto, sendo que estes trabalhos possuem tanto fins acadêmicos (e.g. Sousa 2016, Leão 2016) como podem ser prestados a empresas de exploração mineral. Atualmente, o método utilizado no LGqA para determinar traços em F.F. por LA-ICP-MS utiliza basalto como padrão de calibração (padrão primário), rocha que possui uma concentração de Fe muito inferior as F.F. O método aqui sugerido propõe que as análises sejam feitas utilizando um mineral de óxido de ferro como padrão primário. Investir na otimização do que vem sendo atualmente feito significa impactar diretamente na qualidade dos dados obtidos nas pesquisas de inúmeras pessoas e empresas que utilizam o LGqA.

Ferreira P. L. F. 2018, Desenvolvimento de Metodologia para Análise de Elementos Maiores...

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

Neste capítulo se encontram informações sobre as características dos principais minerais dos quais o ferro é extraído. Também é descrito como é realizada a produção de um material de referência e a importância de se obter um MR com alto teor de ferro para análise de F.F. em LA-ICP-MS. Por fim, é descrito como funcionam as diferentes técnicas instrumentais utilizadas nesse estudo, com atenção especial aos tipos de sistema de ablação a laser.

2.1 MINERAÇÃO DE FERRO: CARACTERÍSTICAS DOS MINERAIS ECONÔMICOS

Os principais minerais dos quais são extraídos o Ferro são a hematita (Fe₂O₃) e a magnetita (Fe₃O₄). No quadrilátero ferrífero, em Minas Gerais, a hematita e especularita são predominantes, e a magnetita secundária. Isso se deve ao metamorfismo intenso na região, que favorece a recristalização da magnetita em hematita e da hematita em especularita, já que a paragênese de óxidos de ferro é definida por: magnetita \rightarrow martita \rightarrow hematita lamelar \rightarrow hematita anédrica \rightarrow hematita euédrica ou especularita (Figueiredo e Silva *et al.* 2009). Logo, nesta área, a magnetita é encontrada abundantemente apenas em regiões pouco deformadas (Rosière *et al.* 1996). Os tópicos desta seção explicam as principais características destes minerais.

2.1.1 Hematita e Especularita (Fe₂O₃)

A hematita é um mineral do sistema cristalográfico hexagonal, cuja e densidade relativa é de 5,26. Seus cristais costumam ser tabulares e possuem dureza variando de 5,5 a 6,5 na escala de Mohs. Quando o hábito do mineral é micáceo e o brilho é metálico, chegando a ser parecido com um espelho, o mineral recebe o nome de especularita. Sua estrutura possui 70% de Fe e 30% de O e a hematita é praticamente pura, embora possa incorporar outros elementos em sua estrutura, principalmente Mn e Ti (Klein & Dutrow 2012).

O mineral é encontrado em rochas de todas as idades podendo ser estas ígneas, sedimentares ou metamórficas, sendo o principal formador de minério de ferro em todo o mundo. A hematita pode ser gerada pela oxidação do carbonato de ferro, a siderita (FeCO₃) e pela oxidação da magnetita. Os principais depósitos deste mineral são de origem sedimentar, que devido a processos como lixiviação da sílica e metamorfismo possuem elevado teor de hematita, maior que 50%. Grandes ocorrências de corpos de hematita são encontradas no Brasil, Estados Unidos, Venezuela, Canadá e Austrália (Klein & Dutrow 2012)

2.1.2 Magnetita (Fe₃O₄)

A magnetita é um mineral isométrico, cujos cristais são frequentemente octaédricos. Possui brilho metálico, densidade relativa de 5,18 e dureza 6 na escala de Mohs. Este mineral é fortemente magnético e na sua estrutura possui 72,4% de Fe e 27,6% de O. No entanto em algumas análises é comumente encontrado Mg e Mn^{+2} substituindo o Fe⁺³ (Klein & Dutrow 2012).

Magnetita é comum e ocorre em rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Através da segregação magmática pode formar grandes depósitos de ferro, como o depósito de Kiruna, na Suécia (McDonald *et al.* 2005). Importantes depósitos de minério de ferro cuja magnetita é mineral dominante ocorrem também na Noruega, Romênia e Ucrânia (Klein & Dutrow 2012).

2.2 DESENVOLVIMENTO DE UM MATERIAL DE REFERÊNCIA

De acordo com EA (2003), existem duas classes de material de referência: materiais de referência certificados ou apenas materiais de referência. MRCs por definição devem ser rastreáveis, isto é, devem poder ter suas medidas e incertezas relacionadas a outros padrões (Barwick 2016) até o sistema internacional de medidas. Já materiais de referência devem apenas ser suficientemente homogêneos e precisos para serem utilizados como padrões de calibração. Considerando uma ordem crescente de incerteza, materiais de referência podem ser classificados em primários (de calibração), secundários(de controle de qualidade) ou *in-house*. Os próximos tópicos trazem breves explicações que envolvem a produção de um MR, bem como os desafios envolvidos.

2.2.1 Diretrizes gerais para a produção de material de referência

A norma ISO Guide 35 (2006) define muito bem as diretrizes para a produção de um material de referência (figura 2.1), que serão brevemente resumidos neste tópico.



Figura 2.1 - Diretrizes básicas na produção de um material de referência

A preparação do MR começa com a definição do que será produzido e qual o objetivo dele (*e.g.* qual a matriz do material, elementos de interesse). Após essa definição, o material passa pelas etapas de coleta, estudo da viabilidade, preparação das amostras, estudo de homogeneidade, estabilidade, caracterização química do candidato a padrão (pode ser feita em mais de um laboratório), e, por fim, a determinação das concentrações e de suas incertezas, sendo que algumas etapas não precisam ser feitas nesta ordem (ISO Guide 35 2006).

A etapa de coleta deve ser feita baseada na quantidade de material que será necessária para execução das etapas posteriores. Deve ser coletado o suficiente para todos os estudos da etapa de preparação do MR com um excedente que será a quantidade de MR necessitada pelo laboratório (ISO Guide 35 2006).

O estudo de viabilidade é não é obrigatório, e é feito para determinar se a produção do MR pretendido é possível de ser realizada, caso existam dúvidas sobre a exequibilidade do projeto. Neste estudo, características do material candidato a MR são avaliadas, como melhor jeito de preparar a amostra e a melhor calibração para aparelhos que serão utilizados na caracterização física e química do candidato. Caso o estudo de viabilidade não seja satisfatório, o projeto é abandonado (ISO Guide 35 2006).

A preparação das amostras que serão testadas para a produção de um material de referência varia de acordo com o que será produzido e o propósito. Os MR podem ser sintéticos, ser a mistura de dois materiais, podem ser feitos através com a contaminação de determinado material com elementos de interesse ou podem ser uma substância em seu estado natural. Amostras que passam por mais processos de preparação tendem a ser mais estáveis e homogêneas (ISO Guide 35 2006).

O estudo de homogeneidade deve ser conduzido em qualquer trabalho que vise produzir material de referência, pois, considerando que a qualidade do MR interfere em toda a análise química, é inadmissível que as concentrações elementares variem muito no candidato a padrão de calibração. Até mesmo soluções, que possuem homogeneidade elevada, devem passar por esse processo. Os testes de homogeneidade são preferencialmente conduzidos em condições de repetitividade, isto é, mesmo laboratório, equipamento e analista (ISO Guide 35 2006).

O estudo de estabilidade é feito para avaliar como o material candidato a padrão se comporta com o passar do tempo e pode ser dividido em dois tipos: curto prazo e longo prazo. Os ensaios que objetivam determinar a estabilidade a curto prazo observam como o material se comporta quando transportado, e os estudos de longo prazo observam como o material se comporta ao ser armazenado. O principal fator avaliado em testes de estabilidade é a temperatura, observando mudanças químicas que podem acontecer na amostra em função da variação desta. Estudos de curto prazo levam cerca de 2 meses e estudos de longo prazo podem levar até 3 anos, sendo que idealmente devem ser realizados em condições de repetitividade (ISO Guide 35 2006).

A caracterização do candidato a padrão pode ser feita por apenas um método ou diversos métodos e laboratórios. Quando o MR que está sendo produzido será utilizado em técnicas analíticas

que possuem efeito matriz, é recomendável que ensaios sejam feitos em mais de um laboratório. Em ensaios interlaboratoriais é importante que o mesmo material de referência certificado seja utilizado em todos os laboratórios, de modo que as incertezas referentes aos resultados da caracterização possam ser devidamente contabilizadas. Por fim, todos os dados obtidos em todas as etapas devem ser adequadamente analisados e relacionados, de modo a obter as concentrações elementares finais do MR e as suas incertezas (ISO Guide 35 2006).

2.2.2 Produção de material de referência para LA-ICP-MS

O efeito matriz, que ocorre quando os resultados gerados pelo equipamento são influenciado pela natureza física da amostra (Sylvester 2008), é a principal razão dos esforços que vem sendo feitos para produzir novos MR para LA-ICP-MS, já que ainda existe pouca variedade de materiais certificados disponíveis para compra e se a matriz do padrão de calibração for muito diferente da amostra, os resultados que serão entregados pelo aparelho podem não ser confiáveis. Quando se trata dos esforços feitos para desenvolver um material que possa ser utilizado como padrão primário no LA-ICP-MS, podese dizer que a produção esbarra em dois grandes desafios: O material deve ser homogêneo e ao mesmo tempo representativo para uma massa muito pequena, já que massa vaporizada pelo laser é menor que 10 mg. Para se ter uma ideia deste problema, materiais comuns no mercado utilizados como padrões para solução, garantem sua homogeneidade para massas entre 100 e 500 mg (Krug 2008).

Conforme Jochum (2008) os materiais de referência certificados para LA-ICP-MS disponíveis no mercado se dividem em quatro grupos: vidros sintéticos, vidros geológicos, minerais sintéticos e minerais naturais. Os vidros sintéticos são produzidos pelo National Institute of Standards and Technology, e são constituídos pela série 600, que vai do NIST 610 até NIST 617. Vidros sintéticos são amplamente utilizados em geologia na calibração de aparelhos, pois possuem alta concentração de elementos que são comumente traços em materiais geológicos. No entanto, a composição de elementos maiores nos NISTs é muito diferente composição presente nas rochas, o que leva a problemas de efeito matriz. A partir deste problema existente com os NISTs, o Serviço Geológico Norte Americano desenvolveu uma série de vidros feitos com basalto. Neste trabalho, MRCs existentes em pó (BCR-2, BHVO-2, BIR-1), foram fundidos, formando um vidro cuja composição era basáltica. O resultado foi a produção dos materiais BCR-2G, BHVO-2G e BIR-1G. A composição análoga a de uma rocha diminuiu os efeitos matriz, mas, em compensação, a baixa concentração de alguns traços impossibilita a calibração precisa do LA-ICP-MS para estes elementos. Desta forma, tornou-se comum a estratégia de se fazer a calibração primária com um NIST e a secundária com um vidro geológico. Quando se trata da caracterização de minerais, existem poucos padrões de referência disponíveis no mercado, sendo a maioria deles zircões naturais ou sintéticos. Não existe nenhum material de referência certificado para minerais como olivina, hematita ou granada. MR para sulfetos, devido a sua importância econômica e a dificuldade de se encontrar MRC para esta matriz no mercado, são comumente fabricados *in-house* Jochum (2008).

Russo (2002) discute algumas das técnicas utilizadas por laboratórios para criar um padrão de calibração *in-house* para LA-ICP-MS que consistem em: misturar a matriz pulverizada com elementos de interesse, podendo prensá-la ou não; contaminar a matriz com soluções padrão cuja concentração é conhecida, esperar a precipitação dos elementos contidos no padrão e prensar o material; apenas secar e prensar a matriz; fusão da matriz e produzir um material compacto através de um processo de sinterização. Desta forma, tem-se um material cuja matriz é a mesma da amostra. No entanto, estes processos são complexos e requerem alta precisão analítica, o que diminui o interesse de laboratórios em fabricá-los.

2.3 ANÁLISE DE MINERAIS DE ÓXIDO DE FERRO VIA LA-ICP-MS

2.3.1 A importância da precisão em análise de minerais de óxido de Fe

Sabe-se que o conhecimento da concentração dos elementos-traço em amostras de formação ferrífera ajuda na compreensão da gênese dessas rochas, pois processos geológicos tendem a modificar a composição química de rochas pré-existentes. Dare et al. (2014) descrevem que devido a alta concentração de magnetita em mineralizações e sedimentos, este mineral tem se tornado o foco de estudos de visam compreender a gênese e/ou sedimentação de rochas que a contém. A composição química de uma magnetita ígnea, por exemplo, depende, entre outros fatores, da concentração de elementos do líquido magmático que a deu origem, e se outros cristais disputam certo elemento com a magnetita no momento da gênese. Desta forma, a partir da caracterização química de 25 elementos em uma magnetita (Mg, Al, Si, P, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Y, Zr, Nb, Mo, Sn, Hf, Ta, We Pb), Dare et al. 2014 interpretaram a composição do fluido magmático, temperatura, pressão, taxa de resfriamento e fugacidade do oxigênio e enxofre no momento que o mineral foi formado. Informações deste tipo são muito úteis em prospecção de bens minerais, já que informações sobre o tipo de depósito da mineralização podem ser extraídas dos dados. Nadoll et al. (2014), ao analisarem diversos dados publicados sobre os elementos Mg, Al, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga e Sn em magnetitas hidrotermais concluíram que a variação destes é capaz de fornecer dados sobre a rocha hospedeira e tipo de depósito da ocorrência, pois a concentração destes elementos na magnetita varia de acordo com a temperatura, composição do fluido que gerou o mineral, fugacidade do oxigênio e enxofre, processos de equilíbrio químico e fatores inerentes à estrutura cristalográfica, como raio iônico e balanço de cargas. Visando caracterizar depósitos de diferentes tipos, como skarn e IOCG, diversos estudos foram conduzidos recentemente utilizando LA-ICP-MS para caracterizar a concentração de elementos terras raras em amostras de magnetita in-situ como a principal ferramenta para compreensão da gênese destas ocorrências (Huang et al. 2015a; Zhao et al. 2015; Liu et al. 2015; Chung et al. 2015; Chen et al. 2015a; Chen et al. 2015b). Figueiredo e Silva et al. (2009) analisando concentrações de Ti, V, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Er, Yb, Lu, W, Au, Pb, Th, e U em hematitas

9

e magnetitas *in-situ* conseguiram diferenciar como os elementos se comportam em diferentes fases de minerais de óxido de ferro.

Associado a análise elementar, medidas de isótopos de Fe em magnetitas e hematitas também provam ser úteis em diversos aspectos. Busingny & Dalphas (2007) traçaram a circulação de paleofluidos utilizando isótopos de Fe. Zheng & Simon (1991) estudaram como o fracionamento isotópico do oxigênio pode ser relacionado com a geotermobarometria de F.F. metaformizadas e Rouxel *et al.* (2005) discutiram a relação entre isótopos de Fe e a natureza redutora do oceano no Arqueano e Paleoproterozóico.

2.3.2 Análises de minerais de óxido de ferro via LA-ICP-MS atualmente

Para procedimentos que envolvem amostras ricas em Fe em solução, o material de referência certificado IF-G, desenvolvido pelo IWG-GIT (International Working Group-Groupe International de Travail) é comumente utilizado (Sampaio et al. 2012; Sampaio & Enzweiler 2014). Existem também algumas publicações com os MRC's CANMET-MMSL, FER-1, FER-2, FER-3 e FER-4, que não são certificados para muitos traços, mas é possível obter uma compilação de resultados publicados no qual eles foram utilizados na plataforma da GeoRem (Jochum et al. 2005). No entanto estes MRs não são mais produzidos (Sampaio & Enzweiler 2014). Sampaio et al. (2013) desenvolveram uma metodologia para análise de vidros fundidos com fundentes alcalinos utilizando o MRC BRP-1 (basalto, UNICAMP-USGS, Brasil) como padrão de calibração e o MRC IF-G (GIT-IWG) para validação e obtiveram boa precisão e acurácia. Sousa (2016) também utilizou tais MRs junto com outros MRCs fundidos de matrizes variadas (solo, sedimento, basalto e rocha ultrabásica). Todavia, o método de preparo de amostras que utiliza fundentes tem sido evitado porque resulta na contaminação do equipamento (com Li e B), exigindo tempo maior de limpeza (rinsing) do aparelho entre uma amostra e outra. Além do mais, esse método gera um alto teor de sólidos dissolvidos no aerossol que é carreado para o laser. Essa sobrecarga de partículas pode afetar a eficiência de ionização e comprometer limites de detecção (Mukherjee et al. 2014). Em análises diretamente sobre o grão, in situ, de minerais de óxidos de ferro por LA-ICP-MS, como hematita, magnetita e goethita, o problema é agravado, pois não há material de referência certificado para elementos menores e traços nessas matrizes. Para este tipo de análise, grupos de pesquisa em LA-ICP-MS têm usado padrão sintético de silicato da NIST (SRM 610) como padrão de calibração e um vidro de basalto da USGS (BHVO-2G) como padrão secundário (Nadoll & Koeing 2011). Embora Nadoll & Koeing (2011) ao utilizar o NIST SRM 610 como padrão para analisar magnetita, tenham obtido resultados semelhantes por LA-ICP-MS aos da microssonda, esta utilização é questionável, uma vez que a maior concentração de Fe encontrada no NIST 610 é de 458 ug g⁻¹. De qualquer forma, é importante ressaltar que os autores concluem que um ponto maior que 25µm corrige problemas causados pela baixa concentração de Fe no padrão de silicato. Outras pesquisas vêm usando padrão de vidro de basalto como padrão de calibração primário e secundário (MRC USGS GSE-1 e GSD-1G) (Dare & Barnes 2015; Hensler et al. 2015). Alternativamente, alguns trabalhos têm obtidos

seus resultados através de calibração externa com múltiplos padrões proposta por Liu et al. (2008) utilizando vidros de basalto da USGS (GSE-1G, BCR-2G, BIR-1G e BHVO-2G) com concentrações certificadas de Fe₂O_{3Total} que variam de 11,3% a 13,8% (Gao et al. 2013; Zhao & Zhou 2015; Chung et al. 2015; Chen et al. 2015a; Huang et al. 2015b; Liu et al. 2015). Liu et al. (2008) concluíram em seu trabalho que o uso do NIST SRM 610 em conjunto com a calibração interna utilizando Ca não é uma boa escolha na análise de fases minerais silicatadas, pois o fracionamento elementar deste material sintético é muito diferente do das fases minerais naturais. Recentemente, Jochum et al. (2016) desenvolveram um material de referência sintético prensado de FeMnOx-1 com concentrações de MnO e Fe₂O₃ de 25% e 8,5%, respectivamente. Esta alternativa também reflete numa matriz composicional química e física muito diferente dos minerais de óxidos de ferro. Alguns autores têm demonstrado esta preocupação em suas publicações: Savard et al. (2010) propuseram uma calibração com múltiplos padrões com concentrações de ferro que variaram de 7% a 96%, utilizando matrizes de basalto (BCR-2g), lodo industrial (NIST SRM2782) e aço (NIST SRM361), além dos vidros NIST SRM610 e NIST SRM612. O uso do NIST SRM 610 neste estudo é justificado pela sua homogeneidade, já que os outros padrões, apesar de terem maior concentração de Fe não são homogêneos na escala de 40-120 µm. Os trabalhos citados anteriormente, independente da metodologia de calibração, utilizam o 57Fe como padrão interno associado à calibração externa.

Além da otimização da calibração, os parâmetros experimentais que podem ser aprimorados no LA-ICP-MS segundo Diwakar *et al.* (2013) são: o comprimento de onda do laser e a energia do seu pulso, duração e taxa de repetição do pulso, tamanho do ponto, taxa do fluxo de gás, volume e design da cela de ablação, bem como condição do gás na cela e parâmetros relativos a tocha do ICP. No entanto, mesmo com os parâmetros acima bem ajustados, se o padrão de calibração não for adequado podem ocorrer problemas de efeito matriz e fracionamento elementar, anteriormente citados. Logo, para uma boa calibração e desenvolvimento de uma metodologia otimizada para determinação de fases minerais de óxidos de ferro é necessário produzir um material de referência *in house* cuja matriz seja, preferencialmente, um mineral de óxido de Fe. A produção desse padrão *in house* trata-se de uma alternativa satisfatória em termos de controle de qualidade da análise química, uma vez que não se encontra no mercado um material de referência certificado para a matriz em questão.

2.4 TÉCNICAS INSTRUMENTAIS DE CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA UTILIZADAS NESTE TRABALHO

2.4.1 Microssonda Eletrônica (EPMA – Electron Probe Microanalyzers)

Este método é caracterizado por medir a composição química utilizando um pequeno volume de amostra, podendo detectar a presença de elementos correspondentes a menos que 0,01% do peso desta, logo é uma técnica indicada para avaliar a homogeneidade do analito, embora seu limite de detecção para elementos-traço seja alto. O funcionamento da microssonda eletrônica está esquematizado na figura 2.2. Na EPMA, um filamento de tungstênio aquecido, chamado canhão eletrônico, emite

elétrons livres, estes elétrons são acelerados para baixo, devido à diferença de potencial entre o filamento e a amostra. Através de um conjunto de lentes eletromagnéticas, condensadoras e objetivas, localizadas entre a fonte de elétrons e o material a ser analisado, os elétrons, que estão em alta velocidade, são focados em um feixe muito fino. Devido a velocidade das partículas eletrônicas, elas penetram a amostra em uma profundidade aproximada de três vezes o diâmetro do feixe. Os elétrons incidentes deslocam os elétrons das camadas mais internas dos átomos da amostra, dessa forma, elétrons mais externos ocupam as vacâncias mais internas, liberando energia por emissão de raios X. A energia é direcionada para um elemento chamado cristal de difração, cuja distância entre os planos atômicos é conhecida. Esse cristal difrata os raios X que passam por ele de acordo com os comprimentos de onda, segundo a equação de Bragg(equação 2.1) :

$$n\lambda = 2d \operatorname{sen} \theta$$
 (Equação 2.1)

Nesta equação n representa a ordem de difração, λo comprimento de onda, d a distância entre um número conhecido de planos do cristal de difração e θ o ângulo pelo qual o raio x é difratado pelo cristal. Como todos os valores são conhecidos, exceto λ , através dessa equação é possível identificar os comprimentos de onda presentes na amostra, sendo que cada um deles é específico de um elemento periódico. Por fim, um componente da EPMA chamado contador, mede a intensidade de todos os λ encontrados. Essas medidas de intensidade são enviadas para o computador, que as converte para valores de concentração (Klein & Dutrow 2012).



Figura 2.2- Representação de um equipamento EPMA (Klein & Dutrow 2012).

2.4.2 Microscopia Óptica de Luz Refletida (MOLR)

Óxidos de ferro são minerais opacos, isto é, não transmitem luz. Consequentemente não podem ser analisados por microscópios petrográficos comuns, já que estes permitem a análise apenas de minerais translúcidos. Logo, para a análise das amostras foi utilizado um microscópio de luz refletida. Segundo Klein & Dutrow (2012) No MOLR, a amostra, uma lâmina polida, é colocada em um suporte, denominado platina. O aumento observado é causado por duas lentes, a objetiva e a ocular. A objetiva, situada próxima da platina, é responsável pela maior ampliação e pela qualidade da imagem que será observada no microscópio. A ocular, a lente através da qual a amostra é observada, aumenta um pouco mais a imagem, no entanto não interfere na qualidade desta, e qualquer imperfeição causada pela objetiva será ampliada na ocular. No microscópio de luz refletida, devido a opacidade do objeto observado, uma fonte de luz é direcionada para um espelho refletor que redireciona a luz para objetiva para a ocular, gerando a imagem ampliada da amostra. O equipamento conta ainda com diafragmas que regulam a intensidade da luz e com outros componentes como o polarizador e analisador, que controlam a direção em a luz vibra, permitindo analisar características de minerais opacos, como a birrefléctancia (figura 2.3).



Figura 2.3 – Figura demonstrando o funcionamento do MOLR e seus principais componentes. (Klein & Dutrow 2012)

2.4.3 Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES)

O princípio de funcionamento do ICP-OES (figura 2.4) se baseia da emissão de energia eletromagnética no espectro ultravioleta/visível por átomos após estes terem sido ionizados por um gás.

Neste aparelho, um gerador de radio frequência é conectado a uma bobina Tesla, que por sua vez é conectada a uma tocha, pela qual um gás com elevado potencial de ionização flui. O RF produz corrente alternada de alta frequência, fazendo com que um intenso campo eletromagnético seja gerado no equipamento. Neste ponto, a bobina produz centelhas, que ao atingir argônio que flui pela tocha, iniciam o processo de ionização. As partículas ionizadas, por estarem em um forte campo eletromagnético, são aceleradas e colidem com outros átomos de argônio, o que causa um processo de ionização em cadeia, resultando na formação do plasma, denominado plasma indutivamente acoplado . Após a formação do plasma, a amostra, líquida, passa por um nebulizador, na qual ela é vaporizada. As maiores partículas de vapor são descartadas, enquanto as menores são conduzidas a tocha de plasma por um gás de arraste, onde entram em contato com o argônio fortemente ionizado, colidindo. Esta colisões e a elevada energia fazem com que os átomos da solução analisada se ionizem, ora perdendo, ora ganhando elétrons. Estas mudanças na condição dos átomos emitem energia eletromagnética, e como cada elemento emite energia em determinado comprimento de onda, utilizando um espectrômetro e um detector, é possível determinar os elementos presentes na amostra (Hou *et al.* 2016).



Figura 2.4 - Figura esquemática representando o funcionamento do ICP-OES. Modificado de Boss & Freeden (2004)

2.4.4 Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS)

Um sistema ICP-MS é capaz de medir concentrações de analito baixas, sendo que alguns equipamentos possuem um limite de detecção menor que 1ng por litro em solução (Taylor 2001). Este baixo limite de detecção é ideal para a quantificação de terras raras, que ocorrem em baixas concentrações nas rochas. Na espectrometria de massas a amostra é aquecida e ionizada. Os íons são introduzidos numa câmara à vácuo com um forte campo magnético ou de radiofrequência e devido as diferenças da razão massa/carga entre eles, cada íon faz uma trajetória, sendo assim possível diferenciar os elementos presentes na amostra (Winter 2010).
De acordo com Pavia *et al.* (2010) um espectrômetro de massas possui cinco componentes básicos:

- 1) Unidade de introdução da amostras, responsável por carregar a amostra para o equipamento.
- Fonte de ionização, encarregada de transformar o material analisado em íons gasosos e gerar o plasma indutivamente acoplado. O plasma do ICP-MS é gerado de forma semelhante ao do ICP-OES.
- 3) Analisador de massas, incumbido de diferenciar os íons em função da sua razão massa carga
- 4) Detector, responsável por contabilizar os íons da amostra.
- Sistema de dados cuja função é gerar o espectro de massa, que é um gráfico representando a quantidade de cada íon contado pelo detector

Um problema comum no ICP-MS é a interferência de massas, que acontece no setor do plasma. Nesta fase da análise, podem ser gerados íons moleculares poliatômicos, como óxidos, e estas moléculas são interpretadas pelo equipamento como elementos químicos, por terem a mesma massa do analito de interesse, o que leva a resultados não confiáveis. Para melhorar este problema, frequentemente é utilizado um artificio denominado cela de colisão. A cela de colisão é um instrumento localizado entre a fonte de ionização e o analisador de massas. Ao passar pela cela, preenchida com um gás, as moléculas poliatômicas reagem e/ou colidem com este, que é frequentemente Hélio. Essas reações destroem as moléculas, e consequentemente diminuem a interferência de massas (Taylor 2001). Existem inúmeros tipos de ICP-MS no mercado, sendo estes diferenciados pelo tipo de analisador de massas que possuem. Neste trabalho foram utilizados dois ICP-MS, um cujo analisador de massas é um quadrupolo e outro cujo analisador é denominado setor magnético monocoletor.

2.4.4.1 Analisador Quadrupolo

O quadrupolo é um modelo de ICP cujo analisador de massas consiste em quatro cilindros de metal em arranjo paralelo e simétrico. Ao passar entre os cilindros, devido a um campo de radiofrequência que existe entre eles, íons cuja quantificação não é de interesse desviam sua trajetória, que deveria ser retilínea. Ao desviar da trajetória, estes íons não chegam ao detector, e apenas os elementos cuja quantificação foi solicitada são analisados (figura 2.5) (Taylor 2001). Dentre os espectrômetros de massas existentes, os que possuem analisador de massas do tipo quadrupolo são considerados de baixa resolução, porém o baixo custo (Pavia *et al.* 2010) e a rapidez tornam um equipamento muito utilizado para quantificação multielementar (Taylor 2001).

Ferreira P. L. F. 2018, Desenvolvimento de Metodologia para Análise de Elementos Maiores...





2.4.4.2 Analisador Setor Magnético

Taylor (2001) escreve que espectrômetros de massas de setor magnético monocoletores seguem o princípio de que um feixe de íons eletronicamente carregado e acelerado por um potencial elétrico passa por uma fenda colimadora, passando posteriormente por um campo magnético sendo então defletido por um ângulo proporcional a sua razão massa/carga e campo magnético aplicado. Por fim, ao sair do campo magnético, e passar pela fenda de saída, um detector mede o ângulo de depleção do feixe, possibilitando assim identificar os elementos presentes na amostra(Figura 2.6). Aparelhos que seguem esse princípio de funcionamento são mais sensíveis que o tipo quadrupolo, além de que problemas de interferência de massa são mínimos.



Figura 2.6- Funcionamento de um ICP-MS monocoletor magnético. Modificado de Taylor (2001)

2.5 OS SISTEMAS DE ABLAÇÃO A LASER

2.5.1 Princípio de funcionamento

A palavra laser é um acrônico para "*light amplification by stimulated emission of radiation*" que pode ser traduzido como "amplificação da luz estimulada pela emissão de radiação" (Nelms 2005). Na técnica de ablação a laser, energia na forma de um feixe é direcionada para superfície da amostra. Ao entrar em contato com o feixe, parte da amostra é vaporizada e carreada por argônio, hélio ou uma mistura destes gases para o plasma do ICP-MS, de modo que é atomizada e ionizada (Taylor 2001). Uma câmera é acoplada ao laser, possibilitando que o ponto seja feito no local desejado (figura 2.7).



Figura 2.7- Esquema do funcionamento de um laser de ablação. Modificado de Taylor (2001).

Os sistemas de laser acoplados a um ICP-MS são utilizados para análise elementar e isotópica de amostras sólidas. Para entender o funcionamento dos dois tipos de laser utilizados neste trabalho, um do tipo Nd:YAG, utilizado no Laboratório de Geoquímica Isotópica do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto e um do tipo Excimer, utilizado no Laboratório de Espectrometria de Massas e Laser Ablation da Universidade de Portsmouth, na Inglaterra, é preciso entender como a física atua na geração da luz amplificada por estímulo da emissão de radiação (laser).

O feixe de luz do laser deve ser monocromático, constante e direcional. Para o laser apresentar essas características, é necessário que o feixe possua uma proporção maior de elétrons excitados em comparação com elétrons em um estado de baixa energia, esta condição é denominada população inversa. Considerando que o estado normal dos elétrons é de baixa energia, para aumentar a proporção de elétrons excitados e evitar que estes voltem ao estado normal, o feixe é bombeado com descargas elétricas ou uma luz muito intensa, deixando os elétrons num estado metaestável. Esse feixe, para atuar como laser precisa ser amplificado e a amplificação acontece quando o feixe de população invertida passa por um material, que pode ser um cristal ou um gás. Este material é posicionado entre dois espelhos

que produzem uma estrutura ressonante. Essa estrutura produz fótons que são refletidos inúmeras vezes pelos espelhos, e estes fótons interagem com o feixe de elétrons amplificando sua luz (Nelms 2005).

2.5.1.1 Sistema de ablação a laser do tipo Nd:YAG

Neste sistema, um cristal de granada de ítrio e alumínio dopado com uma pequena quantidade de um íon de metal trivalente, o Nd³⁺, é o material que se localiza entre os espelhos refletores. Os íons de Nd³⁺ são excitados para um estado de alta energia, em seguida atingindo a condição metaestável, na qual a luz é amplificada e o laser é produzido. O comprimento de onda fundamental gerado por esse sistema é de 1064 nm, porém ele pode ser amplificado utilizando materiais cristalinos com esta finalidade, gerando comprimentos harmônicos na ordem de 532 nm, 355 nm, 266 nm e 213 nm. As vantagens deste tipo de aparelho são os baixos custos, fácil manipulação do usuário e tamanho reduzido, no entanto a energia do pulso do laser é menor que no Excimer, o que produz uma ablação de qualidade inferior (Nelms 2005).

2.5.1.2 Sistema de ablação a laser do tipo Excimer

Neste sistema uma mistura de gases reativos (Cl₂, F₂) e inertes (Ar, Kr) são o material que se localiza entre os espelhos refletores. Para atingir a população inversa esses gases são estimulados por uma descarga elétrica, produzindo moléculas chamadas excimers, que são moléculas que existem apenas em um estado atômico de alta energia. Os excimers produzem luz no espectro ultravioleta, o que compõe o laser de ablação. Este sistema é caro em relação ao Nd:YAG, já que os gases ultrapuros necessários para seu funcionamento devem ser trocados periodicamente, além do mais ocupam muito espaço. No entanto, excimers possuem um amplo espectro de energia de saída do laser e consequentemente produzem ótimas crateras de ablação (Nelms 2005).

2.5.2 Parâmetros que condicionam o funcionamento do laser

Os parâmetros de um sistema de ablação a laser controlam a qualidade da ablação e sua capacidade de gerar bons resultados. Nas próximas seções será detalhado quais são estes parâmetros e como eles influenciam na qualidade das análises.

2.5.2.1 Comprimento de onda do laser

O comprimento de onda do laser influencia diretamente na qualidade da ablação, já que alguns comprimentos de onda podem fraturar ou derreter o material a ser analisado (Nelms 2005). A medida que se aumentou o conhecimento sobre sistemas de ablação a laser, observou-se que certos comprimentos de onda eram melhores em certos tipos de materiais. Por exemplo, um sistema Nd:YAG que originalmente produz um λ de 1064 nm, isto é, quase no infravermelho (IV), é bem absorvido por materiais ricos em Fe, porém é mal absorvido por materiais transparentes a luz visível, gerando uma ablação de baixa qualidade. Logo, foi desenvolvimento um método para multiplicar o comprimento de 1064 nm utilizando cristais, tendo como resultado ondas de frequência mais elevada e λ de 532 nm, 355 nm, 266 nm e 213 nm, no espectro ultravioleta. Comprimentos de onda no UV são aplicáveis para inúmeros tipo de amostra, embora lasers Nd:YAG que trabalhem neste espectro necessitem de mais manutenção e sejam mais caros que lasers que trabalham próximo ao IV. Já sistemas Excimer trabalham com 193 nm como onda fundamental, o que os torna mais caros. No entanto, como originalmente já geram pulsos no espetro UV dispensam o uso de cristais multiplicadores, diminuindo custos de manutenção e alinhamento do equipamento (Sylvester 2008). O comprimento de onda do laser é um parâmetro difícil de ser modificado, pois é inerente a fabricação do aparelho. Neste trabalho foram utilizados lasers Nd:YAG de 213 nm no LGqA e um Excimer 193 nm no laboratório de espectrometria de massas da Universidade de Porthsmouth.

2.5.2.2 Energia do laser

A energia do pulso do laser é considerada um parâmetro crítico do aparelho (Syvester 2008) e deve ser ajustada de acordo com o material que está sendo analisado, pois se for mal ajustada pode produzir partículas muito grandes e que não serão analisadas. Quando o pulso é denso, isto é, quando grande energia incide sobre o material a ser analisado sob uma pequena área, a luz pode atingir grandes profundidades na amostra, que absorverá muita energia e gerará uma boa ablação (Nelms 2005). A densidade do pulso, também denominada fluência, e é medida em (J/cm²). A energia deve ser alta e constante ao longo do feixe do laser, de modo que não produza faturamento ou derretimento da amostra (Günther & Hattendorf 2005). Este parâmetro pode ser controlado através de filtros e diafragmas (Nelms 2005).

2.5.2.3 Frequência do pulso do laser

Este parâmetro mede qual a quantidade de pulsos de laser se tem por unidade de tempo. Frequências muito altas tendem a formar um escudo em torno da amostra, escudo este composto de plasma que foi gerado pelo tiro de laser anterior. Esse plasma gerado pode absorver ou refletir os próximos feixes de laser, prejudicando a ablação da amostra (Nelms 2005). Além do mais, uma frequência mais baixa favorece a formação de crateras rasas nas amostras, o que é bom, pois crateras rasas apresentam menos fracionamento elementar (Košler *et al.* 2001).

2.5.2.4 Duração do pulso do laser

O tempo de duração do pulso do laser é extremamente importante pois quanto maior for esse tempo, maiores são os efeitos termais que serão sofridos pela amostras. Efeitos termais são fenômenos causados pela fusão de materiais, especialmente metais, fusão esta que modifica as características físicoquímica do material. Posteriormente esse material que foi fundido é vaporizado e misturado com o material que não foi fundido, sendo carreado para o ICP-MS. Isto diminui significativamente a qualidade das análise, já que o material fundido apresenta características diferentes do não fundido, mesmo sendo pertencentes a mesma amostra (Nelms 2005). Atualmente a maioria do lasers atuam com durações do pulso na faixa de ns, entretanto já existem no mercado lasers que trabalham na faixa dos fentossegundos, isto é, um milhão de vezes mais rápido que um ns. Esse tipo de laser é chamado em alguns trabalhos como fs-LA-ICP-MS. Fernández *et al.* (2007) cita inúmeras vantagens do fs-LA-ICP-MS em relação ao tradicional ns-LA-ICP-MS, como a minimização de efeitos termais e efeito matriz, a formação de uma cratera melhor e sem resíduos de fundidos de ablações anteriores, geração de partículas de tamanho uniforme após a vaporização, entre outras. Diwakar *et al.* (2013) também fez um estudo comparativo entre fs-LA-ICP-MS e ns-LA-ICP-MS, obtendo resultados melhores com a primeira técnica. Apesar dos bons resultados encontrados por inúmeros pesquisadores ainda é preciso entender melhor o funcionamento do fs-LA-ICP-MS. No entanto, devido aos avanços recentes no conhecimento do método, é altamente provável que ele seja uma tendência no futuro da química analítica.

2.5.2.5 Tamanho do ponto feito pelo laser

O diâmetro do ponto feito pelo laser tem ligação direta com os sinais que serão recebidos pelo ICP, já que este fator controla a quantidade de amostra que será vaporizada. Em lasers Nd:YAG o tamanho do ponto é controlado pelo foco do laser e a energia incidente na amostra, enquanto nos Excimers é controlado pelo de tamanho uma imagem focada e observada por um diafragma posicionado no sistema ótico do aparelho. Nos Excimers é possível mudar o tamanho do ponto sem alterar a fluência do aparelho, o que não possível num equipamento Nd:YAG (Nelms 2005). Embora pontos de maior diâmetro representem melhor a amostra como um todo, muitas vezes os grãos que serão analisados são muito pequenos, e o furo é limitado pelo tamanho destes.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consistiu inicialmente na realização de revisão bibliográfica na qual foi pesquisado sobre o desenvolvimento de materiais de referência em geral e especificamente para microanálises. Posteriormente amostras foram coletadas e preparadas para serem caracterizadas mineralógica e quimicamente. No processo de caracterização fez-se uso de diversas técnicas, sendo elas: microssonda eletrônica, microscopia de luz refletida e análises químicas em amostras dissolvidas por método titulométrico, ICP-MS e ICP-OES. Após a etapa anterior foram escolhidas as melhores amostras candidatas a padrão para LA-ICP-MS. Foram então testadas e escolhidas as melhores condições analíticas para a ablação a laser em amostras de hematita e magnetita. Esta etapa incluiu otimização das condições operacionais do laser como tamanho do ponto, fluência e tempo de ablação. As amostras candidatas a padrão escolhidas foram então analisadas quimicamente via LA-ICP-MS, e posteriormente foi feito a avaliação de homogeneidade. Realizou-se também um ensaio interlaboratorial para avaliar a reprodutibilidade dos resultados obtidos na primeira análise. Por fim, os resultados obtidos para LA-ICP-MS foram tratados estatisticamente para obtenção das concentrações do material de referência *in house*. A figura 3.1 esquematiza as etapas deste trabalho.



Figura 3.1 – Esquema da metodologia empregada no trabalho.

3.1.1 Revisão Bibliográfica

Realizou-se uma série de pesquisas bibliográficas sobre o desenvolvimento de materiais de referência para LA-ICP-MS. O foco da pesquisa foram minerais cuja composição possui alto teor de ferro e também estudou-se como as análises em minerais de óxido de ferro por LA-ICP-MS têm sido feitas. Esta etapa permitiu definir como o projeto seria conduzido e quais tipos de análise química/mineralógica seriam realizadas de modo a atingir os objetivos propostos neste trabalho. No entanto, é importante ressaltar que esta etapa não foi executada somente no início do projeto, e sim durante todo o processo de elaboração deste trabalho.

3.1.2 Coleta Das Amostras

Foram coletadas sete amostras de minerais de óxidos de ferro, sendo seis de hematita e uma de magnetita (figura 3.2).



Figura 3.2 - Amostras dos minerais coletados para o estudo

A magnetita e as hematitas de número 01 a 05 foram coletados na Formação Cercadinho, no quadrilátero ferrífero em MG (figura 3.3). Nessa formação, segundo Dorr (1969), ocorre um quartzito ferruginoso e é comum a formação de cristais euédricos de hematita onde houve forte alteração hidrotermal desta rocha. Já a hematita número 06 foi coletada na cidade de Itamarandiba (figura 3.4), em um veio hidrotermal hematítico. As amostra foram coletadas levando-se em conta a homogeneidade, tamanho e disponibilidade dos minerais.

40

Acamamento

Falha de empurrão

inferida



Proterozóico



Figura 3.3– Mapa Geológico indicando onde cinco das hematitas e a magnetita foram coletadas para o presente estudo. Elas ocorrem associadas ao quartzito ferruginoso da Formação Cercadinho. Modificado de Lobato (2005)



Figura 3.4 - Mapa Geológico da região de Itamarandiba, na escala 1:100000. Modificado de Baars et al. (2012).

3.1.3 Preparação Das Amostras

Os minerais coletados foram fragmentados em tamanhos de 4 a 8 mm em almofariz e pistilo de ágata. Os fragmentos foram catados em lupa estereoscópica, onde foram selecionados os grãos mais homogêneos. Para as análises em LA-ICP-MS, Microssonda Eletrônica e Microscopia de Luz Refletida os grãos pré-selecionados foram dispostos em pastilhas de resina com endurecedor dentro de um molde plástico. Após secagem, as pastilhas foram polidas de forma que o centro dos fragmentos ficassem expostos. As pastilhas foram confeccionadas no Laboratório de Preparação de Amostras para Geoquímica e Geocronologia e Laboratório de Laminação do DEGEO/UFOP. Já para as análises titulométricas, de ICP-MS e ICP-OES as amostras foram pulverizadas utilizando pistilo e ágata, sendo a granulometria resultante menor que 200 mesh.

3.1.4 Caracterização Mineralógica

As seguintes técnicas foram empregadas de modo a determinar as propriedades mineralógicas das amostras:

3.1.4.1 Microssonda Eletrônica

A microssonda eletrônica foi utilizada para imageamento e caracterização da composição química nos grãos, determinação de possíveis heterogeneidades dos minerais e obtenção da concentração de ferro total nas amostras, já que este isótopo posteriormente foi utilizado como padrão interno nas análises via LA-ICP-MS. Nesta etapa foi analisada uma pastilha, contento fragmentos de sete amostras, sendo seis deles de hematita e um de magnetita. Foi feito de 10 a 18 pontos em cada fragmento, a depender do tamanho destes. Foram analisados os elementos Zr, Si, Al, Mg, Ba, Zn, Fe, V, P, Ti, Ca, Cr, Sr, Ni, Co e Mn, cujo resultado é dado em formato de óxido. Esta etapa foi realizada no Laboratório de Microscopia e Microanálise do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto, utilizando um sistema EPMA Jeol JXA-8230, equipado com 4 espectrômetros e o software Jeol EPMA 3.0.1.16, usado na calibração e quantificação. A tabela 3.1 descreve as condições do equipamento no dia da análise.

Voltagem de aceleração	20kV
Corrente do feixe	40nA
Diâmetro do feixe	10µm
Tempo de contagem para de Zr, Zn, V, Cr, Sr, Ni	30s na medida de picos e 15s na medida de
e Co	background
Tempo de contagem para Si, Al, Mg, Ba, Fe, P,	10 s na medida dos picos e 5s na medida de
Ti e Ca	background

Tabela 3.1- Condições de operação da EPMA

Ferreira P. L. F. 2018, Desenvolvimento de Metodologia para Análise de Elementos Maiores...

Padrões utilizados na calibração	Zircão (Zr), quartzo (Si), coríndon (Al), olivina
	(Mg), BaSO ₄ (Ba), gahnita (Zn), FeO (Fe), vidro
	IR-W (V), apatita fluoretada (P and Ca), rutilo
	(Ti), cromita (Cr), estroncianita (Sr), Ni metálico
	(Ni), Co metálico (Co) e MnO ₂ (Mn).

Continua:

3.1.4.2 Microscopia Óptica de Luz Refletida

Neste trabalho a técnica de MOLR foi utilizada para identificar impurezas nas amostras, o que compromete a homogeneidade do material. Minerais que são observados apenas sob luz transmitida não foram descritos, pois para este trabalho não foram confeccionadas lâminas delgadas, apenas pastilhas. As análises foram realizadas em um microscópio do tipo Olympus (Modelo BX41) utilizando-se objetivas de 2, 10, 20 e 40 vezes do laboratório de microscopia da graduação do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto.

3.1.5 Caracterização Química

As seguintes técnicas foram empregadas de modo a determinar as propriedades químicas das amostras:

3.1.5.1 Determinação do Teor de Ferro total por titulometria

Nesse trabalho, a técnica de titulometria (figura 3.5) foi utilizada para encontrar a concentração de ferro total nas amostras, de modo a certificar o valor deste isótopo encontrado na EPMA, já que posteriormente esta concentração seria utilizada como padrão interno nas análises LA-ICP-MS.



Figura 3.5- Caracterização do Fe total das amostras via titulometria.

Na análise tilulométrica mede-se o volume de um reagente (titulante) necessário para completar uma reação completa com o analito. A partir do volume de titulante que foi necessário para terminar a reação calcula-se estequiometricamente a quantidade do elemento de interesse na amostra (Harris 2009).

Foi feito um ensaio de titulação para duas amostras, HM-01 e HM-05, consideradas mais homogêneas pelas técnicas de EPMA e MORL. Também foi analisado em duplicata o MRC ITAK-53, fabricado pelo Instituto de Tecnologia August Kekulé, de modo a certificar o resultado. Esta etapa foi realizada no Laboratório de Geoquímica da Universidade Federal de Ouro Preto. Os procedimentos desta etapa foram realizados segundo a norma NBR ISO 9507: Metodologia para determinação do teor de Ferro Total – Método de redução por cloreto de titânio III (ABNT 2010). Esta norma orienta que seja pesado entre 0,3800 e 0,4000 g de amostra, cuja abertura foi feita com 20 mL de ácido clorídrico, HCl, (37% p/p) e 10 gotas de cloreto estanoso, SnCl₂ (100g/L), aquecidos numa chapa a 100 °C. Nestas etapas o HCl é responsável por formar íons de Fe³⁺e o SnCl₂ por reduzir o Fe³⁺ gerado para Fe²⁺, estes processos ocorrem respectivamente segundo as reações 3.1 e 3.2.

$$Fe_2O_{3(s)} + 6 HCl_{(aq)} \rightarrow 2 FeCl_{3(aq)} + 3 H_2O_{(aq)} (reação 3.1)$$

 $2 \operatorname{FeCl}_{3(aq)} + \operatorname{SnCl}_{2(aq)} \rightarrow 2 \operatorname{FeCl}_{2(aq)} + \operatorname{SnCl}_{4(aq)}(\operatorname{reação} 3.2)$

Após a abertura da amostra, esta foi diluída num erlenmeyer com 100 mL de água destilada, e foi adicionado ao frasco 10 gotas de índigo de carmim e cloreto de titânio, TiCl₃, (1,5%) gota a gota, até a solução ficar sem cor. A adição do TiCl₃ é necessária para oxidar excessos de Sn²⁺ (reação 3.3) que foram gerados na etapa anterior, pois estes excessos alterariam o resultado da titulação. O índigo de carmim, que possui coloração azul quando o Ti presente na solução está em seu estado oxidado (Ti⁺³), se tornando incolor quando o Ti está em seu estado reduzido (Ti⁺²), foi utilizado como indicador neste ensaio para determinar que a reação 3.3 foi completada.

$$TiCl_3 + SnCl_2 \rightarrow TiCl_2 + SnCl_4$$
 (reação 3.3)

Após a adição de TiCl₃ a amostra foi ser resfriada, e quando fria foi adicionado a ela, sob agitação constante, gotas de dicromato de potássio, $K_2Cr_2O_7$, (1 g/L), até que esta adquirisse coloração azul persistente, causada pelo retorno do Ti a sua forma oxidada. Foi adicionado então a solução uma mistura ácida (ácido sulfúrico, ácido fosfórico e difenilamina). Na solução ácida o ácido sulfúrico é utilizado para facilitar a dissolução da difenilamina, a difenilamina para mudar a coloração da solução titulada de azul para roxa quando a reação de titulação estiver completa e o ácido fosfórico para assegurar que esta mudança de cor seja nítida. Após a adição da solução ácida, a solução em que se deseja determinar o Fe total foi então titulada com $K_2Cr_2O_7$ de 0,01667 mol/L, até o ponto de viragem, na qual a solução adquiriu coloração violeta. A reação da titulação é definida pela reação 3.4.

$$6FeCl_2 + K2Cr_2O_7 + 14 HCl \rightarrow 2CrCl_3 + 6FeCl_3 + 7H_2O + 2KCl \text{ (reação 3.4)}$$

Foi anotado o volume de titulante gasto e a massa da amostra pesada no início do procedimento, já o teor de ferro total (%Fe_{total}) foi dado pela equação 3.1.

$$\% Fe_{total} = \frac{0.5584 \cdot V_{K2Cr207}}{m} \qquad (equação 3.1)$$

Na equação acima 0,5584 é um fator multiplicador calculado com base no padrão ITAK-53 e $V_{K2Cr2O7}$ é o volume de $K_2Cr_2O_7$ utilizado para titular uma massa m de amostra. Os volumes de $K_2Cr_2O_7$ e a massa de amostra utilizada na titulação se encontram na tabela 3.2.

Método Analítico/amostra	Volume de K ₂ Cr ₂ O ₇ (L)	Massa de amostra(g)
ITAK-53-I	32,91	0,3903
ITAK-53-II	32,86	0,3903
HM-01	34,42	0,2805
HM-05	39,47	0,3232

Tabela 3.2- Volume de solução titulante e massa de amostra utilizados na titulometria

3.1.5.2 Caracterização química das soluções das amostras via Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado

A preparação das amostras para análise em ICP-OES foi feita baseada da metodologia de Sampaio (2012). Tendo como base este método os seguintes procedimentos foram realizados:

- Amostra foi pulverizada até granulometria menor que 200 mesh utilizando almofariz e pistilo de ágata.
- 2) Amostras foram secadas a 100 °C por duas horas em estufa.
- 3) Foi pesado 0,100 g de amostra utilizando uma balança analítica da marca Sartorius.
- A amostra foi colocada em um frasco de teflon Savillex[®] e a ela foi adicionado 0,5 mL de água ultrapura(Milli-Q)
- 5) Adicionou-se ao Savillex[®] com a amostra 2 mL de HF (48% p/p), 1 mL de HCl (37% p/p) e 0,5 mL de HNO₃ (65% p/p). Posteriormente, com o Savillex[®] fechado, o material foi aquecido em chapa por 48 h a 120 °C.
- 6) Após as 48h, adicionou-se ao frasco 1 mL de HNO₃ (65% p/p), e o Savillex[®] foi colocado aberto na chapa a 110 °C, até que houvesse perda de plasticidade do material.
- 7) Adicionou-se então ao Savillex[®] 2 mL de HNO₃ (65% p/p) e duas gotas de HCl (37% p/p). Novamente a amostra foi mantida na chapa a 110 °C até a perda de plasticidade.
- 8) A última adição de ácidos foi feita com 4 mL de HNO₃ (65% p/p) em solução 1:1, e o Savillex[®] foi mantido na chapa a 110 °C por trinta minutos.
- 9) Por fim, adicionou-se 16 mL de água Milli-Q ao Savillex[®]. O frasco foi pesado e o líquido resultante foi transferido para um frasco de polietileno até a análise pelo ICP-OES.

Todos os ácidos utilizados no procedimento foram fabricados pela empresa Merck Millipore®. O ICP-OES modelo Agilent 725 foi utilizado para realizar a análise química das concentrações dos elementos de interesse, segundo as condições operacionais descritas tabela 3.3.

Potência	1,35 kW
Fluxo do argônio	15 L/min
Fluxo de gás auxiliar	1,5 L/min
Pressão do nebulizador	200 kPa
Altura da tocha	10 mm
Tempo de análise das réplicas	10 s
Tempo de estabilização do instrumento	15 s
Frequência de rotação da bomba peristáltica	15 rpm
Tempo de enxágue entre as amostras	10 s

Tabela 3.3 - Condições de operação do ICP-OES

Os materiais de referência utilizados para validação das análises do equipamento nesta etapa foram o Basalto Ribeirão Preto (BRP-1), fabricado pela Universidade Estadual de Campinas em parceria com o United States Geological Survey e o IF-G , fabricado pelo International Working Group-Groupe International de Travail. Foram feitas triplicatas de todas as amostras e os elementos foram analisados nas seguintes linhas espectrais: As (188,980 nm), Ba (455,403 nm), Bi (223,061 nm), Cd (228,802 nm), Co (228,615 nm), Cr (267,716 nm), Cu (327,395nm), Li (670,783 nm), Mo (202,032 nm), Ni (231,604 nm), Sc (361,383nm), Sr (421,552 nm), Th (401,913 nm), V (292,401 nm), Y (360,074 nm), Zn (213,857 nm), Be (313,042 nm), Mn (259,372 nm), Sb (206,834 nm), Al (394,401 nm), Fe (234,350 nm), Ca (422,673 nm), K (766,491 nm), Mg (285,213 nm), Na (588,995 nm), Zr (339,198 nm), Pb (220,353 nm), P (213,618 nm), S (181,972 nm), Si (251,611 nm) e Ti (336,122nm).

Esta etapa foi realizada do Laboratório de Geoquímica da Universidade Federal de Ouro Preto, no departamento de geologia (LGqA/DEGEO).

3.1.5.3 Caracterização química das soluções das amostras via Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado

Nesta etapa do trabalho foram utilizadas as mesmas soluções preparadas para o ICP-OES, desta vez, visando obter concentrações de elementos-traço. No entanto, para o ICP-MS, houve necessidade de mais uma etapa de diluição. Assim, uma alíquota de 1 mL das soluções foi devidamente pesada e o volume foi completado com água Milli-Q até um volume final de 10,00 mL. Os elementos Rh e Re foram utilizados como padrão interno e o material de referência utilizado para certificar os resultados foi o BRP-1. Foram feitas triplicatas de todas as amostras e os elementos analisados foram ⁴⁵Sc, ⁴⁷Ti,

⁵¹V, ⁵²Cr, ⁵⁵Mn, ⁵⁹Co, ⁶⁰Ni, ⁶⁶Zn, ⁷¹Ga, ⁸⁹Y, ⁹³Nb, ¹⁸¹Ta, ²⁰⁸Pb, ¹³⁹La, ¹⁴⁰Ce, ¹⁴¹Pr, ¹⁴³Nd, ¹⁴⁷Sm, ¹⁵¹Eu, ¹⁵⁷Gd, ¹⁵⁹Tb, ¹⁶³Dy, ¹⁶⁵Ho, ¹⁶⁶Er, ¹¹⁵In, ¹⁶⁹Tm, ¹⁷⁴Yb, ¹⁷⁵Lu, ¹³⁷Ba, ¹⁷⁸Hf, ²⁰⁵Tl, ²⁰⁹Bi e ²³⁸U. A sensibilidade do equipamento foi avaliada nos dois modos de operação, com e sem cela de colisão, as massas monitoradas apresentaram contagens mínimas satisfatórias e o equipamento foi calibrado segundo a tabela 3.4.

Potência	1550 W		
Extração	155 V		
Fluxo do nebulizador(Ar)	1.05 L/min.		
Fluxo do gás de plasma(Ar)	12 L/min.		
Fluxo do gás auxiliar(Ar)	0,10 L/min		
Temperatura do nebulizador	2 °C		
Modo sem cela de colisão			
Contagens mínimas	⁷ Li>3700 contagens por segundo(cps),		
	⁸⁹ Y>17500cps, ²⁰⁵ Tl>12900cps		
Modo com cela de colisão			
Fluxo do gás na cela (He)	3,2 mL/min.		
Contagens mínimas	⁵⁹ Co>3800 cps, ⁸⁹ Y>4400cps, ²⁰⁵ Tl>8200cps		

Tabela 3.4 - Condições de operação do ICP-MS

Esta fase do trabalho foi realizada no Laboratório de Geoquímica da Universidade Federal de Ouro Preto, no Departamento de Geologia (LGqA/DEGEO), utilizando um ICP-MS Agilent 7700x.

3.1.6 Desenvolvimento de metodologia otimizada e análise química da amostra candidata a padrão via LA-ICP-MS

Um método analítico aplicável as amostras minerais de óxido de ferro foi desenvolvido utilizando os seguintes materiais de referência fabricados pelo Serviço Geológico Americano (USGS): Basalt, Hawaiian Volcano Observatory (SRM BHVO-2) como MR primário de calibração e Basalt, Columbia River (SRM BCR-2) como MR de controle de qualidade para determinação dos elementos ²³Na, ²⁴Mg, ²⁷Al, ²⁸Si, ³¹P, ³⁹K, ⁴⁰Ca, ⁴⁵Sc, ⁴⁷Ti, ⁵¹V, ⁵²Cr, ⁵⁵Mn, ⁵⁹Co, ⁶⁰Ni, ⁶⁶Zn, ⁷¹Ga, ⁸⁹Y, ⁹¹Zr, ⁹³Nb, ¹³⁹La, ¹⁴⁰Ce, ¹⁴¹Pr, ¹⁴³Nd, ¹⁴⁷Sm, ¹⁵¹Eu, ¹⁵⁷Gd, ¹⁵⁹Tb, ¹⁶³Dy, ¹⁶⁵Ho, ¹⁶⁶Er, ¹¹⁵In, ¹⁶⁹Tm, ¹⁷⁴Yb, ¹⁷⁵Lu, ¹⁸¹Ta, ²⁰⁸Pb, ²³²Th e ²³⁸U. Tais elementos-traço foram escolhidos em função da certificação do MRC BCR-2, cujo os valores de concentração utilizados nesse trabalho foram publicados por Jochum *et al.* (2015), pois estão atualizados em relação ao certificado original, cujo relatório foi produzido por Wilson (1997). As condições de otimização do equipamento (*tuning*) foram avaliadas em função da observação do sinal obtido nos padrões e no de mineral de óxido de ferro. Foi utilizado o ⁵⁷Fe como padrão interno e de concentração pré-determinada por microssonda eletrônica.

Nesta etapa, os grãos avaliados como mais homogêneos pelos métodos de caracterização químio-mineralógica foram analisados por LA-ICP-MS para posterior execução da avaliação da homogeneidade, isto é, a verificação de que os materiais são suficientemente homogêneos para serem utilizados como padrão de referência. Foram feitos inúmeros pontos cuja localização era aleatória em cada fragmento de amostra presente nas pastilhas. Esta etapa foi realizada no Laboratório de Geoquímica Isotópica do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto utilizando um aparelho de ICP-MS Thermo-finningan Element II, monocoletor setor magnético, acoplado a um laser CETAC UV Nd:YAG de 213 nm.

3.1.7 Avaliação de homogeneidade

A avaliação estatística da homogeneidade foi realizada pelo teste de variância de fator simples ANOVA (*Analysis of Variance*) e foi possível verificar quais elementos apresentaram variações de concentração aceitáveis, isto é, podem ser considerados homogêneos em toda a amostra, característica essencial em um material de referência (ISO Guide 35 2006).

A ANOVA é utilizada para determinar se a diferença entre as médias de vários conjuntos é significativa. Para chegar ao resultado, essa técnica avalia a variância dentro de um grupo, neste caso a concentração de um elemento de um fragmento da amostra candidata a padrão, e avalia também a variância entre os grupos, que neste caso significa a variabilidade do mesmo elemento entre todos os fragmentos da amostra candidata (Neto 2002). O resultado final da homogeneidade é dado por $F_{calculado}$, fator obtido a partir das variâncias entre os grupos e dentro dos grupos. O valor de $F_{calculado}$ é então comparado com um valor de $F_{crítico}$, obtido na tabela de distribuição F de Fisher-Snedecor. Caso $F_{calculado}$ seja menor que $F_{crítico}$, o analito de interesse pode ser considerado homogêneo (Sampaio 2012; Silva 2014). Este trabalho utilizou o valor de $F_{crítico}$ relativo a um nível de 95% de confiança.

3.1.8 Ensaio interlabolatorial

Para execução do ensaio interlaboratorial, também chamado estudo colaborativo, altamente recomendado em caso de técnicas analíticas que sofrem de efeito matriz (ISO Guide 35 2006), foi realizada a análise química dos elementos da amostra que foi previamente selecionada como melhor candidata a padrão. O MRC BHVO-2 foi utilizado como padrão primário e o MRC BCR-2 foi utilizado para conferir a rastreabilidade metrológica, isto é, o padrão foi utilizado para certificar os valores obtidos para os diversos elementos analisados no material de referência em processo de produção.

Esta etapa foi realizada no laboratório de espectrometria de massas e laser ablation da Universidade de Portsmouth, na Inglaterra. O ICP-MS utilizado foi um Analytic Jena Plasma Quant MS Elite, um quadrupolo, acoplado a um sistema de ablação a laser Asi Resolution Excimer, 193 nm (Figura 3.6).



Figura 3.6- Da esquerda para a direita, laser de ablação e aparelho ICP-MS do laboratório de espectrometria de massa e ablação a laser da Universidade de Portsmouth, na Inglaterra.

3.1.9 Determinação final das concentrações da amostra candidata a padrão

A concentração final das amostras analisadas foi feita utilizando a média simples entre os valores obtidos na UFOP e no estudo colaborativo.

3.1.10 Elaboração da monografia

Este documento, formatado segundo as regras da Sociedade Brasileira de Geologia, apresenta todos os dados obtidos durante os diversos estudos e etapas laboratoriais realizadas neste trabalho, bem como significado químico-geológico destes.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os dados que foram obtidos utilizando os diferentes métodos de caracterização das amostras e que possibilitaram a escolha da amostra candidata a material de referência *in-house*. Além disso, está descrito como foram obtidas as concentrações finais do material de referência produzido e os métodos estatísticos utilizados.

4.1 RESULTADO DA CARACTERIZAÇÃO QUÍMIO-MINERALÓGICA

4.1.1 Microssonda Eletrônica

As primeiras análises químicas feitas nas amostras foram as análises utilizando microssonda eletrônica, de modo a selecionar, dentre as sete amostras candidatas a padrão (figura 4.1), a melhor, isto é, aquela de maior homogeneidade e que possuísse maior concentração de elementos-traço.



Figura 4.1 - Amostras candidatas a padrão na pastilha de resina, sendo seis cristais de hematita e um de magnetita.

Nos sete grãos, os elementos avaliados foram os seguintes: Zr, Si, Al, Mg, Ba, Zn, Fe, V, P, Ti, Ca, Cr, Sr, Ni, Co e Mn. No entanto, para as hematitas apenas Al, Fe, V, Ti e Cr apresentaram concentrações acima do limite de detecção, mesmo assim, em alguns pontos, estes elementos não foram analisados. Já na magnetita os elementos Al, Mg e Fe foram detectados, e em alguns pontos, Ti. Os poucos elementos que ficaram acima do limite de detecção na amostra de magnetita foi um dos fatores que levou a exclusão desta como candidata a padrão. Outro fator consta no fato de que o imageamento dos grãos permitiu observar claramente que os grãos de magnetita são menos homogêneos que os de hematita (figura 4.2).



Figura 4.2 - Imagem obtida utilizando microssonda eletrônica de duas das amostras coletadas. Em A, é possível observar o cristal de magnetita escolhido. São observadas neste inúmeros tons de cinza, o que demonstra visualmente sua baixa homogeneidade. Já em B, é possível observar o cristal de hematita 01, nitidamente mais homogêneo que o exposto em A.

Considerando o resultado entre as hematitas, é possível verificar na tabela 4.1, que as amostras de hematita 01 e 05, HM-01 e HM-05, respectivamente, apresentaram os melhores resultados, levando em conta as médias simples (\bar{x}) e o fato de terem apresentado os menores desvios padrão relativo (DPR) entre os pontos feitos em um mesmo fragmento. HM-02, embora tenha apresentado baixos DPRs para alguns elementos, apresentou DPR muito elevado para Ti, um elemento abundante na amostra e para Ta, o que levou a sua exclusão como candidata a padrão. Após a realização desta etapa as amostras HM-02, HM-03, HM-04, HM-06 e magnetita foram descartadas como candidatas MR, e deste ponto em diante a caraterização químio-mineralógica prosseguiu apenas nas amostras HM-01 e HM-05. O resultado completo desta etapa se encontra no Apêndice A.

A média dos valores de FeO obtidos pelo sistema EPMA e devidamente convertidos para ⁵⁷Fe foram posteriormente utilizados como padrão de controle interno na fase de desenvolvimento de metodologia específica para LA-ICP-MS.

	HM-01	HM-02	HM-03	HM-04	HM-05	HM-06	Magnetita
Número de	18	11	12	13	16	13	16
furos							
$FeO - (\overline{x})$	85,75%	87,22%	87,64%	86,93%	85,92%	84,79%	91,93%
DPR para	0,31%	0,24%	0,80%	0,57%	0,39%	0,45%	1,13%
FeO							
$TiO_2 - (\overline{x})$	2,79%	0,67%	0,93%	1,47%	2,69%	4,46%	
DPR para	6,39%	21,25%	13,44%	17,32%	4,99%	6,56%	
TiO ₂							
$Al_2O_3 - (\overline{x})$	0,05%	0,12%	0,084%	0,06%	0,06%	0,02%	0,10%
DPR para	34,67%	27,62%	43,45%	42,06%	35,08%	107,65%	26,06%
Al_2O_3							
$V_2O_3 - (\overline{x})$	0,09%	0,13%	0,061%	0,11%	0,12%	0,01%	
DPR para	14,49%	11,08%	43,96%	21,54%	12,07%	83,97%	
V_2O_3							
$Cr_2O_3 - (\overline{\boldsymbol{x}})$	0,06%	0,11%	0,072%	0,15%	0,14%	0,01%	
DPR para	65,17%	95,18%	67,43%	67,66%	39,78%	143,59%	
Cr_2O_3							

Tabela 4.1 - Resultado da análise química das amostras via EPMA.

4.1.2 Resultados Da Microscopia De Luz Refletida

Pastilhas com fragmentos das amostras HM-01 e HM-05 foram analisadas no MORL. A hematita sob luz refletida possui refletividade muito baixa, cor cinza azulada, bireflectância distinta, dureza alta, caráter anisotrópico em tons de cinza e reflexões internas de cor vermelho sangue (Pracejus 2008). Estas características tornam este material de fácil identificação, bem como impurezas nele contidas. Nas pastilhas analisadas não foi encontrado qualquer material que não fosse hematita, embora haja algumas manchas escuras nas amostras (Figura 4.3). Essas manchas foram caracterizadas como buracos/bolhas gerados na confecção da pastilhas, pontos resultantes de outros aparelhos analíticos que utilizaram as pastilhas ou como produto de oxidação dos minerais de ferro, já que este último tipo de mancha, quando observado na lente de 40 x, apresenta cores vibrantes, o que é típico do resultado de um processo oxidante. Os fragmentos foram considerados homogêneos em todos os aumentos utilizados no microscópio, isto é, de 2 x, 10 x, 20 x e 40 x, não sendo observado nenhum tipo de mineral translúcido ou opaco incluso nas amostras.



Figura 4.3- Fotografia das amostras HM-01 e HM-05 sob luz refletida. Em A tem-se a amostra HM-05 observada sob uma lente de 20x, em B a amostra HM-05 sob uma lente de 2x, em C a amostra HM-01 sob uma lente de 20x e em D a amostra HM-01 sob uma lente de 2x. Todas as lâminas são visualmente homogêneas, as manchas pretas consistem em buracos, bolhas ou processos de oxidação

4.1.3 Resultado Da Titulometria

Os ensaios titulométricos foram realizados para certificar a concentração de ferro total anteriormente encontrada pela EPMA, já que o valor encontrado pela microssonda eletrônica seria utilizado como padrão interno das análises via LA-ICP-MS, como é comumente feito na literatura para matrizes ricas em ferro.

A tabela 4.2 mostra os resultados que foram encontrados. O material de referência utilizado para certificar as análises, o ITAK-53, desviou apenas 0,03% em relação a média entre a concentração de ferro total certificada e a obtida na titulometria, o que torna os resultados obtidos confiáveis. Nas amostras, HM-01 obteve um desvio padrão relativo de 1,93% em relação ao valor obtido pela EPMA, e HM-05 obteve um desvio de 1,66%. As diferenças nas medidas obtidas tanto pela EPMA e pela titulometria podem ser devido a erros sistemáticos e aleatórios, que são inerentes as atividades experimentais (Preston & Dietz 1991). Indiferente disto, como os DPR encontrados entre os diferentes métodos foi baixo, foi possível a validação dos valores de ferro total da EPMA como o padrão interno nas análises via LA-ICP-MS.

Método Analítico/amostra	Concentração de Fe obtida(%)	DPR(%) entre concentrações da mesma amostra
EMPA/HM-01	66,65	
Titulometria/HM-01	68,50	1,93
EMPA/HM-05	66,78	
Titulometria/HM-05	68,37	1,66
Titulometria/ITAK-53	47,07	
Valor Certificado ITAK-53	47,05	0,03

Tabela 4.2 - Comparação entre os resultados das análises de ferro total via EPMA e via titulometria.

4.1.4 Resultados das Análises via ICP-OES

As amostras HM-01 e HM-05 foram analisadas via ICP-OES e os dentre os elementos analisados, foram obtidos resultados para Al, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, estando todos os outros elementos escolhidos abaixo do limite de quantificação do equipamento. Para a avaliação e garantia da qualidade dos resultados obtidos foi utilizado como controle os padrões IF-G e BRP-1. Segundo o INMETRO (2011) a exatidão de resultados de análises químicas podem ser avaliadas segundo o índice Z. Esse índice compara valores de concentração obtidos pelo laboratório com o valor presente no certificado do material de referência. Ele é calculado segundo a equação 4.1, cujo o resultado tem o seguinte significado: $|Z| \le 2$ = satisfatório; $2 < |Z| \le 3$ = questionável; |Z| > 3 = insatisfatório. Nesta equação X_{lab} é o valor de concentração obtido pelo laboratório, X_v o valor de concentração presente certificado do material e s o desvio padrão da medida que consta no certificado. Os valores de concentração do BRP-1 e IF-G foram extraídos de Cotta (2008) e Govindaraju (1984) respectivamente.

 $Z = \frac{|X_{lab} - X_{v}|}{s} \quad (equação 4.1)$

É possível verificar na tabela 4.3 que segundo os resultados do material BRP-1 para o índice Z, que apenas as análises de Mn, Co e Ni são consideradas válidas, embora de resultado questionável, pois possuem índice Z > 2 e < 3. Al, Ti, V, Cr e Zn apresentaram índice Z insatisfatório. Todavia, os valores de concentração obtidos para os elementos Cr e Zn ficaram próximos, ou dentro do intervalo de concentrações que foi obtida por outros pesquisadores, segundo a plataforma Geological and Environmental Reference Material (Jochum *et al.* 2005). Neste banco de dados de acesso livre são compilados as diversas concentrações obtidas por pesquisadores de todo o mundo para um mesmo material de referência. Desta forma, os resultados dos elementos Cr, Co, Ni , Zn e Mn foram considerados confiáveis segundo o BRP-1. Para o material IF-G, maioria dos elementos ficou abaixo do limite de detecção e apenas os analitos Al, Ni e Zn apresentaram índice Z aceitável. Na análise química de IF-G, o Mn apresentou o dobro da concentração esperada, fato que pode ser explicado por interferência, já que este analito, analisado na linha espectral 259,372 nm, devido a alta concentração de Fe na amostra, provavelmente sofreu interferência espectral deste último elemento, que emite radiação no comprimento de onda 259,273 nm. Devido aos problemas nos resultados do Mn, este foi descartado

nesta etapa. O Al também foi descartado, pois foi validado apenas pelo IF-G. Logo, considerando os elementos que foram certificados pelos dois materiais de referência utilizados e elementos que não foram quantificados em IF-G, mas cuja concentração encontrada em BRP-1 está compreendida no intervalo definido pela GeoRem (Jochum *et al.* 2005), os elementos Cr, Co, Ni e Zn foram considerados válidos nas análises de ICP-OES.

	X _{lab}	Xv	s BRP-	Índice	GeoRem	X _{lab}	X _v IF-	s IF-G	Índice	GeoRem
	BRP-1	BRP-	l(ug/g)	Z –	BRP-1	IF-G	G	(%)	Z - IF-	IF-G
	(ug/g)	1(ug/g)		BRP-1	(ug/g)	(ug/g)	(ug/g)		G	(ug/g)
Al	54718	65627	741	14,72	64568-	617	794	455	0,38	741-794
					66685					
Ti	18422	22841	359,7	12,2	22541-	<lq< td=""><td></td><td></td><td></td><td></td></lq<>				
					23021					
V	342	391	10	4,9	376-405	<lq< td=""><td></td><td></td><td></td><td></td></lq<>				
Cr	8,09	12,4	0,8	5,38	7,1-17	<lq< td=""><td></td><td></td><td></td><td></td></lq<>				
Mn	1562	1657	46,5	2,04	1610-	671	325	108	3,2	294-325
					2160					
Co	41,7	37,5	1,8	2,3	36-44	<lq< td=""><td></td><td></td><td></td><td></td></lq<>				
Ni	19,38	23,4	1,8	2,23	19,3-26,2	22,12	22,5	16	0,02	20-26
Zn	130	142	3	4	132-147	32,26	20	7	1,75	21,56-27

Tabela 4.3 - Resultado obtido para os materiais de referência BRP-1 e IF-G via ICP-OES

Os resultados resumidos obtidos para as amostras HM-01 e HM-05 se encontram na tabela 4.4. Para avaliar a precisão dos valores obtidos foi calculado o limite de repetitividade, que avalia se os resultados de uma análise feita no mesmo laboratório, como o mesmo analista e equipamento são satisfatórios. Para este cálculo foi utilizado a equação 4.3, definida como limite de repetitividade. Nesta equação s_r é a soma das variâncias de cada medida individual, dividida pelo número de medidas, sendo posteriormente extraída a raiz quadrada deste valor (INMETRO 2011).

Limite de repetitividade = 1,96 ×
$$\sqrt{2s_r^2}$$
 (equação 4.3)

De acordo com Mullins (2003), esse limite implica que a diferença entre as concentrações de uma duplicata do analito feita nas mesmas condições deve ser menor ou igual ao valor calculado. Caso seja muito maior, a análise não foi repetitiva e a causa da variação nos resultados deve ser investigada. Nesta etapa todos os resultados foram avaliados como precisos, pois a diferença entre duas réplicas em nenhuma situação foi muito maior que o limite de repetitividade.

Elemento	Média(ug/g)	DPR(%)	Limite de	Média(ug/g)	DPR(%)	Limite de
	das	entre	repetitividade	das	entre	repetitividade
	triplicatas	triplicatas		triplicatas	triplicatas	
	de HM-01			de HM-05		
Cr	299	2,17	2,78	701	1,08	7,26
Со	<lq< td=""><td></td><td></td><td>6,39</td><td>0,01</td><td>3,23</td></lq<>			6,39	0,01	3,23
Ni	43,11	2,45	7,45	29	4,61	4,33
Zn	41	4,23	1,08	37	6,47	1,06

Tabela 4.4- Resultados obtidos pela técnica de ICP-OES

Os resultados completos das análises via ICP-OES se encontram no Apêndice B.

4.1.5 Resultados Das Análises via ICP-MS

No ICP-MS, devido a sensibilidade do método, que possui baixo limite de detecção, foram analisados Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Y, Nb, Ta, Pb, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, In, Tm,Yb, Lu, Ba, Hf, Ta, Tl, Bi e U. No entanto, devido aos valores de concentração muito discrepantes encontrados entre as triplicas de HM-01 e HM-05 os terras raras foram descartados deste estudo. A variação elevada entre valores encontrados nas triplicatas para os terras raras pode ser explicada pelo fato de que muitos destes elementos possuem concentrações próximas ou menores que o limite de detecção, o que eleva o DPR. Restaram os resultados dos elementos Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Y, Nb, Ta, Pb , cujo DPR foi menor que 15%. Nesta etapa também foram descartadas as concentrações de elementos obtidas no modo cela de colisão de ICP, já que as concentrações do material de referência BRP-1 obtidas no modo normal de operação estavam mais próximas dos valores certificados.

Na tabela 4.5 constam as concentrações médias obtidas para o material de referência BRP-1. Considerando o índice Z, os elementos Co, Y e Ta obtiveram resultados satisfatórios ($Z \le 2$), enquanto V, Ni e Ga apresentaram resultados questionáveis, mas ainda assim válidos ($2 \le Z \le 3$). Os elementos Sc, Ti, Cr, Mn, Zn, Nb e Pb apresentaram índice Z insatisfatório. Avaliando os resultados publicados por outros autores segundo o banco de dados GeoRem (Jochum *et al.* 2005), o elemento Cr também foi considerado válido, já que Regnery (2010) encontrou uma concentração de 9,7 ug/g para este elemento, utilizando um sistema LA-ICP-MS.

	X _{lab} BRP-1	$X_v BRP-1(ug/g)$	s BRP-1	Índice Z	GeoRem BRP-
	(ug/g)				1(ug/g)
Sc	23,77	28,5	1,2	3,94	25-29
Ti	21538	22841	359,7	3,62	22541-23021
V	368,4	391	10	2,26	376-405
Cr	9,09	12,4	0,8	4,13	7,1-17
Mn	1388	1657	46,5	5,78	1610-2160
Со	34,8	37,5	1,8	1,5	36-44
Ni	25,89	23,4	0,9	2,7	19,3-26,2
Zn	120,95	142	3	7,01	132-147
Ga	22,28	24,8	1	2,52	21,1-26,4
Y	38,44	42	2,2	1,6	37,8-44,1
Nb	14,49	29,1	1,6	9,13	27,7-32,5
Та	2,077	1,96	0,14	0,83	1,78-2
Pb	10,18	5,5	0,4	11,7	4,6-5,7

Tabela 4.5- Resultados para o material de referência BRP-1 via ICP-MS.

Após a avaliação dos elementos cuja análise foi considerada satisfatória segundo padrões do INMETRO (2011) (V, Cr, Co, Ni, Ga, Y, Ta), as triplicatas das amostras de HM-01 e HM-05 foram submetidas ao teste de Grubbs. Neste teste é possível identificar se alguma triplicata difere muito das demais, isto é, se algum valor é um *outlier*. No teste de Grubbs, definido pela equação 4.4, o valor de G_{calculado}, que é obtido pela subtração da medida suspeita (X_i) pela média das triplicatas (\overline{X}) e dividido pelo desvio padrão das triplicatas, é comparado com o valor de G_{tabelado}, que para três medidas é 1,155, com 95% de confiança. Caso G_{calculado} seja maior que 1,155 a medida é rejeitada, caso contrário, é válida (Leite 1998).

$$G_{calculado} = \frac{X_I - \bar{X}}{s} \qquad (equação 4.4)$$

Pelo teste de Grubbs em HM-01 a terceira réplica de Ni era um *outlier* e em HM-05 a primeira réplica dos elementos Co e Y também. No caso do Y, na amostra HM-05, a segunda e terceira réplicas ficaram abaixo do limite de quantificação do equipamento, restando apenas a primeira réplica cujo valor é 0,096 ug/g. Devido a ausência de outros valores para comparação, os resultados de Y para HM-05 foram descartados. Os valores classificados como *outliers* foram excluídos dos cálculos de concentração média, DPR e limite de repetitividade presentes na tabela 4.6.

Elemento	Média(ug/g)	DPR(%)	Limite de	Média(ug/g)	DPR(%)	Limite de
	das réplicas	entre	repetitividade	das réplicas	entre	repetitividade
	de HM-01	réplicas		de HM-05	réplicas	
V	411	8,13	43,9	587	1,19	31,4
Cr	343	8,09	36,8	784	1,01	45,4
Со	5,5	7,41	0,66	4,9	2,76	0,17
Ni	52,3	0,13	5,64	32,1	0,43	1,68
Ga	6,0	6,58	0,71	7,8	1,08	0,39
Y	0,2	100	0,017	<lq< td=""><td></td><td></td></lq<>		
Та	1,4	9,32	0,014	0,5	7,7	0,02

 Tabela 4.6- Resultados obtidos pela técnica de ICP-MS, valores em vermelho não passaram no teste do limite de repetitividade

É possível observar na tabela 4.6 que para HM-01 apenas o elemento Ni foi considerado preciso segundo o teste do limite de repetitividade, e para HM-05 apenas o Ta não foi aprovado no teste. Considerando que as amostras foram analisadas e preparadas da mesma forma e em curto espaço de tempo, isto é em condições de repetitividade, os resultados insatisfatórios obtidos para a amostra HM-01 indicam que ela não é uma boa candidata a padrão, já que não apresentou resultados homogêneos nem mesmo em solução. Deste modo, as próximas etapas deste estudo trabalharão apenas com a amostra HM-05, que apresentou bons resultados de homogeneidade para um método preciso como o ICP-MS. Os resultados completos das análises ICP-MS se encontram no apêndice C.

4.2 RESULTADOS DO DESENVOLVIMENTO DA METOLOGIA OTIMIZADA PARA ANÁLISE DE ÓXIDOS DE FERRO VIA LA-ICP-MS

4.2.1 Resultado do desenvolvimento de metodologia otimizada via LA-ICP-MS

As etapas anteriores da caracterização mostraram que dentre as sete amostras iniciais, sendo uma de magnetita e seis de hematita, a melhor candidata a material de referência, por ser a mais homogênea, é a HM-05. A partir desta amostra foi confeccionada uma pastilha com cinco fragmentos, que a partir deste ponto são os objetos de estudo.

Na etapa de desenvolvimento de metodologia otimizada para análises de óxido de ferro via LA-ICP-MS foram testadas diferentes condições operacionais no equipamento. Ao variar os parâmetros comprimento de onda, fluência, frequência e duração do laser não foram observadas modificações significativas entre o valor do parâmetro e a resposta do aparelho. No entanto, o tamanho do ponto mostrou ter grande influência sobre as concentrações obtidas pelo LA-ICP-MS. Para demonstrar esse fato utilizou-se uma ferramenta chamada taxa de recuperação (TR). A taxa de recuperação, medida em porcentagem e definida pela equação 4.5, estima o quanto o valor medido para um padrão difere do esperado. Este índice compara a concentração de certo elemento cujo valor é encontrado no certificado de um material referência, neste caso o MRC BCR-2, com o valor de concentração obtido pelo LA-ICP-MS para o mesmo elemento. Segundo os padrões analíticos de rotina do LGqA, para um sistema de ablação a laser, é aceitável a variação de TR (%) de até 20%, para mais ou para menos, sendo que 100% é o valor ideal.

$$TR = \frac{M\acute{e}dia \ das \ leituras \times 100}{Valor \ presente \ no \ certificado \ do \ material} \qquad (equação \ 4.5)$$

Os resultados obtidos para a taxa de recuperação mostram que para a maioria dos elementos, 27 de 38, pontos cujo o diâmetro é de 50 µm apresentam resultados de TR mais próximos de 100% do que pontos de 30 µm. A determinação do ponto de 50 µm como parâmetro otimizado se torna ainda mais relevante quando se observa os elementos para o qual ele apresenta melhores resultados: Al, Si, Sc, Ti, Co, Ni, Zn, Ga,Y, Zr, Nb, La, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Pb, Th e U. Muitos destes elementos são elementos chave para a compreensão da gênese de minerais de óxido de ferro, e por isso é importante que suas medidas sejam as mais precisas possíveis. No entanto, observou-se que para o elemento Cr, tanto para 50 µm, como para 30 µm, o TR foi extremamente elevado (figura 4.4), o que eliminou a possibilidade deste elemento ser utilizado neste estudo. Esta complicação provavelmente ocorreu devido a algum problema presente no aparelho de ICP-MS utilizado, o Thermo-finningan Element II.



Figura 4.4- Gráfico dos resultados de TR(%) obtidos para o material de referência BCR-2 e sistema LA-ICP-MS. As linhas amarelo-esverdeadas indicam a taxa tolerada para a variação, que vai de 80% a 120%.

Após os testes feitos para avaliar as melhores condições analíticas, o sistema de ablação a laser CETAC UV Nd:YAG foi configurado segundo os parâmetros descritos na tabela 4.7.

Comprimento de onda	213 nm
Fluência	6,12 J/cm ²
Frequência	8 Hz
Tamanho do ponto	50 μm
Foco	Superfície da amostra

Tabela 4.7 - Valores do parâmetros do laser CETAC UV Nd:YAG

4.2.2 Análise química da amostra HM-05 utilizando o método desenvolvido

Na análise química via LA-ICP-MS de HM-05 os elementos escolhidos para quantificação foram: Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Y, Zr, Nb, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ta, Pb, Th e U. Apesar da grande gama de elementos escolhidos, apenas Al, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Nb, Ta e Pb ficaram acima do limite de detecção do equipamento para esta amostra.

Para validar a análise de HM-05 é necessário que seja feita a avalição dos resultados dos elementos Al, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Nb, Ta e Pb para o padrão de validação BCR-2. Todos os resultados foram considerados válidos, por possuírem TR entre 80 (%) e 120 (%). Exceções a esta regra são os elementos Cr e Ta. O Cr, apesar de ter apresentado contagens significativas para HM-05 teve seus resultados desconsiderados, por ter tido uma taxa recuperação muito elevada (268%). O elemento Ta também teve recuperação acima de 120 (%) porém foi mantido no estudo por possuir massa elevada, fator interessante ao se trabalhar com ICP-MS. Outro aspecto que reforçou a validação destes elementos foi o fato de todas as concentrações estarem compreendidas em intervalos compilados por outros pesquisadores, segundo a base de dados GeoRem (Jochum *et al.* 2005). Foram feitos 19 pontos em BCR-2, e destes pontos o de número 17 foi excluído da média final das concentrações, pois foi reprovado no teste de Grubbs, consistindo em um *outlier*. O DPR entre as 18 medidas restantes teve um mínimo de 1,9% para o Mn e um máximo 21% para o Ni. A figura 4.5 sintetiza esses resultados.





Figura 4.5– Gráfico representando os resultados de TR(%) e DPR(%) para elementos que foram validados utilizando o material de referência certificado BCR-2.

Após validar as concentrações medidas para o material de referência certificado BCR-2, iniciouse a análise dos resultados para HM-05, pois antes de determinar as concentrações finais do material de referência produzido, é preciso investigar valores anômalos. No total foram feitos 55 pontos nesta pastilha, distribuídos em posições aleatórias dos cinco fragmentos (figura 4.6).



Figura 4.6 - Fotografía da pastilha HM-05. Em amarelo é possível identificar o número do fragmento e em vermelho a localização dos pontos feitos pelo laser

Os fragmentos 3 e 4, apresentaram os DPRs mais baixos entre as medidas de concentração obtidas, um indício de que são mais homogêneos que os demais. Já os fragmentos 1 e 5 apresentaram os resultados menos satisfatórios, possuindo elevados valores de desvio padrão relativo até mesmo para elementos abundantes na amostra, como o Ni. Os altos valores de DPR encontrados para estes fragmentos levaram a suspeita de que eles deveriam ser descartados como candidatos a padrão, já que a variação das concentrações dos elementos em diferentes pontos variou muito. Esta suspeita foi confirmada na avaliação de homogeneidade, descrita na próxima seção, e em função disto, os fragmentos 1 e 5 foram descartados dos próximos testes. Outro aspecto observado nesta etapa do trabalho é que para os fragmentos 2 , 3 e 4, todos os DPRs foram satisfatórios quando se trata de elementos cuja concentração é alta na amostra, isto é, Al, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, estando geralmente abaixo de 10%. Entretanto, para elementos cuja concentração é menor que 1 ug/g (Nb, Tl, Pb) o DPR foi elevado (figura 4.7), o que a princípio indica que estes analitos não são igualmente distribuídos em toda amostra.







Figura 4.7 - Relação entre os cinco fragmentos analisados e desvio padrão relativo entre as medidas de concentração para cada elemento. É possível observar que grande parte dos resultados tem DPR abaixo de 10%. No entanto, os altos valores deste parâmetro para Nb, Ta e Pb chamam atenção.

Os fragmentos 2, 3 e 4 apresentaram concentrações semelhantes para o mesmo elemento, evidenciado pelo baixo desvio padrão relativo entre eles, como é possível observar na tabela 4.8. Consequentemente, para o tratamento estatístico das concentrações finais de HM-05 no sistema LA-ICP-MS obtidas no LOPAG, estes fragmentos foram considerados uniformes e tratados como uma amostra única, denominada HM-05-LGqA.

Elemento	Concentração no frag. 2(ug/g)	Concentração no frag. 3(ug/g)	Concentração no frag. 4(ug/g)	DPR(%) entre as medidas, n = 30
Al	502,31	515,15	505,13	4,18
Sc	3,18	3,14	3,06	9,09
Ti	13611,44	15991,02	14281,09	9,26
V	648,31	611,06	629,15	4,33
Mn	8,39	8,87	8,83	7,76
Со	5,31	6,30	5,83	10,75
Ni	40,65	47,83	51,90	12,47
Zn	9,70	11,25	9,82	11,34
Ga	9,07	9,17	8,80	4,87
Nb	0,19	0,35	0,27	43,99
Та	0,46	1,11	0,92	76,51
Pb	0,36	0,28	0,27	45,38

Tabela 4.8 - Concentrações medidas os fragmentos 2, 3 e 4 de HM-05

Para o cálculo final das concentrações de elementos de HM-05-LGqA é essencial que *outliers* sejam detectados e descartados, pois a presença destes valores pode interferir e superestimar a variância analítica, mascarando possíveis heterogeneidades do material (Sampaio 2012), o que não pode ocorrer quando objetiva-se produzir um MR. Para a determinação dos *outliers* foi utilizado o teste de Grubbs e foi seguida a recomendação de Waeny (1990) que diz que não devem ser descartadas pelo teste de Grubbs mais de 10% das medidas, logo, ao eliminar como candidatos a padrão os fragmentos 1 e 5, nos quais foram feitos 25 pontos, considerando que foram feitas 55 medidas no total, sobram 30 pontos, isto é, 3 pontos podem ser descartados, caso sejam muito discrepantes dos demais. Para uma amostragem cujo n = 30, o valor de $G_{tabelado}$ é 2,75 (Leite 1998). Após a obtenção dos valores de $G_{calculado}$ para HM-05-LGqA, nenhuma concentração encontrada para os elementos analisados nos fragmentos 2, 3 e 4 foi considerada anômala, pois todos os valores ficaram abaixo de 2,75, sendo considerados aceitáveis para o teste (figura 4.8)



Figura 4.8 - Resultado do teste de Grubbs para HM-05-LGqA. Ni, Co e Al apresentaram valores próximos ao crítico, porém ainda aceitáveis.

Tendo sido feitos todos os cálculos necessários para eliminar medidas anômalas, as concentrações finais de HM-05-LGqA foram obtidas pela média dos resultados dos fragmentos 2, 3 e 4 para cada elemento. Os resultados estão na tabela 4.9, e a medida utilizada para definir as incertezas das mesmas foi o desvio padrão.

Elemento	Concentração(ug/g)	Desvio Padrão(s)
Al	507,53	21,20
Sc	3,12	0,28
Ti	14627,85	1354,75
V	629,50	27,28
Mn	8,69	0,67
Со	5,81	0,63
Ni	46,80	5,83
Zn	10,26	1,16
Ga	9,01	0,44
Nb	0,27	0,12
Та	0,83	0,64
Рb	0,30	0,14

Tabela 4.9 - Resultado das concentrações de HM-05-LGqA

Os resultados para Nb, Ta e Pb apresentaram elevado desvio padrão, o que pode indicar que não são possuem concentração semelhante em toda a amostra. A confirmação ou rejeição desta hipótese só pode ser feita através da avalição de homogeneidade.

Os dados completos obtidos nesta etapa se encontram no apêndice D.

4.3 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE HOMOGENEIDADE

De modo a certificar definitivamente que os fragmentos 01 e 05 não podem ser utilizados como MR, fez-se a análise da homogeneidade de HM-05 utilizando todos os cinco fragmentos. Nesta análise, apenas Ta e Pb podem ser considerados homogêneos, pois $F_{calculado}$ foi menor que $F_{crítico}$ para estes elementos. O valor de $F_{crítico}$ para a distribuição de dados com 95% de confiança neste teste é 2,578 (figura 4.9).



Resultado ANOVA para todos os fragmentos de HM-05

Figura 4.9 - Resultados da avaliação de homogeneidade, realizado através da ANOVA. Apenas Ta e Pb podem ser considerados homogêneos em toda HM-05.

Após o descarte definitivo dos fragmentos HM-01 e HM-05, devido aos poucos elementos homogêneos, fez-se a avaliação da homogeneidade para HM-05-LGqA. Os resultados da avalição de homogeneidade, indicaram que em HM-05-LGqA dos doze elementos testados, seis podem ser considerados homogêneos para toda amostra, sendo estes Al, Sc, Mn, Ga, Ta e Pb, pois $F_{calculado}$ foi menor que $F_{crítico}$, cujo valor para a distribuição de dados com 95% de confiança é 3,3541 (figura 4.10).



Figura 4.10 - Resultados da avaliação de homogeneidade, realizado através da ANOVA. Al, Sc, Mn, Ga, Ta e Pb podem ser considerados homogêneos em toda HM-05-LGqA

O resultado da avaliação de homogeneidade pode parecer surpreendente a primeira vista, já que alguns elementos cujo DPR foi baixo (tabela 4.8), como o V, foram considerados heterogêneos e os elementos cujo DPR foi muito elevado, como Ta e Pb, foram classificados como homogêneos pelo teste F proveniente da ANOVA. No entanto, estes resultados podem ser facilmente entendidos ao analisar os resultados da variância média dentro dos fragmentos (SQ_{dentro}) e entre os fragmentos (SQ_{entre}), estes valores, que são gerados no cálculo da ANOVA podem ser observados na tabela 4.10.

O cálculo de DPR feito na tabela 4.8 consistia num cálculo baseado em média simples, isso é, todas as concentração obtidas nos 30 pontos foram somadas e dividas por 30, e, sendo o cálculo de desvio padrão relativo baseado nesta média, ao agrupar todos os fragmentos, as heterogeneidades eram disfarçadas. O V por exemplo, não varia muito dentro do mesmo fragmento, mas a concentração de cada pedaço da amostra é muito diferente da dos demais, o que resulta em um elevado valor de F_{calculado}, pois o valor deste é obtido através da razão SQ_{entre}/SQ_{dentro}. No entanto, o Ta, que apresenta o DPR elevado possui uma boa relação entre a variação dentro e entre os fragmentos, o que significa homogeneidade.

Elemento	Variação média entre fragmentos(SO _{entre})	Variação média dentro de cada fragmento (SO _{dentro})
Al	455	449
Sc	0,035	0,083
Ti	15057872	855889
V	3468	542
Mn	0,71	0,43
Со	2,43	0,23
Ni	324	12
Zn	7,47	0,89
Ga	0,36	0,17
Nb	0,062	0,010
Та	1,13	0,34
Pb	0,024	0,018

Tabela 4.10 - Resultados de variação dentro e entre os grupos

4.4 RESULTADOS DO ENSAIO INTERLABOLATORIAL

Para a obtenção final das concentrações de HM-05-LGqA foi feito um ensaio no laboratório de espectrometria de massas da Universidade de Portsmouth, de modo a analisar a reprodutibilidade, isto é, a capacidade de reproduzir resultados encontrados por um laboratório em outro, utilizando equipamento e analista diferentes (INMETRO 2011). As condições de operação do laser utilizado se encontram na tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Parâmetros de funcionamento Asi Resolution Excimer, 193 nm

Comprimento de onda	193 nm	
Fluência	4,5 J/cm ²	
Frequência	5 Hz	
Tamanho do Ponto	50 μm	
Foco	Superfície da amostra	

Apesar de terem sido analisados os elementos Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Y, Zr, Nb, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ta, Pb, Th e U, apenas as análises de Al, Sc, Mn, Ga, Ta e Pb serão utilizadas pois são os elementos aprovados na avaliação de homogeneidade. Também foram feitos pontos (figura 4.11) em todos os fragmentos de HM-05, mas,
devido aos resultados anteriores, serão utilizadas para o cálculo da concentração final de HM-05-LGqA apenas medidas dos fragmentos 2, 3 e 4.



Figura 4.11 - Pontos realizados no ensaio interlaboratorial, utilizando um laser ablation do tipo Excimer

Após a análise dos resultados obtidos para BCR-2 neste ensaio, as concentrações obtidas foram consideradas válidas, já que para quase todos os elementos elas estão dentro do intervalo aceitável, isto é, TR(%) varia entre 80% e 120%. A única exceção foi o Pb, que apresentou uma taxa de recuperação muito baixa, de apenas 62%, como está escrito na tabela 4.12.

Elemento	Valor obtido (ug/g)	Valor certificado(ug/g)	TR(%)
Al	69245	71400	97
Sc	34	33	103
Mn	1489	1520	98
Ga	22	23	96
Та	1	1	97
Pb	7	11	62

Tabela 4.12 - Resultados de TR(%) no ensaio interlaboratorial

As baixas concentrações obtidas para Pb no MRC BCR-2 ficam evidentes nos resultados de HM-05-LGqA, já que todas as contagens obtidas para este elemento nas análises foi menor que o limite de quantificação, o que o excluiu dos testes interlaboratoriais. Após a validação dos dados obtidos através da comparação com o padrão BCR-2, os resultados obtidos para HM-05-LGqA passaram pelo teste de Grubbs e apenas o elemento Sc apresentou valores anômalos, que foram descartados. As concentrações finais obtidas no ensaio interlaboratorial se encontram na tabela 4.13.

Al	280,2 ug/g
Sc	2,3 ug/g
Mn	5,9 ug/g
Ga	9,4 ug/g
Та	0,5 ug/g

Tabela 4.13 - Concentrações finais obtidas no ensaio interlaboratorial para HM-05-LGqA

A avaliação da reprodutibilidade dos dados obtidos no Brasil e na Inglaterra foi feita através da equação 4.6, cujo resultado é denominado valor de HORRAT. Caso o número encontrado seja menor que dois, a reprodutibilidade é considerada satisfatória (Wood 1999).

$$Valor \ de \ HORRAT = \frac{DPR \ do \ estudo \ colaborivo}{DPR \ previsto \ para \ equação \ de \ Horwitz} \qquad (equação \ 4.6)$$

O DPR previsto para a equação de Horwitz, presente na equação 4.6, é definido pela equação 4.7, na qual C é a concentração média entre os ensaios realizados nos diversos laboratórios na sua forma decimal (INMETRO 2011).

$$DPR \ de \ Horwitz = \ 2^{1 - 0.5 \log(C)}$$
(equação 4.7)

Após os cálculos de Valor de HORRAT para os elementos que estão sendo analisados no estudo colaborativo, a reprodutibilidade em HM-05-LGqA entre os diferentes métodos foi considerada satisfatória apenas para Sc e Ta (Tabela 4.14). No entanto, como a pretensão deste estudo é produzir um material de referência *in-house,* a baixa reprodutibilidade não é um problema considerável.

Elemento	Média (ug/g) entre ensaios	DPR (%) entre ensaios	DPR (%) de Horwitz	Valor de HORRAT
Al	393,87	40,81	6,50	6,27
Sc	2,72	21,22	13,76	1,54
Mn	7,31	26,76	11,86	2,25
Ga	9,22	3,16	11,45	0,27
Та	0,64	41,79	17,11	2,44

Tabela 4.14 - Avaliação da reprodutibilidade de HM-05-LGqA no estudo colaborativo

Os dados completos obtidos nesta etapa se encontram no apêndice E.

4.5 CONCENTRAÇÕES FINAIS E INCERTEZAS DE HM-05-LGqA

As concentrações finais dos elementos, presentes na tabela 4.15, englobam os resultados obtidos em todas as etapas deste estudo, que classificou como homogêneos em HM-05-LGqA os elementos Al, Sc, Mn, Ga, Ta e Pb. Nos elementos nos quais a reprodutibilidade foi considerada satisfatória (Sc, Ga) o cálculo das concentrações finais foi feito através de média simples de todas as medidas obtidas no Brasil e Inglaterra, excluídos valores anômalos. Já para os outros elementos foram considerado apenas os resultados obtidos no LOPAG, sendo a concentraçõe final obtida pela média de todas as medidas, com a exceção dos *outliers*, previamente descartados.

Elemento	Concentração (ug/g)	Incerteza (s)
Al	507,53	21,20
Sc	2,59	0,54
Mn	8,69	0,67
Ga	9,29	0,62
Та	0,83	0,64
Pb	0,024	0,018

Tabela 4.15 - Concentrações finais obtidas para o material de referência HM-05-LGqA

As concentrações finais obtidas para os elementos Ga e Ta podem ser comparadas com as concentrações obtidas para os mesmos elementos em solução via ICP-MS. Sc, Mn e Pb não podem ser comparados, por terem sidos reprovados no teste do índice Z e o Al não foi analisado em solução por ICP-MS. É interessante comparar as concentrações obtidas entre as diferentes técnicas pois o uso de soluções ainda é mais difundido, ademais, é considerado mais confiável que o uso de amostras sólidas. Considerando as triplicatas de HM-05, cujos valores estão disponíveis no Apêndice C, para Ga, cujo valor máximo foi 7,83 ug/g, o DPR em relação a concentração de HM-05-LGqA obtida por LA-ICP-MS (9,29 ug/g) foi de 12,15%. Já para o valor mínimo de Ga em solução, 7,66 ug/g, o DPR foi de 13,6%. Estes valores são aceitáveis, considerando que foram utilizadas técnicas analíticas diferentes. Para o Ta o valor máximo em solução obtido foi 0,5438 ug/g, resultando num DPR de 29,4% em relação aos 0,83 ug/g obtidos por LA-ICP-MS. Para o valor mínimo de Ta em solução, 0,4652 ug/g, o DPR em relação ao resultado obtido para HM-05-LGqA foi de 39,8%. Embora as concentrações obtidas para Ta por diferentes técnicas apresentem diferenças significativas, é importante lembrar que a solução analisada via ICP-MS não possuía apenas os fragmentos 2, 3 e 4, como HM-05-LGqA, e sim fragmentos da amostra de hematita 05, diferentes dos utilizados na pastilha analisada via laser.

Ferreira P. L. F. 2018, Desenvolvimento de Metodologia para Análise de Elementos Maiores...

CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO

Os parâmetros de calibração de um sistema LA-ICP-MS não influenciaram na resposta gerada pelo aparelho, com exceção do tamanho do ponto, que melhorou substancialmente as contagens por segundo obtidas para o padrão BCR-2. O uso de um ponto de 50 um mostrou-se mais preciso que um ponto de 30 um, o que pode ser explicado pela maior quantidade de amostra que é vaporizada no primeiro.

No que tange a produção de um material de referência este trabalho provou que a grande dificuldade de se produzir um MR utilizando um mineral natural, como escreve Jochum (2008), é a heterogeneidade destes materiais. Nos ensaios em solução, as amostras HM-05 e HM-01 apresentaram DPR entre as réplicas consideravelmente mais baixos que o DPR entre os pontos feitos no LA-ICP-MS, o que pode ser explicado pelo fato de que soluções são mais homogêneas que amostras sólidas. A magnetita, mineral que é extensamente utilizado em análises *in-situ* para a caracterização de depósitos (Huang *et al.* 2015a; Zhao *et al.* 2015; Liu *et al.* 2015; Chung *et al.* 2015; Chen *et al.* 2015a; Chen *et al.* 2015b) foi descartada no primeiro teste, feito na EPMA, pois, apresentou poucos elementos acima do limite de detecção deste equipamento.

Após diversas etapas, concluiu-se que a amostra HM-05 era a mais homogênea do grupo, logo, a melhor candidata a padrão. Ainda assim, dos cinco fragmentos que compõe a pastilha HM-05, dois foram descartados do estudo, por apresentarem elevado desvio padrão entre os elementos, sendo que os fragmentos que restaram foram denominados HM-05-LGqA. O estudo de HM-05 corroborou também a afirmação de Klein & Dutrow (2012), de que hematitas tendem a ser puras, já que dos elementos escolhidos para serem analisados, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Y, Zr, Nb, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Ta, Pb, Th e U, apenas Al, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Nb, Ta e Pb ficaram acima do limite de detecção do LA-ICP-MS. É importante observar que a avaliação de homogeneidade provou que em um trabalho de preparação de material de referência não se deve precipitar conclusões, afinal, elementos cujo DPR entre medidas era baixo, como o V, foram reprovados na avaliação, enquanto elementos de DPR elevado, como Ta, foram aprovados, pois para o analito ser considerado homogêneo, a variância dentro de um fragmento e entre os diversos fragmentos da amostra deve ser parecida. O ensaio interlaboratorial confirmou a dificuldade de se reproduzir resultados em outro laboratório quando se trata de amostras sólidas, no qual apenas os elementos Sc e Ga foram bem reproduzidos. Tal acontecimento pode ser explicado pela impossibilidade de se fazer os pontos do laser exatamente no mesmo local onde foram feitos os pontos do ensaio principal, fator que, somado aos erros inerentes a um estudo colaborativo (equipamento e operador diferente) tendem a subir o valor do número de HORRAT.

Por fim, foram considerados homogêneos em HM-05-LGqA os elementos Al, Sc, Mn, Ga, Ta e Pb. Os elementos mais interessantes para o estudo da gênese de minerais de óxido de ferro, os terras raras, não foram quantificados, pois sua concentração é menor ou próxima do limite de detecção do equipamento. Até mesmo elementos cuja concentração é alta, como Ti, Co e Ni foram excluídos da concentração final do padrão, pois são heterogêneos. Claramente, HM-05-LGqA não pode ser utilizada como padrão primário, mas seu uso como padrão de controle de qualidade pode ser feito. O uso da amostra como padrão secundário se mostra ainda mais positivo quando são observadas as massas dos elementos considerados homogêneos, cujos isótopos mais abundantes são ²⁷Al, ⁴⁵Sc, ⁵⁵Mn, ⁷¹Ga, ¹⁸¹Ta e ²⁰⁸Pb. Em análises por ICP-MS, é recomendado que os padrões utilizados possuam concentrações validadas para elementos cujas massas abrangem grande parte do espectro de massas da tabela periódica. Neste caso as massas variam de 27 a 208, isto é, foram obtidas concentrações para elementos leves, pesados e médios.

Este estudo prova que dificilmente será possível encontrar um material natural extremamente enriquecido em Fe que poderá ser utilizado como material de referência primário, pois minerais ricos em muitos elementos, tendem a ser heterogêneos, e materiais relativamente homogêneos, como HM-05-LGqA tendem a ser pobres em elementos-traço. Logo, uma solução alternativa para obter um MR que possa ser utilizado como padrão primário em um sistema LA-ICP-MS para análise de minério de ferro é sintetizá-lo, por mais complicado que seja este trabalho. De qualquer forma, um material sintético ainda não é o ideal, pois seriam perdidas as características da estrutura física do mineral de óxido de Fe, o que prejudica os resultados das análises LA-ICP-MS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albarède F. 2011. Geoquímica uma introdução. São Paulo, Oficina de Textos, 397 p.

ABNT. 2010. *Metodologia para determinação do teor de Ferro Total – Método de redução por cloreto de titânio III*. São Paulo, Associação Brasileira de Normas e Técnicas, 11 p.

Baars F.J., Grossi Sad J.H., Motta E., Pedrosa-Soares A.C, Uhlein A. 2012. *Mapa Geológico da folha Capelinha, Minas Gerais, Brasil, escala 1:100000*. Belo Horizonte, Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais

Barwick V. 2006. *Guide to Quality in Analytical Chemistry: An Aid to Accreditation*. Reino Unido, Eurachem/CITAC Guide, 59 p.

Boss C.B., Freeden K.J. 2004. Concepts, Instrumentation and techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. Shelton, Perkin Elmer, 120 p.

Busigny V., Dauphas N. 2007. Tracing paleofluid circulationsusing iron isotopes: A study of hematite and goethite concretions from the Navajo Sandstone (Utah, USA). *Earth and Planetary Science Letters*, **254**:272-287

Chen W.T., Zhou, M-F., Gao J-F., Hu R. 2015a. Geochemistry of magnetite from Proterozoic Fe-Cu deposits in the Kangdian metallogenic province, SW China. *Mineralium Deposita*. **50**:795-809.

Chen W.T., Zhou M., Li X., Gao J., Hou K. 2015b. In-situ LA-ICP-MS trace elemental analyses of magnetite: Cu-(Au, Fe) deposits in the Khetri copper belt in Rajasthan Province, NW India. *Ore Geology Reviews*, **65**:929–939

Chung D., Zhou M-F., Gao J-F, Chen W.T. 2015. In-situ LA-ICP-MS trace elemental analyses of magnetite: The late Palaeoproterozoic Sokoman Iron Formation in the Labrador Trough, Canada. *Ore Geology Reviews*, **65**:917–928

Craig C.A., Jarvis K.E., Clarke L.J. 2000. An assessment of calibration strategies for the quantitative and semiquantitative analysis of calcium carbonate matrices by laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICP-MS). *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*.**15**:1001-8.

Neto P.L. de O. 2002. C. Estatística. São Paulo, Edgard Blücher, 266 p.

Cotta A.J.B., Enzweiler, J. 2008. Certificate of Analysis of the Reference Material BRP-1. *Geostandards and geoanalytical research*. **32**:231-235

Dare S.A.S., Barnes S-J., Beaudoin G., Méric J., Boutroy E., Potvin-Doucet C. 2014. Trace elements in magnetite as petrogenetic indicators. *Mineralium Deposita*, **49**:785-796.

Dare S.A.S., Barnes S-J., Beaudoin G. 2015. Did the massive magnetite "lava flows" of El Laco Chile form y magmatic or hydrothermal processes? New constraints from magnetite composition by LA-ICP-MS. *Mineralium deposita*, **50**:607–617

Diwakar P.K., Harilal S.S., LaHaye N.L., Hassanein A., Kulkarni P. 2013. The influence of laser pulse duration and energy on ICP-MS signal intensity, elemental fractionation, and particle size distribution in NIR fs-LA-ICP-MS. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, **28**:1420–1429.

DNPM. 2016. Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas. Brasília, 26 p.

Dorr II J.V.N. 1969. *Physiographic, Stratigraphic and Structural Development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil.* Washington, USGS,110 p.

EA. 2003. *EA-4/14 INF:2003. The selection and use of reference materials.* European Cooperation for Accreditation. 15 p.

Fernández B., Claverie F., Pecheyran C., Donard O., Claverie F. 2007. Direct analysis of solid samples by fs-LA-ICP-MS. Trends in Analytical Chemistry **26**:951-966.

Figueiredo e Silva R.C., Lobato L.M., Hagemann S., Danyushevsky L. 2009. Laser-ablation ICP-MS analyses on oxides of hypogene iron ore from the giant Serra Norte jaspilite-hosted iron ore deposits, Carajás Mineral Province, Brazil. In: Williams P.J., 2009. *Proceedings of the 10th Biennial SGA Meeting of The Society for Geology Applied to Mineral Deposits*. Townsville, Australia. p. 570-572.

Gao J., Zhou M., Lightfoot P.C., Wang C. Y., Qi L., Sun M. 2013. Sulfide Saturation and Magma Emplacement in the Formation of the Permian Huangshandong Ni-Cu Sulfide Deposit, Xinjiang, Northwestern China. *Economic Geology*, **108**:1833–1848

Govindaraju, K. (1984). Report (1984) on Two GIT-IWG Geochemical Reference Samples: Albite from Italy, AL-I And Iron Formation Sample from Greenland, IF-G. *Geostandards Newsletter*. **8**: 63-113

Günther D, Hattendorf B. (2005). Solid sample analysis using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. Trends in Analytical Chemistry, 24:255-265.

Harris D. C. 2009. Exploring Chemical Analysis. Nova Iorque, W.H.Freeman and Company, 640 p.

Hensler A-S., Hagemann S. G., Rosière C. A., Angerer T., Gilbert S. 2015. Hydrothermal and metamorphic fluid rock interaction associated with hypogene "hard" iron ore mineralisation in the Quadrilátero Ferr fero, Brazil: Implications from in-situ laser ablation ICP-MS iron oxide chemistry. *Ore Geology Reviews*, **69**:325–351

Hou X., Amais R. S., Jones B. T., Donati G. L. 2016. Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. *In*: Meyers R. A. (ed.). Encyclopedia of Analytical Chemistry. New Jersey, John Willey & Sons, p.1-25

Hu M., Fan X., Stoll B., Kuzmin D., Liu Y., Liu Y., Sun W., Wang G., Jochum K.P. 2011. Preliminary Characterisation of New Reference Materials for Microanalysis: Chinese Geological Standard Glasses CGSG-1, CGSG-2, CGSG-4 and CGSG-5. *Geostandards and Geoanalytical Research*, **35**:235-251

Huang X., Zhou M.F., Qiu Y.Z., Qi L. 2015a. In-situ LA-ICP-MS trace elemental analyses of magnetite: The Bayan Obo Fe-REE-Nb deposit, North China. *Ore Geology Reviews*, **65**:884-889

Huang X., Gao J., Qi L., Zhou M. 2015b. In-situ LA-ICP-MS trace elemental analyses of magnetite and Re–Os dating of pyrite: The Tianhu hydrothermally remobilized sedimentary Fe deposit, NW China. *Ore Geology Reviews*, **65**:900–916

Inda H.A.V. & Barbosa J.F. 1978. *Mapa geológico do Estado da Bahia, escala 1:1.000.000*. Salvador, Secretaria das Minas e Energia, Coordenação da Produção Mineral.

INMETRO. 2011 Orientações sobre validação de métodos de ensaios químicos. Rio de Janeiro, .

ISO Guide 35. 2006. *Reference materials - General and statistical principles for certification*. Geneva, International Organisation for Standardization, 64 p.

Jochum K.P., Nohl U., Herwig K., Lammel E., Stoll B., Hofmann A. W. 2005. GeoReM: A New Geochemical Database for Reference Materials and Isotopic Standards. *Geostandards and Geoanalytical Research*, **29**:333-338

Jochum K.P., Stol B., Herwig K., Wilbold M. 2007. Validation of LA–ICP–MS trace element analysis of geological glasses using a new solid-state 193 nm Nd:YAG laserand matrix-matched calibration. *Journal of Anaytical Atomic Spectrometry*, **22**:112-121.

Jochum K.P. 2008. Reference Materials For Elemental And Isotopic Analyses By La–(Mc)–Icp–Ms: Successes And Outstanding Needs. In: Sylvester P.J. 2008. *Laser Ablation–ICP–MS in the Earth Sciences Current Practices and Outstanding Issues*. Vancouver, Mineralogical Association of Canada Short Course, p.147-165.

Jochum K.P., Weis U., Schwager B., Stoll B., Wilson S. A., Haug G. H., Andreae M. O., Enzweiler, J. 2016. Reference Values Following ISO Guidelines for Frequently Requested Rock Reference Materials. *Geostandards and Geoanalytical Research*, **40**:333-350

Jochum K.P., Wilson S.A., Becker H., Garbe-Schönberg D.G., Groschopf N., Kadlag Y., Macholdt D.S., Mertz-Kraus R., Otter L.M., Stoll B., Stracke A., Weis U., Haug G.H., Andreae M.O. 2016. FeMnOx-1: A new microanalytical reference material for the investigation of Mn–Fe rich geological samples. *Chemical Geology*, **432**:34–40

Klein C., Dutrow B. 2012. Manual de Ciência dos Minerais. Porto Alegre, Bookman, 706 p.

Košler J., Fonneland H., Sylvester P., Tubrett M., Pedersen R. 2002. U–Pb dating of detrital zircons for sediment provenance studies – a comparison of laser ablation ICP–MS and SIMS techniques. *Chemical Geology*, **182**:605-618.

Krug F.J. 2008. Métodos de preparo de amostra; fundamentos sobre preparo de amostras orgânicas e inorgânicas para análise elementar. Piracicaba, 339 p.

Leão L.P. 2016. *Estudo mineralógico e químico das formações ferríferas bandadas da área do Sinclinal Conta História.* MS Dissertation, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 139 p.

Leite F. 1998. Validação em Análise Química. Campinas, Editora Átomo, 224p.

Liu P., Zhou M., Chen W.T., Gao J., Huang X. 2015. In-situ LA-ICP-MS trace elemental analyses of magnetite: Fe–Ti–(V) oxide-bearing mafic–ultramafic layered intrusions of the Emeishan Large Igneous Province, SW China. *Ore Geology Reviews*, **65**:853–871

Liu Y., Hu Z., Gao S., Günther D., Xu J., Gao C., Chen H. 2008. In Situ analysis of major and traces elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard. *Chemical Geology*, **257**:34-43

Lobato L. M (coord.). 2005. *Mapa Geológico Ouro Preto, escala 1:50000*. Belo Horizonte, Companhia de desenvolvimento econômico de Minas Gerais.

McDonald I., Boyce A.J., Butler I.B., Herrington R. J., Polya D. A. 2005. *Mineral Deposits and Earth Evolution*. Londres, Geological Society of London, 270 p.

Mukherjee P.K., Khanna, P.P., Saini, N.K. 2014. Rapid Determination of Trace and Ultra Trace Level Elements in Diverse Silicate Rocks in Pressed Powder Pellet Targets by LA-ICP-MS using a Matrix-Independent Protocol. *Geostandards and Geoanalytical Research*, **38**:363-379

Mullins E. 2003. *Statistics for the quality control chemistry laboratory*. Royal Society of Chemistry (Great Britain), 455 p.

Nadoll P., Koenig A.E. 2011. LA-ICP-MS of magnetite: methods and reference materials. *Journal Analytical Atomic Spectrometry*, **26**:1872-1877

Nadoll P., Angerer T., Mauk J.L., French D., Walshe J. 2014. The chemistry of hydrothermal magnetite: a review. *Ore Geology Review*, **16**:1–32

Nelms S.M. 2005. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Handbook. Inglaterra, Blackwell, 485 p.

Pavia D. L., Lampman G. M., Kriz G. S., Vyvian J. R. 2010. *Introdução à Espectroscopia*. Bellingham, Cengage Learning, 733 p.

Pracejus B. 2008. The Ore Minerals Under The Microscope - An Optical Guide. Elselvier. 875 p.

Preston D.W., Dietz E. R. 1991. The Art of Experimental Physics. Nova York, John Wiley & Sons, 448 p.

Regnery J., Stoll B., Jochum K. P. 2010. High-Resolution LA-ICP-MS for Accurate Determination of Low Abundances of K, Sc and Other Trace Elements in Geological Samples. *Geostandards and Geoanalytical Research*, **34**:19-38.

Rosière C., Quade H., Siemes H., Chemale Jr, F, Souza E. 1996. Um Modelo Para a Evolução Microestrutural Dos Minérios De Ferro Do Quadrilátero Ferrífero. Parte II – Trama, Textura e Anisotropia de Susceptibilidade Magnética. *Revista Geonomos*, **4**:41:75.

Rouxel O., Bekker A., Edwards, K. (2005). Iron Isotope Constraints on the Archean and Paleoproterozoic Ocean Redox State. *Science*, **307**:1088-1091.

Russo R.E., Mao X., Liu H., Gonzalez J., Mao S.S. 2002. Laser ablation in analytical chemistry - a review. *Talanta*, **57**:425-451.

Sampaio G.M.S. 2012. Determinação de elementos-traço em formações ferríferas por ICP-MS e produção de um material de referência para controle de qualidade. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 56 p.

Sampaio G.M.S., Abreu A.T., Nalini H.A.J., Lana, C. C. 2013. Determination of trace elements in iron formations by LA-ICP-MS. Florence, Goldschmidt Conference Abstracts, p.2121

Sampaio G. M. S., Enzweiler J. 2014. New ICP-MS results for Trace Elements in Five Iron-Formation Reference Materials. *Geostandards and Geoanalytical Research*. **39**:105-119

Savard D., Barnes S.-J., Sunder Raju P. V. 2010 Accurate LA-ICP-MS calibration for magnetite analysis using multiple reference materials. Goldschmidt Conference Abstracts, p.914

Silva M.M. 2014. Preparação de um material de referência in-house para Fe, Ca, Si, Ni, Na, P e V em eletrodos de carbono da indústria de alumínio. Dissertação de mestrado, Departamento de Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 80 p

Sousa D.V.M. 2016. Estudo geoquímico-mineral das formações ferríferas bandadas do Sinclinal Gandarela, *Quadrilátero Ferrífero(MG)*. Dissertação de mestrado, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 109 p. Sylvester P.J. 2008. Laser Ablation–ICP–MS in the Earth Sciences Current Practices and Outstanding Issues. Vancouver, Mineralogical Association of Canada Short Course, 358p

Taylor H.E. 2001. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry: Practices and Techniques. Colorado, Academic Press, 294 p.

Waeny J.C.C. 1990. Associação Brasileira de controle de qualidade(ABCQ) – Nota técnica 17/90 Repetitividade e Reprodutibilidade III. São Paulo, ABCQ, 19 p.

Wilson S.A.1997. *The collection, preparation and testing of USGS reference material BCR-2, Columbia River, Basalt.* USGS Open-File Report 98-00x.

Winter J. D. 2010. Principles of Igneous and Metamorphic Petrology. New Jersey, Pearson Education, 702 p.

Wood R. 1999. How to Validate Analytical Methods. Trends in Analytical Chemistry. 18:624-632

Zhao W., Zhou M. 2015. In-situ LA–ICP-MS trace elemental analyses of magnetite: The Mesozoic Tengtie skarn Fe deposit in the Nanling Range, South China. *Ore Geology Reviews*, **65**:872–883

Zheng Y-F., Simon K. (1991) Oxygen isotope fractionation in hematite and magnetite: A theoretical calculation and application to geothermometry of metamorphic iron-formations. *European Journal of Mineralogy*, **3**:877-886.

Apêndice A – Resultados obtidos na análise química das amostras via microssonda eletrônica

HM-01:

Óxidos(%)	ZrO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	BaO	ZnO	FeO	V ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	CaO	Cr₂O₃	SrO	NiO	CoO	MnO
Ponto																
1	0,024	0,015	0,042	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,837</th><th>0,097</th><th><ld< th=""><th>2,649</th><th>0,009</th><th>0,057</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th>0,045</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,837</th><th>0,097</th><th><ld< th=""><th>2,649</th><th>0,009</th><th>0,057</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th>0,045</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,837</th><th>0,097</th><th><ld< th=""><th>2,649</th><th>0,009</th><th>0,057</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th>0,045</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,837	0,097	<ld< th=""><th>2,649</th><th>0,009</th><th>0,057</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th>0,045</th></ld<></th></ld<>	2,649	0,009	0,057	0,027	<ld< th=""><th>0,015</th><th>0,045</th></ld<>	0,015	0,045
2	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th><th>0,02</th><th><ld< th=""><th>0,024</th><th>85,644</th><th>0,083</th><th><ld< th=""><th>3,219</th><th><ld< th=""><th>0,035</th><th>0,043</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,072</th><th>0,02</th><th><ld< th=""><th>0,024</th><th>85,644</th><th>0,083</th><th><ld< th=""><th>3,219</th><th><ld< th=""><th>0,035</th><th>0,043</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,072	0,02	<ld< th=""><th>0,024</th><th>85,644</th><th>0,083</th><th><ld< th=""><th>3,219</th><th><ld< th=""><th>0,035</th><th>0,043</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,024	85,644	0,083	<ld< th=""><th>3,219</th><th><ld< th=""><th>0,035</th><th>0,043</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	3,219	<ld< th=""><th>0,035</th><th>0,043</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,035	0,043	0,027	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
3	0,071	<ld< th=""><th>0,048</th><th>0,012</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,752</th><th>0,071</th><th><ld< th=""><th>2,666</th><th>0,005</th><th>0,052</th><th>0,034</th><th><ld< th=""><th>0,049</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,048	0,012	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,752</th><th>0,071</th><th><ld< th=""><th>2,666</th><th>0,005</th><th>0,052</th><th>0,034</th><th><ld< th=""><th>0,049</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,752</th><th>0,071</th><th><ld< th=""><th>2,666</th><th>0,005</th><th>0,052</th><th>0,034</th><th><ld< th=""><th>0,049</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,752	0,071	<ld< th=""><th>2,666</th><th>0,005</th><th>0,052</th><th>0,034</th><th><ld< th=""><th>0,049</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,666	0,005	0,052	0,034	<ld< th=""><th>0,049</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,049	<ld< th=""></ld<>
4	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,054</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,013</th><th>0,089</th><th>0,002</th><th>2,758</th><th>0,019</th><th>0,107</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,033</th><th>0,036</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,054</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,013</th><th>0,089</th><th>0,002</th><th>2,758</th><th>0,019</th><th>0,107</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,033</th><th>0,036</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,054	0,013	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,013</th><th>0,089</th><th>0,002</th><th>2,758</th><th>0,019</th><th>0,107</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,033</th><th>0,036</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>86,013</th><th>0,089</th><th>0,002</th><th>2,758</th><th>0,019</th><th>0,107</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,033</th><th>0,036</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	86,013	0,089	0,002	2,758	0,019	0,107	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,033</th><th>0,036</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,033</th><th>0,036</th></ld<>	0,033	0,036
5	0,01	0,022	0,07	0,015	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,997</th><th>0,08</th><th>0,016</th><th>2,786</th><th>0,002</th><th>0,025</th><th>0,074</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,997</th><th>0,08</th><th>0,016</th><th>2,786</th><th>0,002</th><th>0,025</th><th>0,074</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,997	0,08	0,016	2,786	0,002	0,025	0,074	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
6	0,016	0,057	0,025	0,001	<ld< th=""><th>0,015</th><th>85,844</th><th>0,092</th><th>0,002</th><th>2,389</th><th>0,029</th><th>0,034</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,015	85,844	0,092	0,002	2,389	0,029	0,034	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
7	<ld< th=""><th>0,032</th><th>0,076</th><th>0,029</th><th><ld< th=""><th>0,019</th><th>85,791</th><th>0,091</th><th><ld< th=""><th>2,821</th><th>0,017</th><th>0,021</th><th><ld< th=""><th>0,044</th><th>0,017</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,032	0,076	0,029	<ld< th=""><th>0,019</th><th>85,791</th><th>0,091</th><th><ld< th=""><th>2,821</th><th>0,017</th><th>0,021</th><th><ld< th=""><th>0,044</th><th>0,017</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,019	85,791	0,091	<ld< th=""><th>2,821</th><th>0,017</th><th>0,021</th><th><ld< th=""><th>0,044</th><th>0,017</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,821	0,017	0,021	<ld< th=""><th>0,044</th><th>0,017</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,044	0,017	<ld< th=""></ld<>
8	0,068	0,058	0,027	0,013	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,617</th><th>0,083</th><th>0,013</th><th>2,643</th><th>0,022</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,617</th><th>0,083</th><th>0,013</th><th>2,643</th><th>0,022</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,617	0,083	0,013	2,643	0,022	0,013	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
9	0,081	<ld< th=""><th>0,042</th><th>0,019</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,134</th><th>0,09</th><th>0,003</th><th>2,678</th><th>0,004</th><th>0,088</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,042	0,019	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,134</th><th>0,09</th><th>0,003</th><th>2,678</th><th>0,004</th><th>0,088</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>86,134</th><th>0,09</th><th>0,003</th><th>2,678</th><th>0,004</th><th>0,088</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	86,134	0,09	0,003	2,678	0,004	0,088	0,01	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
10	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,055</th><th>0,009</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th>85,6</th><th>0,086</th><th><ld< th=""><th>2,798</th><th>0,007</th><th>0,055</th><th>0,027</th><th>0,027</th><th>0,015</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,055</th><th>0,009</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th>85,6</th><th>0,086</th><th><ld< th=""><th>2,798</th><th>0,007</th><th>0,055</th><th>0,027</th><th>0,027</th><th>0,015</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,055	0,009	<ld< th=""><th>0,037</th><th>85,6</th><th>0,086</th><th><ld< th=""><th>2,798</th><th>0,007</th><th>0,055</th><th>0,027</th><th>0,027</th><th>0,015</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,037	85,6	0,086	<ld< th=""><th>2,798</th><th>0,007</th><th>0,055</th><th>0,027</th><th>0,027</th><th>0,015</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	2,798	0,007	0,055	0,027	0,027	0,015	<ld< th=""></ld<>
11	0,02	0,055	0,056	0,006	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,517</th><th>0,088</th><th><ld< th=""><th>2,814</th><th>0,037</th><th>0,079</th><th>0,074</th><th>0,004</th><th>0,013</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,517</th><th>0,088</th><th><ld< th=""><th>2,814</th><th>0,037</th><th>0,079</th><th>0,074</th><th>0,004</th><th>0,013</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,517	0,088	<ld< th=""><th>2,814</th><th>0,037</th><th>0,079</th><th>0,074</th><th>0,004</th><th>0,013</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	2,814	0,037	0,079	0,074	0,004	0,013	<ld< th=""></ld<>
12	<ld< th=""><th>0,046</th><th>0,07</th><th>0,016</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,664</th><th>0,088</th><th>0,007</th><th>2,697</th><th><ld< th=""><th>0,091</th><th><ld< th=""><th>0,022</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,046	0,07	0,016	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,664</th><th>0,088</th><th>0,007</th><th>2,697</th><th><ld< th=""><th>0,091</th><th><ld< th=""><th>0,022</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,664</th><th>0,088</th><th>0,007</th><th>2,697</th><th><ld< th=""><th>0,091</th><th><ld< th=""><th>0,022</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,664	0,088	0,007	2,697	<ld< th=""><th>0,091</th><th><ld< th=""><th>0,022</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,091	<ld< th=""><th>0,022</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,022	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
13	0,11	0,019	0,027	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,068</th><th>86,198</th><th>0,096</th><th>0,009</th><th>2,731</th><th>0,043</th><th>0,063</th><th>0,051</th><th>0,04</th><th>0,03</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,068</th><th>86,198</th><th>0,096</th><th>0,009</th><th>2,731</th><th>0,043</th><th>0,063</th><th>0,051</th><th>0,04</th><th>0,03</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,068	86,198	0,096	0,009	2,731	0,043	0,063	0,051	0,04	0,03	<ld< th=""></ld<>
14	0,016	<ld< th=""><th>0,04</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th>0,078</th><th>85,468</th><th>0,069</th><th><ld< th=""><th>2,863</th><th>0,019</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,008</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,04	0,013	<ld< th=""><th>0,078</th><th>85,468</th><th>0,069</th><th><ld< th=""><th>2,863</th><th>0,019</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,008</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,078	85,468	0,069	<ld< th=""><th>2,863</th><th>0,019</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,008</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,863	0,019	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,008</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,008</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,008	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
15	0,061	<ld< th=""><th>0,077</th><th>0,007</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,788</th><th>0,084</th><th><ld< th=""><th>2,774</th><th>0,037</th><th>0,142</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,012</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,077	0,007	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,788</th><th>0,084</th><th><ld< th=""><th>2,774</th><th>0,037</th><th>0,142</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,012</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,788</th><th>0,084</th><th><ld< th=""><th>2,774</th><th>0,037</th><th>0,142</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,012</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,788	0,084	<ld< th=""><th>2,774</th><th>0,037</th><th>0,142</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,012</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,774	0,037	0,142	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,012</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,012</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,012	<ld< th=""></ld<>
16	0,024	<ld< th=""><th>0,067</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,014</th><th>0,085</th><th>0,001</th><th>2,894</th><th>0,005</th><th>0,027</th><th>0,034</th><th>0,034</th><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,067	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,014</th><th>0,085</th><th>0,001</th><th>2,894</th><th>0,005</th><th>0,027</th><th>0,034</th><th>0,034</th><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,014</th><th>0,085</th><th>0,001</th><th>2,894</th><th>0,005</th><th>0,027</th><th>0,034</th><th>0,034</th><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>86,014</th><th>0,085</th><th>0,001</th><th>2,894</th><th>0,005</th><th>0,027</th><th>0,034</th><th>0,034</th><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	86,014	0,085	0,001	2,894	0,005	0,027	0,034	0,034	0,004	<ld< th=""></ld<>
17	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,041</th><th>0,011</th><th><ld< th=""><th>0,09</th><th>85,514</th><th>0,051</th><th>0,004</th><th>3,043</th><th>0,21</th><th>0,079</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""><th>0,034</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,041</th><th>0,011</th><th><ld< th=""><th>0,09</th><th>85,514</th><th>0,051</th><th>0,004</th><th>3,043</th><th>0,21</th><th>0,079</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""><th>0,034</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,041	0,011	<ld< th=""><th>0,09</th><th>85,514</th><th>0,051</th><th>0,004</th><th>3,043</th><th>0,21</th><th>0,079</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""><th>0,034</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,09	85,514	0,051	0,004	3,043	0,21	0,079	<ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""><th>0,034</th></ld<></th></ld<>	0,037	<ld< th=""><th>0,034</th></ld<>	0,034
18	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,032</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,011</th><th>85,122</th><th>0,108</th><th><ld< th=""><th>2,966</th><th>0,045</th><th>0,039</th><th>0,032</th><th>0,051</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,032</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,011</th><th>85,122</th><th>0,108</th><th><ld< th=""><th>2,966</th><th>0,045</th><th>0,039</th><th>0,032</th><th>0,051</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,032	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,011</th><th>85,122</th><th>0,108</th><th><ld< th=""><th>2,966</th><th>0,045</th><th>0,039</th><th>0,032</th><th>0,051</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,011</th><th>85,122</th><th>0,108</th><th><ld< th=""><th>2,966</th><th>0,045</th><th>0,039</th><th>0,032</th><th>0,051</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,011	85,122	0,108	<ld< th=""><th>2,966</th><th>0,045</th><th>0,039</th><th>0,032</th><th>0,051</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,966	0,045	0,039	0,032	0,051	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>

APÊNDICES

Ferreira P. L. F. 2018, Desenvolvimento de Metodologia para Análise de Elementos Maiores...

HM-02:

Óxidos(%)	ZrO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	BaO	ZnO	FeO	V ₂ O ₃	P2O5	TiO ₂	CaO	Cr ₂ O ₃	SrO	NiO	CoO	MnO
Ponto																
1	0,016	<ld< th=""><th>0,159</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,158</th><th>0,137</th><th><ld< th=""><th>0,627</th><th>0,026</th><th>0,016</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,017</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,159	0,013	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,158</th><th>0,137</th><th><ld< th=""><th>0,627</th><th>0,026</th><th>0,016</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,017</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>87,158</th><th>0,137</th><th><ld< th=""><th>0,627</th><th>0,026</th><th>0,016</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,017</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	87,158	0,137	<ld< th=""><th>0,627</th><th>0,026</th><th>0,016</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,017</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,627	0,026	0,016	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,017</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,017</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,017</th></ld<>	0,017
2	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,148</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,436</th><th>0,17</th><th>0,014</th><th>0,36</th><th>0,062</th><th>0,118</th><th>0,067</th><th>0,004</th><th>0,011</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,148</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,436</th><th>0,17</th><th>0,014</th><th>0,36</th><th>0,062</th><th>0,118</th><th>0,067</th><th>0,004</th><th>0,011</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,148	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,436</th><th>0,17</th><th>0,014</th><th>0,36</th><th>0,062</th><th>0,118</th><th>0,067</th><th>0,004</th><th>0,011</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,436</th><th>0,17</th><th>0,014</th><th>0,36</th><th>0,062</th><th>0,118</th><th>0,067</th><th>0,004</th><th>0,011</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>87,436</th><th>0,17</th><th>0,014</th><th>0,36</th><th>0,062</th><th>0,118</th><th>0,067</th><th>0,004</th><th>0,011</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	87,436	0,17	0,014	0,36	0,062	0,118	0,067	0,004	0,011	<ld< th=""></ld<>
3	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,127</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,212</th><th>0,133</th><th><ld< th=""><th>0,809</th><th>0,049</th><th>0,204</th><th>0,078</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,127</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,212</th><th>0,133</th><th><ld< th=""><th>0,809</th><th>0,049</th><th>0,204</th><th>0,078</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,127	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,212</th><th>0,133</th><th><ld< th=""><th>0,809</th><th>0,049</th><th>0,204</th><th>0,078</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,212</th><th>0,133</th><th><ld< th=""><th>0,809</th><th>0,049</th><th>0,204</th><th>0,078</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>87,212</th><th>0,133</th><th><ld< th=""><th>0,809</th><th>0,049</th><th>0,204</th><th>0,078</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	87,212	0,133	<ld< th=""><th>0,809</th><th>0,049</th><th>0,204</th><th>0,078</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,809	0,049	0,204	0,078	<ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,037	<ld< th=""></ld<>
4	0,1	0,047	0,089	0,036	<ld< th=""><th>0,031</th><th>87,019</th><th>0,122</th><th><ld< th=""><th>0,782</th><th>0,02</th><th>0,204</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,057</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,031	87,019	0,122	<ld< th=""><th>0,782</th><th>0,02</th><th>0,204</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,057</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,782	0,02	0,204	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,057</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,057</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,057	<ld< th=""></ld<>
5	0,057	0,034	0,16	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,023</th><th>87,444</th><th>0,147</th><th>0,015</th><th>0,543</th><th>0,046</th><th>0,048</th><th><ld< th=""><th>0,001</th><th><ld< th=""><th>0,036</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,023</th><th>87,444</th><th>0,147</th><th>0,015</th><th>0,543</th><th>0,046</th><th>0,048</th><th><ld< th=""><th>0,001</th><th><ld< th=""><th>0,036</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,023	87,444	0,147	0,015	0,543	0,046	0,048	<ld< th=""><th>0,001</th><th><ld< th=""><th>0,036</th></ld<></th></ld<>	0,001	<ld< th=""><th>0,036</th></ld<>	0,036
6	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,106</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,065</th><th>86,955</th><th>0,124</th><th><ld< th=""><th>0,662</th><th>0,152</th><th>0,121</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,106</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,065</th><th>86,955</th><th>0,124</th><th><ld< th=""><th>0,662</th><th>0,152</th><th>0,121</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,106	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,065</th><th>86,955</th><th>0,124</th><th><ld< th=""><th>0,662</th><th>0,152</th><th>0,121</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,065</th><th>86,955</th><th>0,124</th><th><ld< th=""><th>0,662</th><th>0,152</th><th>0,121</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,065	86,955	0,124	<ld< th=""><th>0,662</th><th>0,152</th><th>0,121</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,662	0,152	0,121	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
7	<ld< th=""><th>0,055</th><th>0,059</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,9</th><th>0,114</th><th>0,03</th><th>0,85</th><th>0,04</th><th>0,328</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,055	0,059	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,9</th><th>0,114</th><th>0,03</th><th>0,85</th><th>0,04</th><th>0,328</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,9</th><th>0,114</th><th>0,03</th><th>0,85</th><th>0,04</th><th>0,328</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>86,9</th><th>0,114</th><th>0,03</th><th>0,85</th><th>0,04</th><th>0,328</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	86,9	0,114	0,03	0,85	0,04	0,328	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
8	0,048	0,097	0,108	0,005	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,553</th><th>0,125</th><th><ld< th=""><th>0,606</th><th>0,021</th><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0,012</th><th>0,035</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>87,553</th><th>0,125</th><th><ld< th=""><th>0,606</th><th>0,021</th><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0,012</th><th>0,035</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	87,553	0,125	<ld< th=""><th>0,606</th><th>0,021</th><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0,012</th><th>0,035</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,606	0,021	0,028	<ld< th=""><th>0,012</th><th>0,035</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,012	0,035	<ld< th=""></ld<>
9	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,135</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,261</th><th>0,138</th><th><ld< th=""><th>0,787</th><th>0,003</th><th>0,05</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,064</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,135</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,261</th><th>0,138</th><th><ld< th=""><th>0,787</th><th>0,003</th><th>0,05</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,064</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,135	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,261</th><th>0,138</th><th><ld< th=""><th>0,787</th><th>0,003</th><th>0,05</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,064</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,261</th><th>0,138</th><th><ld< th=""><th>0,787</th><th>0,003</th><th>0,05</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,064</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>87,261</th><th>0,138</th><th><ld< th=""><th>0,787</th><th>0,003</th><th>0,05</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,064</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	87,261	0,138	<ld< th=""><th>0,787</th><th>0,003</th><th>0,05</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,064</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,787	0,003	0,05	0,013	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,064</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,064</th></ld<>	0,064
10	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,099</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,208</th><th>0,134</th><th>0,009</th><th>0,696</th><th>0,009</th><th>0,039</th><th>0,019</th><th>0,011</th><th>0,021</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,099</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,208</th><th>0,134</th><th>0,009</th><th>0,696</th><th>0,009</th><th>0,039</th><th>0,019</th><th>0,011</th><th>0,021</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,099	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,208</th><th>0,134</th><th>0,009</th><th>0,696</th><th>0,009</th><th>0,039</th><th>0,019</th><th>0,011</th><th>0,021</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,208</th><th>0,134</th><th>0,009</th><th>0,696</th><th>0,009</th><th>0,039</th><th>0,019</th><th>0,011</th><th>0,021</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>87,208</th><th>0,134</th><th>0,009</th><th>0,696</th><th>0,009</th><th>0,039</th><th>0,019</th><th>0,011</th><th>0,021</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	87,208	0,134	0,009	0,696	0,009	0,039	0,019	0,011	0,021	<ld< th=""></ld<>
11	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,091</th><th>0,022</th><th><ld< th=""><th>0,029</th><th>87,253</th><th>0,134</th><th>0,035</th><th>0,608</th><th><ld< th=""><th>0,014</th><th>0,051</th><th>0,03</th><th>0,024</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,091</th><th>0,022</th><th><ld< th=""><th>0,029</th><th>87,253</th><th>0,134</th><th>0,035</th><th>0,608</th><th><ld< th=""><th>0,014</th><th>0,051</th><th>0,03</th><th>0,024</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,091	0,022	<ld< th=""><th>0,029</th><th>87,253</th><th>0,134</th><th>0,035</th><th>0,608</th><th><ld< th=""><th>0,014</th><th>0,051</th><th>0,03</th><th>0,024</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,029	87,253	0,134	0,035	0,608	<ld< th=""><th>0,014</th><th>0,051</th><th>0,03</th><th>0,024</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,014	0,051	0,03	0,024	<ld< th=""></ld<>
111 (02																
HM-03																
Óxidos(%)	ZrO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	BaO	ZnO	FeO	V ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	CaO	Cr ₂ O ₃	SrO	NiO	CoO	MnO
MM-03 Óxidos(%) Ponto	ZrO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	BaO	ZnO	FeO	V ₂ O ₃	P2O5	TiO ₂	CaO	Cr ₂ O ₃	SrO	NiO	CoO	MnO
HM-03 Óxidos(%) Ponto 1	ZrO ₂	SiO ₂ 0,011	Al2O 3	MgO 0,034	BaO <ld< th=""><th>ZnO <ld< th=""><th>FeO 89,331</th><th>V₂O₃ 0,005</th><th>P₂O₅ 0,037</th><th>TiO₂</th><th>CaO 0,001</th><th>Cr2O3</th><th>SrO <ld< th=""><th>NiO <ld< th=""><th>CoO 0,008</th><th>MnO <ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	ZnO <ld< th=""><th>FeO 89,331</th><th>V₂O₃ 0,005</th><th>P₂O₅ 0,037</th><th>TiO₂</th><th>CaO 0,001</th><th>Cr2O3</th><th>SrO <ld< th=""><th>NiO <ld< th=""><th>CoO 0,008</th><th>MnO <ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	FeO 89,331	V ₂ O ₃ 0,005	P ₂ O ₅ 0,037	TiO ₂	CaO 0,001	Cr2O3	SrO <ld< th=""><th>NiO <ld< th=""><th>CoO 0,008</th><th>MnO <ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	NiO <ld< th=""><th>CoO 0,008</th><th>MnO <ld< th=""></ld<></th></ld<>	CoO 0,008	MnO <ld< th=""></ld<>
HIM-03 Óxidos(%) Ponto 1 2	ZrO ₂ <ld <ld< th=""><th>SiO₂ 0,011 0,04</th><th>Al2O3 0,012 0,012</th><th>MgO 0,034 <ld< th=""><th>BaO <ld <ld< th=""><th>ZnO <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817</th><th>V2O3 0,005 0,015</th><th>P2O5 0,037 <ld< th=""><th>TiO2 0,055 <ld< th=""><th>CaO 0,001 0,023</th><th>Cr2O3 <ld <ld< th=""><th>SrO <ld <ld< th=""><th>NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022</th><th>MnO <ld <ld< th=""></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></th></ld<></th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></th></ld<></ld 	SiO ₂ 0,011 0,04	Al2O3 0,012 0,012	MgO 0,034 <ld< th=""><th>BaO <ld <ld< th=""><th>ZnO <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817</th><th>V2O3 0,005 0,015</th><th>P2O5 0,037 <ld< th=""><th>TiO2 0,055 <ld< th=""><th>CaO 0,001 0,023</th><th>Cr2O3 <ld <ld< th=""><th>SrO <ld <ld< th=""><th>NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022</th><th>MnO <ld <ld< th=""></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></th></ld<></th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<>	BaO <ld <ld< th=""><th>ZnO <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817</th><th>V2O3 0,005 0,015</th><th>P2O5 0,037 <ld< th=""><th>TiO2 0,055 <ld< th=""><th>CaO 0,001 0,023</th><th>Cr2O3 <ld <ld< th=""><th>SrO <ld <ld< th=""><th>NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022</th><th>MnO <ld <ld< th=""></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></th></ld<></th></ld<></ld </th></ld<></ld 	ZnO <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817</th><th>V2O3 0,005 0,015</th><th>P2O5 0,037 <ld< th=""><th>TiO2 0,055 <ld< th=""><th>CaO 0,001 0,023</th><th>Cr2O3 <ld <ld< th=""><th>SrO <ld <ld< th=""><th>NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022</th><th>MnO <ld <ld< th=""></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></th></ld<></th></ld<></ld 	FeO 89,331 88,817	V2O3 0,005 0,015	P2O5 0,037 <ld< th=""><th>TiO2 0,055 <ld< th=""><th>CaO 0,001 0,023</th><th>Cr2O3 <ld <ld< th=""><th>SrO <ld <ld< th=""><th>NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022</th><th>MnO <ld <ld< th=""></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></th></ld<>	TiO2 0,055 <ld< th=""><th>CaO 0,001 0,023</th><th>Cr2O3 <ld <ld< th=""><th>SrO <ld <ld< th=""><th>NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022</th><th>MnO <ld <ld< th=""></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<>	CaO 0,001 0,023	Cr2O3 <ld <ld< th=""><th>SrO <ld <ld< th=""><th>NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022</th><th>MnO <ld <ld< th=""></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld 	SrO <ld <ld< th=""><th>NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022</th><th>MnO <ld <ld< th=""></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld 	NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022</th><th>MnO <ld <ld< th=""></ld<></ld </th></ld<></ld 	CoO 0,008 0,022	MnO <ld <ld< th=""></ld<></ld
HM-03 Óxidos(%) Ponto 1 2 3	ZrO2 <ld <ld 0,013</ld </ld 	SiO ₂ 0,011 0,04 0,012	Al2O3 0,012 0,012 0,093	MgO 0,034 <ld 0,007</ld 	BaO <ld <ld< th=""><th>ZnO <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084</th><th>P2O5 0,037 <ld <ld< th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011</th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021</ld </ld </th></ld<></th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld 	ZnO <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084</th><th>P2O5 0,037 <ld <ld< th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011</th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021</ld </ld </th></ld<></th></ld<></ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld 	FeO 89,331 88,817 87,606	V2O3 0,005 0,015 0,084	P2O5 0,037 <ld <ld< th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011</th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021</ld </ld </th></ld<></th></ld<></ld </th></ld<></ld 	TiO2 0,055 <ld 0,978</ld 	CaO 0,001 0,023 0,011	Cr2O3 <ld <ld 0,049</ld </ld 	SrO <ld <ld 0,062</ld </ld 	NiO <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021</ld </ld </th></ld<></th></ld<></ld 	CoO 0,008 0,022 <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021</ld </ld </th></ld<>	MnO <ld <ld 0,021</ld </ld
HM-03 Óxidos(%) Ponto 1 2 3 4	ZrO2 <ld <ld 0,013 <ld< th=""><th>SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld< th=""><th>Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117</th><th>MgO 0,034 <ld 0,007 0,028</ld </th><th>BaO <ld <ld <ld< th=""><th>ZnO <ld <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094</th><th>P2O5 0,037 <ld <ld 0,014</ld </ld </th><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002</ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></th></ld<></ld </ld 	SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld< th=""><th>Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117</th><th>MgO 0,034 <ld 0,007 0,028</ld </th><th>BaO <ld <ld <ld< th=""><th>ZnO <ld <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094</th><th>P2O5 0,037 <ld <ld 0,014</ld </ld </th><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002</ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<>	Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117	MgO 0,034 <ld 0,007 0,028</ld 	BaO <ld <ld <ld< th=""><th>ZnO <ld <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094</th><th>P2O5 0,037 <ld <ld 0,014</ld </ld </th><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002</ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </ld 	ZnO <ld <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094</th><th>P2O5 0,037 <ld <ld 0,014</ld </ld </th><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002</ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></th></ld<></ld </ld 	FeO 89,331 88,817 87,606 87,416	V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094	P2O5 0,037 <ld <ld 0,014</ld </ld 	TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168</ld 	CaO 0,001 0,023 0,011 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002</ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<>	Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094</ld </ld 	SrO <ld <ld 0,062 0,033</ld </ld 	NiO <ld <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002</ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld 	CoO 0,008 0,022 <ld <ld< th=""><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002</ld </ld </th></ld<></ld 	MnO <ld <ld 0,021 0,002</ld </ld
HM-03 Óxidos(%) Ponto 1 2 3 4 5	ZrO2 <ld <ld 0,013 <ld 0,011</ld </ld </ld 	SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037</ld 	Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095	MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005</ld 	BaO <ld <ld="" <ld<="" th=""><th>ZnO <ld 0,022<="" <ld="" th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069</th><th>P2O5 0,037 <ld <ld 0,014 <ld< th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld< th=""></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld></th></ld>	ZnO <ld 0,022<="" <ld="" th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069</th><th>P2O5 0,037 <ld <ld 0,014 <ld< th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld< th=""></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld>	FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098	V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069	P2O5 0,037 <ld <ld 0,014 <ld< th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld< th=""></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld 	TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082</ld 	CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld< th=""></ld<></ld </ld </th></ld<></ld 	Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142</ld </ld 	SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028</ld </ld 	NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005</ld </ld </ld 	CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082</ld </ld 	MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld< th=""></ld<></ld </ld
HM-03 Óxidos(%) Ponto 1 2 3 4 5 6	ZrO2 <ld <ld 0,013 <ld 0,011 <ld< th=""><th>SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043</ld </th><th>Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119</th><th>MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld< th=""><th>BaO <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th><th>ZnO <ld 0,009<="" <0,022="" <ld="" th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,011<="" 0,014="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025</ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028 0,044</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005 0,003</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082 0,006</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld< th=""></ld<></ld </ld </th></ld></th></ld></th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </ld 	SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043</ld 	Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119	MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld< th=""><th>BaO <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th><th>ZnO <ld 0,009<="" <0,022="" <ld="" th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,011<="" 0,014="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025</ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028 0,044</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005 0,003</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082 0,006</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld< th=""></ld<></ld </ld </th></ld></th></ld></th></ld<></ld 	BaO <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<>	ZnO <ld 0,009<="" <0,022="" <ld="" th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,011<="" 0,014="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025</ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028 0,044</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005 0,003</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082 0,006</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld< th=""></ld<></ld </ld </th></ld></th></ld>	FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081	V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072	P2O5 0,037 <ld 0,011<="" 0,014="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025</ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028 0,044</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005 0,003</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082 0,006</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld< th=""></ld<></ld </ld </th></ld>	TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977</ld 	CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025</ld </ld 	Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091</ld </ld 	SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028 0,044</ld </ld 	NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005 0,003</ld </ld </ld 	CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082 0,006</ld </ld 	MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld< th=""></ld<></ld </ld
HM-03 Óxidos(%) Ponto 1 2 3 4 5 6 7	ZrO2 <ld <ld 0,013 <ld 0,011 <ld <ld< th=""><th>SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043 0,017</ld </th><th>Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119 0,086</th><th>MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld< th=""><th>BaO <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th><th>ZnO <ld 0,009="" 0,022="" <ld="" <ld<="" th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081 87,081</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,014="" 0,01<="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082 0,006 0,026</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld <ld< th=""></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </th></ld></th></ld></th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </ld </ld 	SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043 0,017</ld 	Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119 0,086	MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld< th=""><th>BaO <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th><th>ZnO <ld 0,009="" 0,022="" <ld="" <ld<="" th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081 87,081</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,014="" 0,01<="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082 0,006 0,026</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld <ld< th=""></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </th></ld></th></ld></th></ld<></ld 	BaO <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<>	ZnO <ld 0,009="" 0,022="" <ld="" <ld<="" th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081 87,081</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,014="" 0,01<="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082 0,006 0,026</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld <ld< th=""></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </th></ld></th></ld>	FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081 87,081	V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069	P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,014="" 0,01<="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082 0,006 0,026</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld <ld< th=""></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </th></ld>	TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901</ld 	CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168</ld </ld </th><th>SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045</ld </ld </th><th>NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042</ld </ld </ld </th><th>CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082 0,006 0,026</ld </ld </th><th>MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld <ld< th=""></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld 	Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168</ld </ld 	SrO <ld <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045</ld </ld 	NiO <ld <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042</ld </ld </ld 	CoO 0,008 0,022 <ld <ld 0,082 0,006 0,026</ld </ld 	MnO <ld <ld 0,021 0,002 <ld <ld< th=""></ld<></ld </ld </ld
HM-03 Óxidos(%) Ponto 1 2 3 4 5 6 7 8	ZrO2 <ld 0,013 <ld 0,011 <ld <ld <ld< th=""><th>SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043 0,017 0,041</ld </th><th>Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119 0,086 0,091</th><th>MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld <ld< th=""><th>BaO <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th><th>ZnO <ld <0,002="" <ld="" <u="" <u<="" th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,098 87,081 87,353 87,29</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,011="" 0,014="" 0,01<="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006</ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055</ld </ld </th><th>SrO <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< th=""><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld< th=""><th>MnO <ld 0,021 0,002 <ld <ld 0,032 0,016</ld </ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld></th></ld></th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </ld </ld </ld 	SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043 0,017 0,041</ld 	Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119 0,086 0,091	MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld <ld< th=""><th>BaO <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th><th>ZnO <ld <0,002="" <ld="" <u="" <u<="" th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,098 87,081 87,353 87,29</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,011="" 0,014="" 0,01<="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006</ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055</ld </ld </th><th>SrO <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< th=""><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld< th=""><th>MnO <ld 0,021 0,002 <ld <ld 0,032 0,016</ld </ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld></th></ld></th></ld<></ld </ld 	BaO <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<>	ZnO <ld <0,002="" <ld="" <u="" <u<="" th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,098 87,081 87,353 87,29</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,011="" 0,014="" 0,01<="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006</ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055</ld </ld </th><th>SrO <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< th=""><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld< th=""><th>MnO <ld 0,021 0,002 <ld <ld 0,032 0,016</ld </ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld></th></ld>	FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,098 87,081 87,353 87,29	V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08	P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,011="" 0,014="" 0,01<="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006</ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055</ld </ld </th><th>SrO <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< th=""><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld< th=""><th>MnO <ld 0,021 0,002 <ld <ld 0,032 0,016</ld </ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld>	TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945</ld 	CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006</ld </ld 	Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055</ld </ld 	SrO <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< th=""><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld< th=""><th>MnO <ld 0,021 0,002 <ld <ld 0,032 0,016</ld </ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld 	NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld< th=""><th>MnO <ld 0,021 0,002 <ld <ld 0,032 0,016</ld </ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld 	CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld< th=""><th>MnO <ld 0,021 0,002 <ld <ld 0,032 0,016</ld </ld </ld </th></ld<></ld 	MnO <ld 0,021 0,002 <ld <ld 0,032 0,016</ld </ld </ld
HM-03 Óxidos(%) Ponto 1 2 3 4 5 6 7 8 9	ZrO2 <ld <ld 0,013 <ld 0,011 <ld <ld <ld< th=""><th>SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043 0,017 0,041 0,049</ld </th><th>Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119 0,086 0,091 0,114</th><th>MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld <ld <ld< th=""><th>BaO <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th><th>ZnO <ld <ld <ld 0,022 0,009 <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081 87,081 87,29 87,29 87,553</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08 0,08 0,047</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,014="" 0,026="" <ld="" <ld<="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945 0,802</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025 <ld 0,006 0,013</ld </ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074</ld </ld </th><th>SrO <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< th=""><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001</ld </ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001</ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld></th></ld<></ld </ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </ld </ld </ld 	SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043 0,017 0,041 0,049</ld 	Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119 0,086 0,091 0,114	MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld <ld <ld< th=""><th>BaO <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th><th>ZnO <ld <ld <ld 0,022 0,009 <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081 87,081 87,29 87,29 87,553</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08 0,08 0,047</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,014="" 0,026="" <ld="" <ld<="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945 0,802</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025 <ld 0,006 0,013</ld </ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074</ld </ld </th><th>SrO <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< th=""><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001</ld </ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001</ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld></th></ld<></ld </ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </ld 	BaO <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<>	ZnO <ld <ld <ld 0,022 0,009 <ld <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081 87,081 87,29 87,29 87,553</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08 0,08 0,047</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,014="" 0,026="" <ld="" <ld<="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945 0,802</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025 <ld 0,006 0,013</ld </ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074</ld </ld </th><th>SrO <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< th=""><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001</ld </ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001</ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld></th></ld<></ld </ld </ld </ld 	FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081 87,081 87,29 87,29 87,553	V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08 0,08 0,047	P2O5 0,037 <ld 0,01="" 0,014="" 0,026="" <ld="" <ld<="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945 0,802</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025 <ld 0,006 0,013</ld </ld </ld </th><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074</ld </ld </th><th>SrO <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< th=""><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001</ld </ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001</ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld>	TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945 0,802</ld 	CaO 0,001 0,023 0,011 <ld <ld 0,025 <ld 0,006 0,013</ld </ld </ld 	Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074</ld </ld 	SrO <ld 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< th=""><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001</ld </ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001</ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld 	NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld< th=""><th>CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001</ld </ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001</ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld 	CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001</ld </ld </ld 	<ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001</ld<></ld<></ld<></ld<></ld<>
HM-03 Óxidos(%) Ponto 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	ZrO2 <ld 0,013 <ld 0,011 <ld <ld <ld <ld< th=""><th>SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043 0,017 0,041 0,049 <ld< th=""><th>Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119 0,086 0,091 0,114 0,109</th><th>MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld <ld <ld 0,028 0,003</ld </ld </ld </ld </th><th>BaO <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th><th>ZnO <ld <ld <ld 0,022 0,009 <ld <ld <ld 0,057 0,064</ld </ld </ld </ld </ld </ld </th><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,098 87,081 87,353 87,29 87,553 87,381</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08 0,08 0,047 0,072</th><th>P2O5 0,037 <ld <ld 0,014 <ld 0,01 <ld 0,026 <ld 0,009</ld </ld </ld </ld </ld </th><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945 0,802 0,84</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006 0,013 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074 0,061</ld </ld </th><th>SrO <ld <,0062 0,033 0,028 0,044 0,045 <,LD 0,062 0,018</ld </th><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001 0,001</ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001 0,011 <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld </th></ld<></ld </ld </ld </ld </ld 	SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043 0,017 0,041 0,049 <ld< th=""><th>Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119 0,086 0,091 0,114 0,109</th><th>MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld <ld <ld 0,028 0,003</ld </ld </ld </ld </th><th>BaO <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th><th>ZnO <ld <ld <ld 0,022 0,009 <ld <ld <ld 0,057 0,064</ld </ld </ld </ld </ld </ld </th><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,098 87,081 87,353 87,29 87,553 87,381</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08 0,08 0,047 0,072</th><th>P2O5 0,037 <ld <ld 0,014 <ld 0,01 <ld 0,026 <ld 0,009</ld </ld </ld </ld </ld </th><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945 0,802 0,84</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006 0,013 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074 0,061</ld </ld </th><th>SrO <ld <,0062 0,033 0,028 0,044 0,045 <,LD 0,062 0,018</ld </th><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001 0,001</ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001 0,011 <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </th></ld<></ld 	Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119 0,086 0,091 0,114 0,109	MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld <ld <ld 0,028 0,003</ld </ld </ld </ld 	BaO <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<>	ZnO <ld <ld <ld 0,022 0,009 <ld <ld <ld 0,057 0,064</ld </ld </ld </ld </ld </ld 	FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,098 87,081 87,353 87,29 87,553 87,381	V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08 0,08 0,047 0,072	P2O5 0,037 <ld <ld 0,014 <ld 0,01 <ld 0,026 <ld 0,009</ld </ld </ld </ld </ld 	TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,945 0,802 0,84</ld 	CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006 0,013 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074 0,061</ld </ld </th><th>SrO <ld <,0062 0,033 0,028 0,044 0,045 <,LD 0,062 0,018</ld </th><th>NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001 0,001</ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001 0,011 <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld 	Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074 0,061</ld </ld 	SrO <ld <,0062 0,033 0,028 0,044 0,045 <,LD 0,062 0,018</ld 	NiO <ld <ld 0,006 0,005 0,003 0,042 <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001 0,001</ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001 0,011 <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </ld 	CoO 0,008 0,022 <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001 0,001</ld </ld 	<ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001 0,011 <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<>
HM-03 Óxidos(%) Ponto 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	ZrO2 <ld <ld 0,013 <ld 0,011 <ld <ld <ld <ld< th=""><th>SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043 0,017 0,041 0,041 0,049 <ld 0,026</ld </ld </th><th>Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119 0,086 0,091 0,114 0,109 0,089</th><th>MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld <ld <ld 0,028 0,028 0,003</ld </ld </ld </ld </th><th>BaO <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th><th>ZnO <ld <ld <ld 0,022 0,009 <ld <ld 0,057 0,064 <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081 87,081 87,29 87,29 87,553 87,381 87,381</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08 0,08 0,047 0,072 0,055</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,009="" 0,01="" 0,014="" 0,01<="" 0,026="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,901 0,945 0,802 0,84 0,815</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006 0,013 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074 0,061</ld </ld </th><th>SrO <ld< td=""> 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< td=""> 0,062 0,062 0,018 0,028</ld<></ld<></th><th>NiO <ld <ld 0,006 0,003 0,003 0,042 <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001 0,02 0,009</ld </ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001 0,011 <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </th></ld></th></ld<></ld </ld </ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </ld </ld </ld </ld 	SiO2 0,011 0,04 0,012 <ld 0,037 0,043 0,017 0,041 0,041 0,049 <ld 0,026</ld </ld 	Al2O3 0,012 0,012 0,093 0,117 0,095 0,119 0,086 0,091 0,114 0,109 0,089	MgO 0,034 <ld 0,007 0,028 0,005 <ld <ld <ld 0,028 0,028 0,003</ld </ld </ld </ld 	BaO <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<>	ZnO <ld <ld <ld 0,022 0,009 <ld <ld 0,057 0,064 <ld< th=""><th>FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081 87,081 87,29 87,29 87,553 87,381 87,381</th><th>V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08 0,08 0,047 0,072 0,055</th><th>P2O5 0,037 <ld 0,009="" 0,01="" 0,014="" 0,01<="" 0,026="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,901 0,945 0,802 0,84 0,815</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006 0,013 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074 0,061</ld </ld </th><th>SrO <ld< td=""> 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< td=""> 0,062 0,062 0,018 0,028</ld<></ld<></th><th>NiO <ld <ld 0,006 0,003 0,003 0,042 <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001 0,02 0,009</ld </ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001 0,011 <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </th></ld></th></ld<></ld </ld </ld </ld </ld 	FeO 89,331 88,817 87,606 87,416 87,098 87,081 87,081 87,29 87,29 87,553 87,381 87,381	V2O3 0,005 0,015 0,084 0,094 0,069 0,072 0,069 0,08 0,08 0,047 0,072 0,055	P2O5 0,037 <ld 0,009="" 0,01="" 0,014="" 0,01<="" 0,026="" <ld="" th=""><th>TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,901 0,945 0,802 0,84 0,815</ld </th><th>CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006 0,013 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074 0,061</ld </ld </th><th>SrO <ld< td=""> 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< td=""> 0,062 0,062 0,018 0,028</ld<></ld<></th><th>NiO <ld <ld 0,006 0,003 0,003 0,042 <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001 0,02 0,009</ld </ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001 0,011 <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld </th></ld>	TiO2 0,055 <ld 0,978 1,168 1,082 0,977 0,901 0,901 0,945 0,802 0,84 0,815</ld 	CaO 0,001 0,023 0,011 <ld 0,025 <ld 0,006 0,013 <ld< th=""><th>Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074 0,061</ld </ld </th><th>SrO <ld< td=""> 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< td=""> 0,062 0,062 0,018 0,028</ld<></ld<></th><th>NiO <ld <ld 0,006 0,003 0,003 0,042 <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001 0,02 0,009</ld </ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001 0,011 <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </ld </th></ld<></ld </ld 	Cr2O3 <ld <ld 0,049 0,094 0,142 0,091 0,168 0,055 0,074 0,061</ld </ld 	SrO <ld< td=""> 0,062 0,033 0,028 0,044 0,045 <ld< td=""> 0,062 0,062 0,018 0,028</ld<></ld<>	NiO <ld <ld 0,006 0,003 0,003 0,042 <ld <ld< th=""><th>CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001 0,02 0,009</ld </ld </ld </th><th><ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001 0,011 <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></th></ld<></ld </ld </ld 	CoO 0,008 <ld <ld 0,082 0,006 0,026 <ld 0,001 0,02 0,009</ld </ld </ld 	<ld< td=""> <ld< td=""> 0,021 0,002 <ld< td=""> 0,002 <ld< td=""> 0,001 0,011 <ld< td=""> <ld< td=""></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<></ld<>

HM-04

Óxidos(%)	ZrO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	BaO	ZnO	FeO	V ₂ O ₃	P2O5	TiO ₂	CaO	Cr₂O₃	SrO	NiO	CoO	MnO
Ponto																
1	<ld< th=""><th>0,018</th><th>0,087</th><th>0,03</th><th><ld< th=""><th>0,056</th><th>88,128</th><th>0,167</th><th><ld< th=""><th>0,024</th><th>0,025</th><th>0,001</th><th><ld< th=""><th>0,03</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,018	0,087	0,03	<ld< th=""><th>0,056</th><th>88,128</th><th>0,167</th><th><ld< th=""><th>0,024</th><th>0,025</th><th>0,001</th><th><ld< th=""><th>0,03</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,056	88,128	0,167	<ld< th=""><th>0,024</th><th>0,025</th><th>0,001</th><th><ld< th=""><th>0,03</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,024	0,025	0,001	<ld< th=""><th>0,03</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,03	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
2	<ld< th=""><th>0</th><th>0,024</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th>0,006</th><th>86,715</th><th>0,116</th><th><ld< th=""><th>1,592</th><th>0,056</th><th>0,103</th><th>0,072</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0	0,024	0,01	<ld< th=""><th>0,006</th><th>86,715</th><th>0,116</th><th><ld< th=""><th>1,592</th><th>0,056</th><th>0,103</th><th>0,072</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,006	86,715	0,116	<ld< th=""><th>1,592</th><th>0,056</th><th>0,103</th><th>0,072</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	1,592	0,056	0,103	0,072	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,039</th></ld<>	0,039
3	<ld< th=""><th>0,008</th><th>0,061</th><th>0,011</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,097</th><th>0,112</th><th><ld< th=""><th>1,427</th><th>0,003</th><th>0,088</th><th>0,023</th><th>0,029</th><th><ld< th=""><th>0,002</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,008	0,061	0,011	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,097</th><th>0,112</th><th><ld< th=""><th>1,427</th><th>0,003</th><th>0,088</th><th>0,023</th><th>0,029</th><th><ld< th=""><th>0,002</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>87,097</th><th>0,112</th><th><ld< th=""><th>1,427</th><th>0,003</th><th>0,088</th><th>0,023</th><th>0,029</th><th><ld< th=""><th>0,002</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	87,097	0,112	<ld< th=""><th>1,427</th><th>0,003</th><th>0,088</th><th>0,023</th><th>0,029</th><th><ld< th=""><th>0,002</th></ld<></th></ld<>	1,427	0,003	0,088	0,023	0,029	<ld< th=""><th>0,002</th></ld<>	0,002
4	<ld< th=""><th>0,041</th><th>0,026</th><th>0,001</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,085</th><th>0,127</th><th><ld< th=""><th>1,459</th><th>0,011</th><th>0,052</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,008</th><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,041	0,026	0,001	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,085</th><th>0,127</th><th><ld< th=""><th>1,459</th><th>0,011</th><th>0,052</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,008</th><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>87,085</th><th>0,127</th><th><ld< th=""><th>1,459</th><th>0,011</th><th>0,052</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,008</th><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	87,085	0,127	<ld< th=""><th>1,459</th><th>0,011</th><th>0,052</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,008</th><th>0,037</th></ld<></th></ld<>	1,459	0,011	0,052	<ld< th=""><th>0,008</th><th>0,008</th><th>0,037</th></ld<>	0,008	0,008	0,037
5	0,043	0,08	0,061	0,008	<ld< th=""><th>0,062</th><th>86,872</th><th>0,115</th><th>0,014</th><th>1,331</th><th><ld< th=""><th>0,068</th><th><ld< th=""><th>0,022</th><th>0,026</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,062	86,872	0,115	0,014	1,331	<ld< th=""><th>0,068</th><th><ld< th=""><th>0,022</th><th>0,026</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,068	<ld< th=""><th>0,022</th><th>0,026</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,022	0,026	<ld< th=""></ld<>
6	<ld< th=""><th>0,003</th><th>0,092</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,018</th><th>87,491</th><th>0,092</th><th><ld< th=""><th>1,313</th><th>0,007</th><th>0,012</th><th>0,066</th><th>0,02</th><th><ld< th=""><th>0,074</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,003	0,092	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,018</th><th>87,491</th><th>0,092</th><th><ld< th=""><th>1,313</th><th>0,007</th><th>0,012</th><th>0,066</th><th>0,02</th><th><ld< th=""><th>0,074</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,018</th><th>87,491</th><th>0,092</th><th><ld< th=""><th>1,313</th><th>0,007</th><th>0,012</th><th>0,066</th><th>0,02</th><th><ld< th=""><th>0,074</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,018	87,491	0,092	<ld< th=""><th>1,313</th><th>0,007</th><th>0,012</th><th>0,066</th><th>0,02</th><th><ld< th=""><th>0,074</th></ld<></th></ld<>	1,313	0,007	0,012	0,066	0,02	<ld< th=""><th>0,074</th></ld<>	0,074
7	<ld< th=""><th>0,003</th><th>0,051</th><th>0,021</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,947</th><th>0,103</th><th>0,01</th><th>1,279</th><th>0,017</th><th>0,182</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,016</th><th>0,01</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,003	0,051	0,021	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,947</th><th>0,103</th><th>0,01</th><th>1,279</th><th>0,017</th><th>0,182</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,016</th><th>0,01</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>86,947</th><th>0,103</th><th>0,01</th><th>1,279</th><th>0,017</th><th>0,182</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,016</th><th>0,01</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	86,947	0,103	0,01	1,279	0,017	0,182	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,016</th><th>0,01</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,016</th><th>0,01</th></ld<>	0,016	0,01
8	0,05	0,008	0,015	0,024	<ld< th=""><th>0,094</th><th>86,975</th><th>0,091</th><th>0,009</th><th>1,3</th><th>0,002</th><th>0,122</th><th><ld< th=""><th>0,021</th><th>0,037</th><th>0,034</th></ld<></th></ld<>	0,094	86,975	0,091	0,009	1,3	0,002	0,122	<ld< th=""><th>0,021</th><th>0,037</th><th>0,034</th></ld<>	0,021	0,037	0,034
9	0,031	0,08	0,085	0,004	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,297</th><th>0,102</th><th>0,006</th><th>1,268</th><th><ld< th=""><th>0,182</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,036</th><th>0,019</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>87,297</th><th>0,102</th><th>0,006</th><th>1,268</th><th><ld< th=""><th>0,182</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,036</th><th>0,019</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	87,297	0,102	0,006	1,268	<ld< th=""><th>0,182</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,036</th><th>0,019</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,182	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,036</th><th>0,019</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,036</th><th>0,019</th></ld<>	0,036	0,019
10	<ld< th=""><th>0,015</th><th>0,056</th><th>0,008</th><th><ld< th=""><th>0,076</th><th>86,814</th><th>0,077</th><th><ld< th=""><th>1,273</th><th><ld< th=""><th>0,257</th><th>0,032</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th>0,01</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,015	0,056	0,008	<ld< th=""><th>0,076</th><th>86,814</th><th>0,077</th><th><ld< th=""><th>1,273</th><th><ld< th=""><th>0,257</th><th>0,032</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th>0,01</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,076	86,814	0,077	<ld< th=""><th>1,273</th><th><ld< th=""><th>0,257</th><th>0,032</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th>0,01</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	1,273	<ld< th=""><th>0,257</th><th>0,032</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th>0,01</th></ld<></th></ld<>	0,257	0,032	<ld< th=""><th>0,003</th><th>0,01</th></ld<>	0,003	0,01
11	0,034	<ld< th=""><th>0,055</th><th>0,023</th><th><ld< th=""><th>0,066</th><th>86,441</th><th>0,123</th><th>0,006</th><th>1,278</th><th><ld< th=""><th>0,255</th><th><ld< th=""><th>0,029</th><th>0,023</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,055	0,023	<ld< th=""><th>0,066</th><th>86,441</th><th>0,123</th><th>0,006</th><th>1,278</th><th><ld< th=""><th>0,255</th><th><ld< th=""><th>0,029</th><th>0,023</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,066	86,441	0,123	0,006	1,278	<ld< th=""><th>0,255</th><th><ld< th=""><th>0,029</th><th>0,023</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,255	<ld< th=""><th>0,029</th><th>0,023</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,029	0,023	<ld< th=""></ld<>
12	<ld< th=""><th>0,01</th><th>0,046</th><th>0,002</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,254</th><th>0,077</th><th><ld< th=""><th>1,725</th><th>0,012</th><th>0,262</th><th>0,098</th><th>0,014</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,01	0,046	0,002	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,254</th><th>0,077</th><th><ld< th=""><th>1,725</th><th>0,012</th><th>0,262</th><th>0,098</th><th>0,014</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>86,254</th><th>0,077</th><th><ld< th=""><th>1,725</th><th>0,012</th><th>0,262</th><th>0,098</th><th>0,014</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	86,254	0,077	<ld< th=""><th>1,725</th><th>0,012</th><th>0,262</th><th>0,098</th><th>0,014</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	1,725	0,012	0,262	0,098	0,014	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
13	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,077</th><th>0,011</th><th><ld< th=""><th>0,079</th><th>86,353</th><th>0,107</th><th><ld< th=""><th>1,933</th><th>0,041</th><th>0,233</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,077</th><th>0,011</th><th><ld< th=""><th>0,079</th><th>86,353</th><th>0,107</th><th><ld< th=""><th>1,933</th><th>0,041</th><th>0,233</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,077	0,011	<ld< th=""><th>0,079</th><th>86,353</th><th>0,107</th><th><ld< th=""><th>1,933</th><th>0,041</th><th>0,233</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,079	86,353	0,107	<ld< th=""><th>1,933</th><th>0,041</th><th>0,233</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	1,933	0,041	0,233	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
14	0,001	0,032	0,054	0,007	<ld< th=""><th>0,087</th><th>86,529</th><th>0,093</th><th><ld< th=""><th>1,98</th><th>0,018</th><th>0,327</th><th><ld< th=""><th>0,03</th><th>0,053</th><th>0,017</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,087	86,529	0,093	<ld< th=""><th>1,98</th><th>0,018</th><th>0,327</th><th><ld< th=""><th>0,03</th><th>0,053</th><th>0,017</th></ld<></th></ld<>	1,98	0,018	0,327	<ld< th=""><th>0,03</th><th>0,053</th><th>0,017</th></ld<>	0,03	0,053	0,017

HM-05:

Óxidos(%)	ZrO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	BaO	ZnO	FeO	V ₂ O ₃	P2O5	TiO ₂	CaO	Cr ₂ O ₃	SrO	NiO	CoO	MnO
Ponto																
1	<ld< th=""><th>0,007</th><th>0,023</th><th>0,044</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,076</th><th>0,088</th><th><ld< th=""><th>2,574</th><th>0,013</th><th>0,206</th><th>0,071</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,007	0,023	0,044	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,076</th><th>0,088</th><th><ld< th=""><th>2,574</th><th>0,013</th><th>0,206</th><th>0,071</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>86,076</th><th>0,088</th><th><ld< th=""><th>2,574</th><th>0,013</th><th>0,206</th><th>0,071</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	86,076	0,088	<ld< th=""><th>2,574</th><th>0,013</th><th>0,206</th><th>0,071</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,574	0,013	0,206	0,071	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,037</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,037</th></ld<>	0,037
2	<ld< th=""><th>0,029</th><th>0,057</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,744</th><th>0,103</th><th>0,005</th><th>2,608</th><th>0,036</th><th>0,135</th><th><ld< th=""><th>0,038</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,029	0,057	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,744</th><th>0,103</th><th>0,005</th><th>2,608</th><th>0,036</th><th>0,135</th><th><ld< th=""><th>0,038</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,744</th><th>0,103</th><th>0,005</th><th>2,608</th><th>0,036</th><th>0,135</th><th><ld< th=""><th>0,038</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,744</th><th>0,103</th><th>0,005</th><th>2,608</th><th>0,036</th><th>0,135</th><th><ld< th=""><th>0,038</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,744	0,103	0,005	2,608	0,036	0,135	<ld< th=""><th>0,038</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,038	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
3	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,086</th><th>0,025</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th>86,653</th><th>0,127</th><th><ld< th=""><th>2,542</th><th><ld< th=""><th>0,142</th><th>0,031</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,086</th><th>0,025</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th>86,653</th><th>0,127</th><th><ld< th=""><th>2,542</th><th><ld< th=""><th>0,142</th><th>0,031</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,086	0,025	<ld< th=""><th>0,015</th><th>86,653</th><th>0,127</th><th><ld< th=""><th>2,542</th><th><ld< th=""><th>0,142</th><th>0,031</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,015	86,653	0,127	<ld< th=""><th>2,542</th><th><ld< th=""><th>0,142</th><th>0,031</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,542	<ld< th=""><th>0,142</th><th>0,031</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,142	0,031	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,02</th></ld<>	0,02
4	<ld< th=""><th>0,035</th><th>0,049</th><th>0,009</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,348</th><th>0,106</th><th><ld< th=""><th>2,645</th><th><ld< th=""><th>0,097</th><th>0,029</th><th>0,035</th><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,035	0,049	0,009	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,348</th><th>0,106</th><th><ld< th=""><th>2,645</th><th><ld< th=""><th>0,097</th><th>0,029</th><th>0,035</th><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,348</th><th>0,106</th><th><ld< th=""><th>2,645</th><th><ld< th=""><th>0,097</th><th>0,029</th><th>0,035</th><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,348	0,106	<ld< th=""><th>2,645</th><th><ld< th=""><th>0,097</th><th>0,029</th><th>0,035</th><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,645	<ld< th=""><th>0,097</th><th>0,029</th><th>0,035</th><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,097	0,029	0,035	0,004	<ld< th=""></ld<>
5	0,061	<ld< th=""><th>0,064</th><th>0,036</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,386</th><th>0,105</th><th>0,001</th><th>2,534</th><th>0,017</th><th>0,136</th><th><ld< th=""><th>0,034</th><th>0,035</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,064	0,036	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>86,386</th><th>0,105</th><th>0,001</th><th>2,534</th><th>0,017</th><th>0,136</th><th><ld< th=""><th>0,034</th><th>0,035</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>86,386</th><th>0,105</th><th>0,001</th><th>2,534</th><th>0,017</th><th>0,136</th><th><ld< th=""><th>0,034</th><th>0,035</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	86,386	0,105	0,001	2,534	0,017	0,136	<ld< th=""><th>0,034</th><th>0,035</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,034	0,035	<ld< th=""></ld<>
6	0,107	<ld< th=""><th>0,076</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,032</th><th>85,873</th><th>0,11</th><th><ld< th=""><th>2,826</th><th>0,01</th><th>0,089</th><th><ld< th=""><th>0,004</th><th>0,02</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,076	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,032</th><th>85,873</th><th>0,11</th><th><ld< th=""><th>2,826</th><th>0,01</th><th>0,089</th><th><ld< th=""><th>0,004</th><th>0,02</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,032</th><th>85,873</th><th>0,11</th><th><ld< th=""><th>2,826</th><th>0,01</th><th>0,089</th><th><ld< th=""><th>0,004</th><th>0,02</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,032	85,873	0,11	<ld< th=""><th>2,826</th><th>0,01</th><th>0,089</th><th><ld< th=""><th>0,004</th><th>0,02</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,826	0,01	0,089	<ld< th=""><th>0,004</th><th>0,02</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,004	0,02	<ld< th=""></ld<>
7	<ld< th=""><th>0,02</th><th>0,079</th><th>0,017</th><th><ld< th=""><th>0,103</th><th>85,798</th><th>0,114</th><th><ld< th=""><th>2,596</th><th>0,041</th><th>0,205</th><th>0,022</th><th><ld< th=""><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,02	0,079	0,017	<ld< th=""><th>0,103</th><th>85,798</th><th>0,114</th><th><ld< th=""><th>2,596</th><th>0,041</th><th>0,205</th><th>0,022</th><th><ld< th=""><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,103	85,798	0,114	<ld< th=""><th>2,596</th><th>0,041</th><th>0,205</th><th>0,022</th><th><ld< th=""><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,596	0,041	0,205	0,022	<ld< th=""><th>0,004</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,004	<ld< th=""></ld<>
8	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,035</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,843</th><th>0,135</th><th><ld< th=""><th>2,646</th><th><ld< th=""><th>0,042</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,035</th><th>0,005</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,035</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,843</th><th>0,135</th><th><ld< th=""><th>2,646</th><th><ld< th=""><th>0,042</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,035</th><th>0,005</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,035	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,843</th><th>0,135</th><th><ld< th=""><th>2,646</th><th><ld< th=""><th>0,042</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,035</th><th>0,005</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,843</th><th>0,135</th><th><ld< th=""><th>2,646</th><th><ld< th=""><th>0,042</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,035</th><th>0,005</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,843</th><th>0,135</th><th><ld< th=""><th>2,646</th><th><ld< th=""><th>0,042</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,035</th><th>0,005</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,843	0,135	<ld< th=""><th>2,646</th><th><ld< th=""><th>0,042</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,035</th><th>0,005</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,646	<ld< th=""><th>0,042</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,035</th><th>0,005</th></ld<></th></ld<>	0,042	<ld< th=""><th>0,002</th><th>0,035</th><th>0,005</th></ld<>	0,002	0,035	0,005
9	<ld< th=""><th>0,031</th><th>0,088</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,036</th><th>86,232</th><th>0,143</th><th>0,01</th><th>2,691</th><th>0,01</th><th>0,238</th><th>0,002</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,009</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,031	0,088	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,036</th><th>86,232</th><th>0,143</th><th>0,01</th><th>2,691</th><th>0,01</th><th>0,238</th><th>0,002</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,009</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,036</th><th>86,232</th><th>0,143</th><th>0,01</th><th>2,691</th><th>0,01</th><th>0,238</th><th>0,002</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,009</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,036	86,232	0,143	0,01	2,691	0,01	0,238	0,002	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,009</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,009</th></ld<>	0,009
10	<ld< th=""><th>0,02</th><th>0,048</th><th>0,032</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th>85,577</th><th>0,121</th><th>0,004</th><th>2,76</th><th>0,008</th><th>0,193</th><th><ld< th=""><th>0,011</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,02	0,048	0,032	<ld< th=""><th>0,015</th><th>85,577</th><th>0,121</th><th>0,004</th><th>2,76</th><th>0,008</th><th>0,193</th><th><ld< th=""><th>0,011</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,015	85,577	0,121	0,004	2,76	0,008	0,193	<ld< th=""><th>0,011</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,011	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
11	0,047	<ld< th=""><th>0,023</th><th>0,008</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,98</th><th>0,107</th><th>0,009</th><th>2,616</th><th>0,021</th><th>0,1</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,006</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,023	0,008	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,98</th><th>0,107</th><th>0,009</th><th>2,616</th><th>0,021</th><th>0,1</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,006</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,98</th><th>0,107</th><th>0,009</th><th>2,616</th><th>0,021</th><th>0,1</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,006</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,98	0,107	0,009	2,616	0,021	0,1	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,006</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,006</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,006	<ld< th=""></ld<>
12	<ld< th=""><th>0,02</th><th>0,081</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,051</th><th>86,097</th><th>0,111</th><th><ld< th=""><th>2,78</th><th>0,027</th><th>0,21</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,02	0,081	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,051</th><th>86,097</th><th>0,111</th><th><ld< th=""><th>2,78</th><th>0,027</th><th>0,21</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,051</th><th>86,097</th><th>0,111</th><th><ld< th=""><th>2,78</th><th>0,027</th><th>0,21</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,051	86,097	0,111	<ld< th=""><th>2,78</th><th>0,027</th><th>0,21</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	2,78	0,027	0,21	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,072</th></ld<>	0,072
13	<ld< th=""><th>0,027</th><th>0,052</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th><th>86,121</th><th>0,123</th><th>0,003</th><th>2,69</th><th>0,036</th><th>0,112</th><th>0,022</th><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,027	0,052	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th><th>86,121</th><th>0,123</th><th>0,003</th><th>2,69</th><th>0,036</th><th>0,112</th><th>0,022</th><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,039</th><th>86,121</th><th>0,123</th><th>0,003</th><th>2,69</th><th>0,036</th><th>0,112</th><th>0,022</th><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0</th></ld<></th></ld<>	0,039	86,121	0,123	0,003	2,69	0,036	0,112	0,022	0,028	<ld< th=""><th>0</th></ld<>	0
14	0,104	0,003	0,08	0,026	<ld< th=""><th>0,117</th><th>85,574</th><th>0,11</th><th>0,01</th><th>2,652</th><th>0,002</th><th>0,079</th><th><ld< th=""><th>0,041</th><th><ld< th=""><th>0,004</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,117	85,574	0,11	0,01	2,652	0,002	0,079	<ld< th=""><th>0,041</th><th><ld< th=""><th>0,004</th></ld<></th></ld<>	0,041	<ld< th=""><th>0,004</th></ld<>	0,004
15	<ld< th=""><th>0,016</th><th>0,078</th><th>0,023</th><th><ld< th=""><th>0,051</th><th>85,663</th><th>0,133</th><th><ld< th=""><th>3,035</th><th>0,029</th><th>0,127</th><th>0,005</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,016	0,078	0,023	<ld< th=""><th>0,051</th><th>85,663</th><th>0,133</th><th><ld< th=""><th>3,035</th><th>0,029</th><th>0,127</th><th>0,005</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,051	85,663	0,133	<ld< th=""><th>3,035</th><th>0,029</th><th>0,127</th><th>0,005</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	3,035	0,029	0,127	0,005	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
16	0,093	<ld< th=""><th>0,076</th><th>0,006</th><th><ld< th=""><th>0,03</th><th>85,716</th><th>0,116</th><th>0,003</th><th>2,876</th><th>0,01</th><th>0,127</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,065</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,076	0,006	<ld< th=""><th>0,03</th><th>85,716</th><th>0,116</th><th>0,003</th><th>2,876</th><th>0,01</th><th>0,127</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,065</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,03	85,716	0,116	0,003	2,876	0,01	0,127	<ld< th=""><th>0,008</th><th>0,065</th><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	0,008	0,065	<ld< th=""></ld<>

HM-06:

Óxidos(%)	ZrO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	BaO	ZnO	FeO	V ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	CaO	Cr ₂ O ₃	SrO	NiO	CoO	MnO
Ponto																
1	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,014</th><th>0,029</th><th><ld< th=""><th>0,071</th><th>84,54</th><th><ld< th=""><th>0,006</th><th>4,579</th><th>0,001</th><th>0,004</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,047</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,014</th><th>0,029</th><th><ld< th=""><th>0,071</th><th>84,54</th><th><ld< th=""><th>0,006</th><th>4,579</th><th>0,001</th><th>0,004</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,047</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,014	0,029	<ld< th=""><th>0,071</th><th>84,54</th><th><ld< th=""><th>0,006</th><th>4,579</th><th>0,001</th><th>0,004</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,047</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,071	84,54	<ld< th=""><th>0,006</th><th>4,579</th><th>0,001</th><th>0,004</th><th>0,013</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,047</th></ld<></th></ld<>	0,006	4,579	0,001	0,004	0,013	<ld< th=""><th>0,008</th><th>0,047</th></ld<>	0,008	0,047
2	<ld< th=""><th>0,012</th><th>0,001</th><th>0,012</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,52</th><th>0,02</th><th>0,006</th><th>4,613</th><th>0,002</th><th>0,049</th><th><ld< th=""><th>0,012</th><th>0,007</th><th>0,089</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,012	0,001	0,012	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,52</th><th>0,02</th><th>0,006</th><th>4,613</th><th>0,002</th><th>0,049</th><th><ld< th=""><th>0,012</th><th>0,007</th><th>0,089</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>84,52</th><th>0,02</th><th>0,006</th><th>4,613</th><th>0,002</th><th>0,049</th><th><ld< th=""><th>0,012</th><th>0,007</th><th>0,089</th></ld<></th></ld<>	84,52	0,02	0,006	4,613	0,002	0,049	<ld< th=""><th>0,012</th><th>0,007</th><th>0,089</th></ld<>	0,012	0,007	0,089
3	0,001	0,024	0,015	0,027	<ld< th=""><th>0,002</th><th>84,93</th><th>0,012</th><th><ld< th=""><th>4,488</th><th>0,021</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th>0</th><th>0,031</th><th>0,023</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,002	84,93	0,012	<ld< th=""><th>4,488</th><th>0,021</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th>0</th><th>0,031</th><th>0,023</th></ld<></th></ld<>	4,488	0,021	<ld< th=""><th>0,003</th><th>0</th><th>0,031</th><th>0,023</th></ld<>	0,003	0	0,031	0,023
4	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,053</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,004</th><th>84,044</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>4,702</th><th>0,002</th><th>0,012</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,051</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,053</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,004</th><th>84,044</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>4,702</th><th>0,002</th><th>0,012</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,051</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,053	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,004</th><th>84,044</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>4,702</th><th>0,002</th><th>0,012</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,051</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,004</th><th>84,044</th><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>4,702</th><th>0,002</th><th>0,012</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,051</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,004	84,044	0,027	<ld< th=""><th>4,702</th><th>0,002</th><th>0,012</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,051</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	4,702	0,002	0,012	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,051</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,051</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,051</th></ld<>	0,051
5	0,016	<ld< th=""><th>0,04</th><th>0,03</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,744</th><th>0,031</th><th>0,005</th><th>4,58</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,04	0,03	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,744</th><th>0,031</th><th>0,005</th><th>4,58</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>84,744</th><th>0,031</th><th>0,005</th><th>4,58</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	84,744	0,031	0,005	4,58	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,039</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,039</th></ld<>	0,039
6	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,035</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,873</th><th><ld< th=""><th>0,019</th><th>4,724</th><th><ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,047</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,035</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,873</th><th><ld< th=""><th>0,019</th><th>4,724</th><th><ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,047</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,035</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,873</th><th><ld< th=""><th>0,019</th><th>4,724</th><th><ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,047</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,035	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,873</th><th><ld< th=""><th>0,019</th><th>4,724</th><th><ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,047</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>84,873</th><th><ld< th=""><th>0,019</th><th>4,724</th><th><ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,047</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	84,873	<ld< th=""><th>0,019</th><th>4,724</th><th><ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,047</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,019	4,724	<ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,047</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,027	<ld< th=""><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,047</th></ld<></th></ld<>	0,003	<ld< th=""><th>0,047</th></ld<>	0,047
7	<ld< th=""><th>0,02</th><th>0,03</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,035</th><th>84,979</th><th>0,026</th><th><ld< th=""><th>4,559</th><th>0,02</th><th>0,003</th><th>0,006</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,02	0,03	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,035</th><th>84,979</th><th>0,026</th><th><ld< th=""><th>4,559</th><th>0,02</th><th>0,003</th><th>0,006</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,035</th><th>84,979</th><th>0,026</th><th><ld< th=""><th>4,559</th><th>0,02</th><th>0,003</th><th>0,006</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,035	84,979	0,026	<ld< th=""><th>4,559</th><th>0,02</th><th>0,003</th><th>0,006</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	4,559	0,02	0,003	0,006	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,072</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,072</th></ld<>	0,072
8	<ld< th=""><th>0,05</th><th><ld< th=""><th>0,001</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,671</th><th>0,018</th><th>0,016</th><th>4,514</th><th>0,03</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,066</th><th>0,023</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,05	<ld< th=""><th>0,001</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,671</th><th>0,018</th><th>0,016</th><th>4,514</th><th>0,03</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,066</th><th>0,023</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,001	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,671</th><th>0,018</th><th>0,016</th><th>4,514</th><th>0,03</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,066</th><th>0,023</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>84,671</th><th>0,018</th><th>0,016</th><th>4,514</th><th>0,03</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,066</th><th>0,023</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	84,671	0,018	0,016	4,514	0,03	0,01	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,066</th><th>0,023</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,066</th><th>0,023</th></ld<>	0,066	0,023
9	0,008	0,02	0,005	0,029	<ld< th=""><th>0,045</th><th>84,769</th><th>0,012</th><th>0,018</th><th>4,648</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,009</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th>0,024</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,045	84,769	0,012	0,018	4,648	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,009</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th>0,024</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,009</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th>0,024</th></ld<></th></ld<>	0,009	0,01	<ld< th=""><th>0,024</th></ld<>	0,024
10	0,057	0,018	<ld< th=""><th>0,008</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>84,508</th><th>0,007</th><th><ld< th=""><th>4,546</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th><th>0,027</th><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,008	<ld< th=""><th>0,002</th><th>84,508</th><th>0,007</th><th><ld< th=""><th>4,546</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th><th>0,027</th><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,002	84,508	0,007	<ld< th=""><th>4,546</th><th>0,01</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th><th>0,027</th><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	4,546	0,01	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th><th>0,027</th><th>0,039</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,02</th><th>0,027</th><th>0,039</th></ld<>	0,02	0,027	0,039
11	<ld< th=""><th>0,05</th><th>0,029</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,802</th><th>0,014</th><th><ld< th=""><th>4,343</th><th>0,004</th><th><ld< th=""><th>0,036</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,05	0,029	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,802</th><th>0,014</th><th><ld< th=""><th>4,343</th><th>0,004</th><th><ld< th=""><th>0,036</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>84,802</th><th>0,014</th><th><ld< th=""><th>4,343</th><th>0,004</th><th><ld< th=""><th>0,036</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>84,802</th><th>0,014</th><th><ld< th=""><th>4,343</th><th>0,004</th><th><ld< th=""><th>0,036</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	84,802	0,014	<ld< th=""><th>4,343</th><th>0,004</th><th><ld< th=""><th>0,036</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	4,343	0,004	<ld< th=""><th>0,036</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,036	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
12	<ld< th=""><th>0,005</th><th>0,03</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,041</th><th>85,503</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>3,828</th><th>0,026</th><th>0,03</th><th>0,001</th><th>0,008</th><th>0,015</th><th>0,049</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,005	0,03	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,041</th><th>85,503</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>3,828</th><th>0,026</th><th>0,03</th><th>0,001</th><th>0,008</th><th>0,015</th><th>0,049</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,041</th><th>85,503</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>3,828</th><th>0,026</th><th>0,03</th><th>0,001</th><th>0,008</th><th>0,015</th><th>0,049</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,041	85,503	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>3,828</th><th>0,026</th><th>0,03</th><th>0,001</th><th>0,008</th><th>0,015</th><th>0,049</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>3,828</th><th>0,026</th><th>0,03</th><th>0,001</th><th>0,008</th><th>0,015</th><th>0,049</th></ld<>	3,828	0,026	0,03	0,001	0,008	0,015	0,049
13	<ld< th=""><th>0,026</th><th><ld< th=""><th>0,001</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,443</th><th>0,002</th><th>0,001</th><th>3,846</th><th><ld< th=""><th>0,004</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th><ld< th=""><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,026	<ld< th=""><th>0,001</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,443</th><th>0,002</th><th>0,001</th><th>3,846</th><th><ld< th=""><th>0,004</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th><ld< th=""><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,001	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>85,443</th><th>0,002</th><th>0,001</th><th>3,846</th><th><ld< th=""><th>0,004</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th><ld< th=""><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>85,443</th><th>0,002</th><th>0,001</th><th>3,846</th><th><ld< th=""><th>0,004</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th><ld< th=""><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	85,443	0,002	0,001	3,846	<ld< th=""><th>0,004</th><th><ld< th=""><th>0,015</th><th><ld< th=""><th>0,037</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,004	<ld< th=""><th>0,015</th><th><ld< th=""><th>0,037</th></ld<></th></ld<>	0,015	<ld< th=""><th>0,037</th></ld<>	0,037

Magnetita:

Óxidos(%)	ZrO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	BaO	ZnO	FeO	V ₂ O ₃	P 2 O 5	TiO ₂	CaO	Cr ₂ O ₃	SrO	NiO	CoO	MnO
Ponto																
1	<ld< th=""><th>0,013</th><th>0,031</th><th>0,035</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,955</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th>0,054</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,013	0,031	0,035	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>87,955</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th>0,054</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>87,955</th><th><ld< th=""><th>0,003</th><th>0,054</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	87,955	<ld< th=""><th>0,003</th><th>0,054</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,003	0,054	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,013</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,013	<ld< th=""><th><ld< th=""></ld<></th></ld<>	<ld< th=""></ld<>
2	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,106</th><th>0,032</th><th><ld< th=""><th>0,062</th><th>91,992</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,028</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,04</th><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,106</th><th>0,032</th><th><ld< th=""><th>0,062</th><th>91,992</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,028</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,04</th><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,106	0,032	<ld< th=""><th>0,062</th><th>91,992</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,028</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,04</th><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,062	91,992	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,028</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,04</th><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,028</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,04</th><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,028	0,003	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,04</th><th>0,039</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,04</th><th>0,039</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,04</th><th>0,039</th></ld<>	0,04	0,039
3	0,091	0,02	0,101	0,082	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>91,857</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,019</th><th><ld< th=""><th>0,06</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>91,857</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,019</th><th><ld< th=""><th>0,06</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	91,857	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,019</th><th><ld< th=""><th>0,06</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,019</th><th><ld< th=""><th>0,06</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,027</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,019</th><th><ld< th=""><th>0,06</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,027	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,019</th><th><ld< th=""><th>0,06</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,019</th><th><ld< th=""><th>0,06</th></ld<></th></ld<>	0,019	<ld< th=""><th>0,06</th></ld<>	0,06
4	0,024	<ld< th=""><th>0,119</th><th>0,061</th><th>0,015</th><th>0,117</th><th>92,305</th><th>0,01</th><th>0,006</th><th>0,032</th><th>0,025</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,026</th><th><ld< th=""><th>0,074</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,119	0,061	0,015	0,117	92,305	0,01	0,006	0,032	0,025	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,026</th><th><ld< th=""><th>0,074</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,026</th><th><ld< th=""><th>0,074</th></ld<></th></ld<>	0,026	<ld< th=""><th>0,074</th></ld<>	0,074
5	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,075</th><th>0,083</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>92,475</th><th>0,007</th><th>0,014</th><th>0,007</th><th>0,008</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th><th>0,082</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,075</th><th>0,083</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>92,475</th><th>0,007</th><th>0,014</th><th>0,007</th><th>0,008</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th><th>0,082</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,075	0,083	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>92,475</th><th>0,007</th><th>0,014</th><th>0,007</th><th>0,008</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th><th>0,082</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>92,475</th><th>0,007</th><th>0,014</th><th>0,007</th><th>0,008</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th><th>0,082</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	92,475	0,007	0,014	0,007	0,008	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th><th>0,082</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,02</th><th>0,082</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,02</th><th>0,082</th></ld<>	0,02	0,082
6	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,13</th><th>0,06</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>91,846</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,023</th><th>0,017</th><th>0,024</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,026</th><th>0,133</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,13</th><th>0,06</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>91,846</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,023</th><th>0,017</th><th>0,024</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,026</th><th>0,133</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,13	0,06	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>91,846</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,023</th><th>0,017</th><th>0,024</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,026</th><th>0,133</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>91,846</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,023</th><th>0,017</th><th>0,024</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,026</th><th>0,133</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	91,846	0,003	<ld< th=""><th>0,023</th><th>0,017</th><th>0,024</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,026</th><th>0,133</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,023	0,017	0,024	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,026</th><th>0,133</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,026</th><th>0,133</th></ld<>	0,026	0,133
7	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,097</th><th>0,056</th><th>0,019</th><th><ld< th=""><th>91,782</th><th>0,002</th><th>0,01</th><th>0,033</th><th>0,016</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,026</th><th>0,052</th><th>0,13</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,097</th><th>0,056</th><th>0,019</th><th><ld< th=""><th>91,782</th><th>0,002</th><th>0,01</th><th>0,033</th><th>0,016</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,026</th><th>0,052</th><th>0,13</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,097	0,056	0,019	<ld< th=""><th>91,782</th><th>0,002</th><th>0,01</th><th>0,033</th><th>0,016</th><th><ld< th=""><th>0,008</th><th>0,026</th><th>0,052</th><th>0,13</th></ld<></th></ld<>	91,782	0,002	0,01	0,033	0,016	<ld< th=""><th>0,008</th><th>0,026</th><th>0,052</th><th>0,13</th></ld<>	0,008	0,026	0,052	0,13
8	0,047	0,061	0,102	0,07	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>91,951</th><th>0,009</th><th>0,01</th><th>0,03</th><th>0,005</th><th>0,051</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""><th>0,11</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>91,951</th><th>0,009</th><th>0,01</th><th>0,03</th><th>0,005</th><th>0,051</th><th><ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""><th>0,11</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	91,951	0,009	0,01	0,03	0,005	0,051	<ld< th=""><th>0,037</th><th><ld< th=""><th>0,11</th></ld<></th></ld<>	0,037	<ld< th=""><th>0,11</th></ld<>	0,11
9	<ld< th=""><th>0,005</th><th>0,091</th><th>0,066</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>91,991</th><th>0,001</th><th>0,007</th><th><ld< th=""><th>0,023</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,048</th><th>0,048</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,005	0,091	0,066	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>91,991</th><th>0,001</th><th>0,007</th><th><ld< th=""><th>0,023</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,048</th><th>0,048</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>91,991</th><th>0,001</th><th>0,007</th><th><ld< th=""><th>0,023</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,048</th><th>0,048</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	91,991	0,001	0,007	<ld< th=""><th>0,023</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,048</th><th>0,048</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,023	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,048</th><th>0,048</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,048</th><th>0,048</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,048</th><th>0,048</th></ld<>	0,048	0,048
10	<ld< th=""><th>0,026</th><th>0,111</th><th>0,084</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>91,921</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,007</th><th>0,011</th><th><ld< th=""><th>0,089</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,136</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,026	0,111	0,084	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>91,921</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,007</th><th>0,011</th><th><ld< th=""><th>0,089</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,136</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>91,921</th><th>0,003</th><th><ld< th=""><th>0,007</th><th>0,011</th><th><ld< th=""><th>0,089</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,136</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	91,921	0,003	<ld< th=""><th>0,007</th><th>0,011</th><th><ld< th=""><th>0,089</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,136</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,007	0,011	<ld< th=""><th>0,089</th><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,136</th></ld<></th></ld<>	0,089	<ld< th=""><th>0,002</th><th>0,136</th></ld<>	0,002	0,136
11	<ld< th=""><th>0,043</th><th>0,109</th><th>0,089</th><th>0,002</th><th>0,116</th><th>91,869</th><th><ld< th=""><th>0,023</th><th>0,025</th><th>0,05</th><th>0,025</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,103</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,043	0,109	0,089	0,002	0,116	91,869	<ld< th=""><th>0,023</th><th>0,025</th><th>0,05</th><th>0,025</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,103</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,023	0,025	0,05	0,025	<ld< th=""><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,103</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,103</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,103</th></ld<>	0,103
12	0,143	0,035	0,09	0,053	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>92,181</th><th><ld< th=""><th>0,006</th><th><ld< th=""><th>0,014</th><th><ld< th=""><th>0,047</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,082</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>92,181</th><th><ld< th=""><th>0,006</th><th><ld< th=""><th>0,014</th><th><ld< th=""><th>0,047</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,082</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	92,181	<ld< th=""><th>0,006</th><th><ld< th=""><th>0,014</th><th><ld< th=""><th>0,047</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,082</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,006	<ld< th=""><th>0,014</th><th><ld< th=""><th>0,047</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,082</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,014	<ld< th=""><th>0,047</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,082</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,047	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,082</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,082</th></ld<>	0,082
13	0,133	0,027	0,108	0,087	0,037	<ld< th=""><th>91,981</th><th><ld< th=""><th>0,016</th><th>0,04</th><th>0,029</th><th><ld< th=""><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0,021</th><th>0,074</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	91,981	<ld< th=""><th>0,016</th><th>0,04</th><th>0,029</th><th><ld< th=""><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0,021</th><th>0,074</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,016	0,04	0,029	<ld< th=""><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0,021</th><th>0,074</th></ld<></th></ld<>	0,028	<ld< th=""><th>0,021</th><th>0,074</th></ld<>	0,021	0,074
14	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,044</th><th>0,075</th><th><ld< th=""><th>0,042</th><th>91,273</th><th>0,012</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,022</th><th>0,038</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,084</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,044</th><th>0,075</th><th><ld< th=""><th>0,042</th><th>91,273</th><th>0,012</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,022</th><th>0,038</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,084</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,044	0,075	<ld< th=""><th>0,042</th><th>91,273</th><th>0,012</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,022</th><th>0,038</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,084</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,042	91,273	0,012	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,002</th><th>0,022</th><th>0,038</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,084</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,002</th><th>0,022</th><th>0,038</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,084</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	0,002	0,022	0,038	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,084</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,084</th></ld<>	0,084
15	0,053	0,003	0,1	0,036	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>91,414</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,047</th><th>0,014</th><th>0,032</th><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0,048</th><th>0,053</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>91,414</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,047</th><th>0,014</th><th>0,032</th><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0,048</th><th>0,053</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	91,414	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,047</th><th>0,014</th><th>0,032</th><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0,048</th><th>0,053</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,047</th><th>0,014</th><th>0,032</th><th>0,028</th><th><ld< th=""><th>0,048</th><th>0,053</th></ld<></th></ld<>	0,047	0,014	0,032	0,028	<ld< th=""><th>0,048</th><th>0,053</th></ld<>	0,048	0,053
16	0,005	0,016	0,089	0,033	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>92,086</th><th>0,013</th><th>0,014</th><th>0,003</th><th>0,018</th><th>0,032</th><th>0,007</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,093</th></ld<></th></ld<></th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>92,086</th><th>0,013</th><th>0,014</th><th>0,003</th><th>0,018</th><th>0,032</th><th>0,007</th><th><ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,093</th></ld<></th></ld<></th></ld<>	92,086	0,013	0,014	0,003	0,018	0,032	0,007	<ld< th=""><th><ld< th=""><th>0,093</th></ld<></th></ld<>	<ld< th=""><th>0,093</th></ld<>	0,093

Elemento	As	Ba	Bi	Cd	Со	Cr	Cu	Li	Mo	Ni	Sc	Sr	Th	V	Y	Zn
Concentração(ppm)																
BRP-1	<lq< th=""><th>522</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>8,09</th><th>109</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>19,38</th><th>18,43</th><th>374</th><th><lq< th=""><th>342</th><th>26,56</th><th>130</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	522	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>8,09</th><th>109</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>19,38</th><th>18,43</th><th>374</th><th><lq< th=""><th>342</th><th>26,56</th><th>130</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>8,09</th><th>109</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>19,38</th><th>18,43</th><th>374</th><th><lq< th=""><th>342</th><th>26,56</th><th>130</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>8,09</th><th>109</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>19,38</th><th>18,43</th><th>374</th><th><lq< th=""><th>342</th><th>26,56</th><th>130</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	8,09	109	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>19,38</th><th>18,43</th><th>374</th><th><lq< th=""><th>342</th><th>26,56</th><th>130</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>19,38</th><th>18,43</th><th>374</th><th><lq< th=""><th>342</th><th>26,56</th><th>130</th></lq<></th></lq<>	19,38	18,43	374	<lq< th=""><th>342</th><th>26,56</th><th>130</th></lq<>	342	26,56	130
IF-G	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>22,12</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>22,12</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>22,12</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>22,12</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>22,12</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>22,12</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>22,12</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>22,12</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>22,12</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	22,12	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>1,55</th><th>32,26</th></lq<>	1,55	32,26
HM-01-A	<lq< th=""><th>2,44</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>301</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,57</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>396</th><th><lq< th=""><th>40,87</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	2,44	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>301</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,57</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>396</th><th><lq< th=""><th>40,87</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>301</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,57</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>396</th><th><lq< th=""><th>40,87</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>301</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,57</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>396</th><th><lq< th=""><th>40,87</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	301	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,57</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>396</th><th><lq< th=""><th>40,87</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,57</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>396</th><th><lq< th=""><th>40,87</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>43,57</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>396</th><th><lq< th=""><th>40,87</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	43,57	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>396</th><th><lq< th=""><th>40,87</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>396</th><th><lq< th=""><th>40,87</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>396</th><th><lq< th=""><th>40,87</th></lq<></th></lq<>	396	<lq< th=""><th>40,87</th></lq<>	40,87
HM-01-B	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>304</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,86</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>397</th><th><lq< th=""><th>42,71</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>304</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,86</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>397</th><th><lq< th=""><th>42,71</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>304</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,86</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>397</th><th><lq< th=""><th>42,71</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>304</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,86</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>397</th><th><lq< th=""><th>42,71</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>304</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,86</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>397</th><th><lq< th=""><th>42,71</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	304	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,86</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>397</th><th><lq< th=""><th>42,71</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>43,86</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>397</th><th><lq< th=""><th>42,71</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>43,86</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>397</th><th><lq< th=""><th>42,71</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	43,86	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>397</th><th><lq< th=""><th>42,71</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>397</th><th><lq< th=""><th>42,71</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>397</th><th><lq< th=""><th>42,71</th></lq<></th></lq<>	397	<lq< th=""><th>42,71</th></lq<>	42,71
НМ-01-С	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>292</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>41,90</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>379</th><th><lq< th=""><th>39,25</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>292</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>41,90</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>379</th><th><lq< th=""><th>39,25</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>292</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>41,90</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>379</th><th><lq< th=""><th>39,25</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>292</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>41,90</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>379</th><th><lq< th=""><th>39,25</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>292</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>41,90</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>379</th><th><lq< th=""><th>39,25</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	292	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>41,90</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>379</th><th><lq< th=""><th>39,25</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>41,90</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>379</th><th><lq< th=""><th>39,25</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>41,90</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>379</th><th><lq< th=""><th>39,25</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	41,90	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>379</th><th><lq< th=""><th>39,25</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>379</th><th><lq< th=""><th>39,25</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>379</th><th><lq< th=""><th>39,25</th></lq<></th></lq<>	379	<lq< th=""><th>39,25</th></lq<>	39,25
HM-05-A	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>694</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,02</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>563</th><th><lq< th=""><th>35,17</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>694</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,02</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>563</th><th><lq< th=""><th>35,17</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>694</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,02</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>563</th><th><lq< th=""><th>35,17</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>694</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,02</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>563</th><th><lq< th=""><th>35,17</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>694</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,02</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>563</th><th><lq< th=""><th>35,17</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	694	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,02</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>563</th><th><lq< th=""><th>35,17</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,02</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>563</th><th><lq< th=""><th>35,17</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>28,02</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>563</th><th><lq< th=""><th>35,17</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	28,02	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>563</th><th><lq< th=""><th>35,17</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>563</th><th><lq< th=""><th>35,17</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>563</th><th><lq< th=""><th>35,17</th></lq<></th></lq<>	563	<lq< th=""><th>35,17</th></lq<>	35,17
HM-05-B	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>6,38</th><th>700</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>571</th><th><lq< th=""><th>37,08</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>6,38</th><th>700</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>571</th><th><lq< th=""><th>37,08</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>6,38</th><th>700</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>571</th><th><lq< th=""><th>37,08</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>6,38</th><th>700</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>571</th><th><lq< th=""><th>37,08</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	6,38	700	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>571</th><th><lq< th=""><th>37,08</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>28,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>571</th><th><lq< th=""><th>37,08</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>28,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>571</th><th><lq< th=""><th>37,08</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	28,76	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>571</th><th><lq< th=""><th>37,08</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>571</th><th><lq< th=""><th>37,08</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>571</th><th><lq< th=""><th>37,08</th></lq<></th></lq<>	571	<lq< th=""><th>37,08</th></lq<>	37,08
НМ-05-С	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>6,39</th><th>709</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>30,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>575</th><th><lq< th=""><th>39,98</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>6,39</th><th>709</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>30,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>575</th><th><lq< th=""><th>39,98</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>6,39</th><th>709</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>30,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>575</th><th><lq< th=""><th>39,98</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>6,39</th><th>709</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>30,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>575</th><th><lq< th=""><th>39,98</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	6,39	709	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>30,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>575</th><th><lq< th=""><th>39,98</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>30,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>575</th><th><lq< th=""><th>39,98</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>30,76</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>575</th><th><lq< th=""><th>39,98</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	30,76	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>575</th><th><lq< th=""><th>39,98</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>575</th><th><lq< th=""><th>39,98</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>575</th><th><lq< th=""><th>39,98</th></lq<></th></lq<>	575	<lq< th=""><th>39,98</th></lq<>	39,98
																-

Apêndice B - Resultados obtidos na análise química das amostras via ICP-OES

Elemento	Be	Mn	Sb	Al	Fe	Ca	K	Mg	Na	Zr	Pb	Р	S	Si	Ti
Concentração(ppm)															
BRP-1	<lq< th=""><th>1562</th><th><lq< th=""><th>54718</th><th>84927</th><th>55035</th><th>13296</th><th>23494</th><th>20975</th><th>254</th><th><lq< th=""><th>2270</th><th>331</th><th>763</th><th>18422</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	1562	<lq< th=""><th>54718</th><th>84927</th><th>55035</th><th>13296</th><th>23494</th><th>20975</th><th>254</th><th><lq< th=""><th>2270</th><th>331</th><th>763</th><th>18422</th></lq<></th></lq<>	54718	84927	55035	13296	23494	20975	254	<lq< th=""><th>2270</th><th>331</th><th>763</th><th>18422</th></lq<>	2270	331	763	18422
IF-G	3,56	671	<lq< th=""><th>617</th><th>340508</th><th>10969</th><th><lq< th=""><th>11631</th><th>343</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>214</th><th>664</th><th>243</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	617	340508	10969	<lq< th=""><th>11631</th><th>343</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>214</th><th>664</th><th>243</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	11631	343	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>214</th><th>664</th><th>243</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>214</th><th>664</th><th>243</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<>	214	664	243	<lq< th=""></lq<>
HM-01-A	<lq< th=""><th>696</th><th><lq< th=""><th>253</th><th>580371</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>179</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,57</th><th>278</th><th>11598</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	696	<lq< th=""><th>253</th><th>580371</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>179</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,57</th><th>278</th><th>11598</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	253	580371	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>179</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,57</th><th>278</th><th>11598</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>179</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,57</th><th>278</th><th>11598</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>179</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,57</th><th>278</th><th>11598</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	179	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,57</th><th>278</th><th>11598</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,57</th><th>278</th><th>11598</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>53,57</th><th>278</th><th>11598</th></lq<>	53,57	278	11598
HM-01-B	<lq< th=""><th>700</th><th><lq< th=""><th>256</th><th>505480</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>176</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>58,72</th><th>118</th><th>11660</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	700	<lq< th=""><th>256</th><th>505480</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>176</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>58,72</th><th>118</th><th>11660</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	256	505480	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>176</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>58,72</th><th>118</th><th>11660</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>176</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>58,72</th><th>118</th><th>11660</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>176</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>58,72</th><th>118</th><th>11660</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	176	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>58,72</th><th>118</th><th>11660</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>58,72</th><th>118</th><th>11660</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>58,72</th><th>118</th><th>11660</th></lq<>	58,72	118	11660
НМ-01-С	<lq< th=""><th>682</th><th><lq< th=""><th>241</th><th>565954</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>179</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>46,36</th><th>171</th><th>11113</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	682	<lq< th=""><th>241</th><th>565954</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>179</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>46,36</th><th>171</th><th>11113</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	241	565954	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>179</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>46,36</th><th>171</th><th>11113</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>179</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>46,36</th><th>171</th><th>11113</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>179</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>46,36</th><th>171</th><th>11113</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	179	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>46,36</th><th>171</th><th>11113</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>46,36</th><th>171</th><th>11113</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>46,36</th><th>171</th><th>11113</th></lq<>	46,36	171	11113
HM-05-A	<lq< th=""><th>697</th><th><lq< th=""><th>298</th><th>581208</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>177</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>50,47</th><th>114</th><th>12499</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	697	<lq< th=""><th>298</th><th>581208</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>177</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>50,47</th><th>114</th><th>12499</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	298	581208	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>177</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>50,47</th><th>114</th><th>12499</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>177</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>50,47</th><th>114</th><th>12499</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>177</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>50,47</th><th>114</th><th>12499</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	177	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>50,47</th><th>114</th><th>12499</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>50,47</th><th>114</th><th>12499</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>50,47</th><th>114</th><th>12499</th></lq<>	50,47	114	12499
НМ-05-В	<lq< th=""><th>706</th><th><lq< th=""><th>301</th><th>587351</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>171</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>47,58</th><th>137</th><th>12604</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	706	<lq< th=""><th>301</th><th>587351</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>171</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>47,58</th><th>137</th><th>12604</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	301	587351	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>171</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>47,58</th><th>137</th><th>12604</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>171</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>47,58</th><th>137</th><th>12604</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>171</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>47,58</th><th>137</th><th>12604</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	171	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>47,58</th><th>137</th><th>12604</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>47,58</th><th>137</th><th>12604</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>47,58</th><th>137</th><th>12604</th></lq<>	47,58	137	12604
НМ-05-С	<lq< th=""><th>720</th><th><lq< th=""><th>324</th><th>597738</th><th>42,17</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>170</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,52</th><th>156</th><th>12751</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	720	<lq< th=""><th>324</th><th>597738</th><th>42,17</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>170</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,52</th><th>156</th><th>12751</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	324	597738	42,17	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>170</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,52</th><th>156</th><th>12751</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>170</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,52</th><th>156</th><th>12751</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	170	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,52</th><th>156</th><th>12751</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>53,52</th><th>156</th><th>12751</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>53,52</th><th>156</th><th>12751</th></lq<>	53,52	156	12751

Elemento	Be	Sc	Ti	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Rb	Sr	Y	Zr
Concentração(ppm)																
BRP-1	2,29	23,7	21538	368	9,09	34,78	25,89	143,60	120,95	22,29	12,62	0,99	33,72	484,89	38,45	308,66
IF-G	6,09	<lq< th=""><th>21,55</th><th>1,46</th><th>3,67</th><th>3,59</th><th>25,07</th><th>10,18</th><th><lq< th=""><th>0,60</th><th>40,29</th><th>1,49</th><th>0,27</th><th>2,49</th><th>7,59</th><th>0,62</th></lq<></th></lq<>	21,55	1,46	3,67	3,59	25,07	10,18	<lq< th=""><th>0,60</th><th>40,29</th><th>1,49</th><th>0,27</th><th>2,49</th><th>7,59</th><th>0,62</th></lq<>	0,60	40,29	1,49	0,27	2,49	7,59	0,62
HM-01-A	<lq< th=""><th>0,59</th><th>13623</th><th>423</th><th>353</th><th>5,68</th><th>52,31</th><th>6,01</th><th><lq< th=""><th>6,11</th><th>49,46</th><th>0,71</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,40</th><th>0,59</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	0,59	13623	423	353	5,68	52,31	6,01	<lq< th=""><th>6,11</th><th>49,46</th><th>0,71</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,40</th><th>0,59</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	6,11	49,46	0,71	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,40</th><th>0,59</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,40</th><th>0,59</th></lq<>	0,40	0,59
HM-01-B	<lq< th=""><th>0,61</th><th>13986</th><th>435</th><th>364</th><th>5,80</th><th>52,21</th><th>5,78</th><th><lq< th=""><th>6,32</th><th>51,16</th><th>0,68</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,07</th><th>0,20</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	0,61	13986	435	364	5,80	52,21	5,78	<lq< th=""><th>6,32</th><th>51,16</th><th>0,68</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,07</th><th>0,20</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	6,32	51,16	0,68	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,07</th><th>0,20</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,07</th><th>0,20</th></lq<>	0,07	0,20
НМ-01-С	<lq< th=""><th>0,48</th><th>11881</th><th>372</th><th>311,</th><th>5,04</th><th>42,39</th><th>2,25</th><th><lq< th=""><th>5,56</th><th>47,60</th><th>0,72</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,13</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	0,48	11881	372	311,	5,04	42,39	2,25	<lq< th=""><th>5,56</th><th>47,60</th><th>0,72</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,13</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	5,56	47,60	0,72	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,13</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,13</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,13</th></lq<>	0,13
HM-05-A	0,04	1,80	14221	595	792	12,3	33,15	3,00	<lq< th=""><th>7,83</th><th>49,27</th><th>3,92</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,10</th><th>0,29</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	7,83	49,27	3,92	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,10</th><th>0,29</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,10</th><th>0,29</th></lq<>	0,10	0,29
HM-05-B	<lq< th=""><th>1,58</th><th>13912</th><th>585</th><th>781</th><th>4,76</th><th>32,29</th><th>1,91</th><th><lq< th=""><th>7,67</th><th>49,71</th><th>0,75</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	1,58	13912	585	781	4,76	32,29	1,91	<lq< th=""><th>7,67</th><th>49,71</th><th>0,75</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	7,67	49,71	0,75	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,26</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,26</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,26</th></lq<>	0,26
НМ-05-С	<lq< th=""><th>1,61</th><th>13939</th><th>582</th><th>777</th><th>4,95</th><th>32,09</th><th>1,96</th><th><lq< th=""><th>7,79</th><th>52,43</th><th>0,78</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,21</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	1,61	13939	582	777	4,95	32,09	1,96	<lq< th=""><th>7,79</th><th>52,43</th><th>0,78</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,21</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	7,79	52,43	0,78	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,21</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,21</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,21</th></lq<>	0,21

Apêndice C - Resultados obtidos na análise química das amostras via ICP-MS (modo normal)

Elemento	Nb	Mo	Cd	In	Sn	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
Concentração(ppm)																
BRP-1	28,99	8,71	0,43	161,22	47127,17	11,07	0,55	532,85	39,39	85,68	10,83	46,83	10,15	3,19	9,44	1,41
IF-G	0,11	0,37	0,03	118,21	34906,69	8,46	0,19	2,48	2,00	2,93	0,35	1,46	0,34	0,33	0,55	0,10
HM-01-A	1,23	3,65	<lq< th=""><th>0,06</th><th>16,99</th><th>11,98</th><th>0,01</th><th>1,43</th><th>0,33</th><th>0,21</th><th>0,08</th><th>0,35</th><th>0,07</th><th>0,02</th><th>0,07</th><th>0,01</th></lq<>	0,06	16,99	11,98	0,01	1,43	0,33	0,21	0,08	0,35	0,07	0,02	0,07	0,01
HM-01-B	1,13	3,80	<lq< th=""><th>0,04</th><th>10,75</th><th>6,62</th><th>0,01</th><th><lq< th=""><th>0,10</th><th>0,14</th><th>0,02</th><th>0,10</th><th>0,02</th><th>0,004</th><th>0,02</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<></th></lq<>	0,04	10,75	6,62	0,01	<lq< th=""><th>0,10</th><th>0,14</th><th>0,02</th><th>0,10</th><th>0,02</th><th>0,004</th><th>0,02</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<>	0,10	0,14	0,02	0,10	0,02	0,004	0,02	<lq< th=""></lq<>
HM-01-C	0,98	3,16	0,15	0,14	39,49	12,50	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,08</th><th>0,14</th><th>0,02</th><th>0,06</th><th>0,01</th><th>0,01</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,08</th><th>0,14</th><th>0,02</th><th>0,06</th><th>0,01</th><th>0,01</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""></lq<></th></lq<></th></lq<>	0,08	0,14	0,02	0,06	0,01	0,01	<lq< th=""><th><lq< th=""></lq<></th></lq<>	<lq< th=""></lq<>
HM-05-A	0,33	0,48	0,83	0,05	13,02	6,75	<lq< th=""><th>5,60</th><th>0,09</th><th>1,26</th><th>0,02</th><th>0,07</th><th>0,01</th><th>0,01</th><th>0,01</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<>	5,60	0,09	1,26	0,02	0,07	0,01	0,01	0,01	<lq< th=""></lq<>
HM-05-B	0,31	0,19	<lq< th=""><th>0,06</th><th>16,08</th><th>5,13</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,04</th><th>1,17</th><th>0,01</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,01</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	0,06	16,08	5,13	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,04</th><th>1,17</th><th>0,01</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,01</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,04</th><th>1,17</th><th>0,01</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,01</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	0,04	1,17	0,01	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,01</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,01</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,01</th><th><lq< th=""></lq<></th></lq<>	0,01	<lq< th=""></lq<>
HM-05-C	28,99	8,71	0,43	161,22	47127,17	11,07	0,55	532,85	39,39	85,68	10,83	46,83	10,15	3,19	9,44	1,41

Elemento	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	T1	Pb	Bi	Th	U
Concentração(ppm)													
BRP-1	7,927	1,474	4,068	0,53	3,33	0,473	7,738	2,077	0,112	10,184	0,04	3,98	0,85
IF-G	0,722	0,180	0,580	0,08	0,53	0,081	0,021	0,033	<lq< th=""><th>9,309</th><th>0,05</th><th>0,08</th><th>0,02</th></lq<>	9,309	0,05	0,08	0,02
HM-01-A	0,052	0,011	0,029	0,0004	0,02	0,003	0,023	1,554	<lq< th=""><th>0,380</th><th>0,09</th><th>0,03</th><th>0,03</th></lq<>	0,380	0,09	0,03	0,03
HM-01-B	0,013	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,00</th><th><lq< th=""><th>0,001</th><th>0,012</th><th>1,450</th><th><lq< th=""><th>0,352</th><th>0,09</th><th>0,04</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,00</th><th><lq< th=""><th>0,001</th><th>0,012</th><th>1,450</th><th><lq< th=""><th>0,352</th><th>0,09</th><th>0,04</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	0,00	<lq< th=""><th>0,001</th><th>0,012</th><th>1,450</th><th><lq< th=""><th>0,352</th><th>0,09</th><th>0,04</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<>	0,001	0,012	1,450	<lq< th=""><th>0,352</th><th>0,09</th><th>0,04</th><th>0,02</th></lq<>	0,352	0,09	0,04	0,02
НМ-01-С	0,003	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,009</th><th>1,289</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,06</th><th>0,09</th><th>0,01</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,009</th><th>1,289</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,06</th><th>0,09</th><th>0,01</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,009</th><th>1,289</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,06</th><th>0,09</th><th>0,01</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,009</th><th>1,289</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,06</th><th>0,09</th><th>0,01</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,009</th><th>1,289</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,06</th><th>0,09</th><th>0,01</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	0,009	1,289	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,06</th><th>0,09</th><th>0,01</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,06</th><th>0,09</th><th>0,01</th></lq<>	0,06	0,09	0,01
HM-05-A	0,007	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,00</th><th><lq< th=""><th>0,002</th><th>0,012</th><th>0,544</th><th>0,181</th><th>0,395</th><th>2,78</th><th>0,31</th><th>0,04</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,00</th><th><lq< th=""><th>0,002</th><th>0,012</th><th>0,544</th><th>0,181</th><th>0,395</th><th>2,78</th><th>0,31</th><th>0,04</th></lq<></th></lq<>	0,00	<lq< th=""><th>0,002</th><th>0,012</th><th>0,544</th><th>0,181</th><th>0,395</th><th>2,78</th><th>0,31</th><th>0,04</th></lq<>	0,002	0,012	0,544	0,181	0,395	2,78	0,31	0,04
HM-05-B	0,002	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,014</th><th>0,507</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,03</th><th>0,01</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,014</th><th>0,507</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,03</th><th>0,01</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,014</th><th>0,507</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,03</th><th>0,01</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,014</th><th>0,507</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,03</th><th>0,01</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,014</th><th>0,507</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,03</th><th>0,01</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	0,014	0,507	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,03</th><th>0,01</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,03</th><th>0,01</th><th>0,02</th></lq<>	0,03	0,01	0,02
HM-05-C	0,002	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,010</th><th>0,465</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,04</th><th>0,08</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,010</th><th>0,465</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,04</th><th>0,08</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,010</th><th>0,465</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,04</th><th>0,08</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,010</th><th>0,465</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,04</th><th>0,08</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,010</th><th>0,465</th><th><lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,04</th><th>0,08</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<></th></lq<>	0,010	0,465	<lq< th=""><th><lq< th=""><th>0,04</th><th>0,08</th><th>0,02</th></lq<></th></lq<>	<lq< th=""><th>0,04</th><th>0,08</th><th>0,02</th></lq<>	0,04	0,08	0,02

Apêndice D- Resultados obtidos na análise química das amostras via LA-ICP-MS/LOPAG.

Fragmento 1 – HM-05

Elemento	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11
Na (ppm)	26,47	25,69	26,47	22,52	21,86	13,39	24,15	15,85	21,95	19,01	18,83
Mg (ppm)	27,89	14,98	24,26	29,25	41,31	30,7	26,62	32,15	39,95	31,48	28,88
Al (ppm)	377,75	418,73	422,25	468,41	482,51	417,28	412,1	420,6	436,77	427,52	347,55
Si (ppm)	1699,93	1711,69	1888,3	1794,28	1641,07	1471,09	2099,93	1579,01	1744,4	1783,3	1906,17
P (ppm)	<44,56	17,1	28,88	<26,99	<24,27	<20,74	<33,07	<31,60	<22,00	<31,86	<33,02
Ca (ppm)	220,36	<156,39	<130,67	<134,67	177,67	<132,54	231,67	<131,29	<138,65	373,68	<177,91
Sc (ppm)	1,9	2,22	2,5	2,86	3,11	2,46	2,34	2,39	2,55	3,05	2,49
Ti (ppm)	9182,82	9417,49	13400,13	10872,81	11498,25	9520,39	9255,49	9517,81	13760,72	12211,43	10457,43
V (ppm)	575,18	608,87	624,76	646,66	679,79	569,84	572,95	564,08	627,44	634,46	655,09
Cr (ppm)	920,46	1052,49	536,09	852,15	801,84	444,02	512,25	473,13	596,36	698,13	929,3
Mn (ppm)	5,27	4,09	6,24	6,16	7,03	5,82	5,76	5,51	7,59	6,18	4,96
Fe (ppm)	667865,75	667865,75	667865,75	667865,75	667865,75	667865,75	667865,81	667865,75	667865,75	667865,75	667865,81
Co (ppm)	3,78	4,26	4,8	4,04	4,54	3,41	3,83	3,67	4,5	4,61	3,28
Ni (ppm)	40,08	54,73	31,48	32,57	34,77	26,81	27,42	26,76	33,5	37,05	25,06
Zn (ppm)	5,98	6,17	7,89	7,14	7,88	6,03	5,56	6,1	8,84	7,78	7,05
Ga (ppm)	6,92	6,97	7,42	8,38	8,79	7,6	7,7	7,67	7,72	7,86	7,33
Y (ppm)	<0,084	<0,072	<0,055	<0,062	0,115	0,068	<0,069	<0,054	<0,057	0,072	0,082
Zr (ppm)	<0,46	<0,42	<0,35	<0,35	<0,34	<0,34	<0,40	<0,33	<0,35	<0,42	<0,44
Nb (ppm)	0,206	0,136	0,212	0,157	0,127	0,14	0,147	0,17	0,221	0,667	1,24
La (ppm)	0,096	<0,0139	<0,0109	0,011	<0,0108	0,0118	<0,0137	<0,0101	0,0202	<0,0182	0,0426
Ce (ppm)	0,007	<0,0069	0,0056	<0,0067	<0,0061	<0,0060	0,0073	0,0061	<0,0081	0,0088	<0,0071
Pr (ppm)	0,0351	0,0046	<0,0041	0,004	0,0082	<0,0037	<0,0035	<0,0037	0,0045	0,0092	<0,0071
Nd (ppm)	0,09	<0,037	<0,036	<0,033	<0,037	0,0479	<0,044	<0,039	<0,0229	0,051	0,054
Sm (ppm)	<0,053	<0,063	<0,048	<0,036	<0,037	<0,035	<0,031	<0,034	<0,041	0,047	<0,069
Eu (ppm)	<0,0159	<0,0173	<0,0147	<0,0147	<0,0137	<0,0154	<0,0183	0,0131	<0,0150	<0,0206	<0,0229
Gd (ppm)	<0,212	<0,203	<0,176	<0,185	<0,181	<0,189	<0,179	<0,156	<0,172	<0,195	<0,197
Tb (ppm)	0,0103	<0,0120	<0,0104	<0,0087	0,0136	<0,0145	<0,0121	<0,0077	<0,0093	<0,0147	<0,0125
Dy (ppm)	<0,077	<0,055	<0,054	<0,060	<0,048	<0,042	<0,052	<0,044	<0,049	<0,074	<0,054
Ho (ppm)	0,0102	0,0125	<0,0107	<0,0064	<0,0100	<0,0072	<0,0074	<0,0068	<0,0104	<0,0113	<0,0122
Er (ppm)	<0,061	<0,052	<0,050	0,035	<0,041	<0,050	<0,055	<0,042	<0,054	<0,058	<0,056
Tm (ppm)	<0,0106	<0,0110	0,0096	<0,0095	<0,0071	<0,0038	<0,0077	<0,0056	<0,0055	<0,0077	<0,0055
Yb (ppm)	<0,028	<0,049	<0,042	<0,039	<0,039	<0,039	0,03	<0,039	<0,037	<0,040	<0,053
Lu (ppm)	0,0096	0,0069	0,0153	<0,0098	<0,0048	0,0108	0,0094	0,0098	0,0116	<0,0108	<0,0088
Ta (ppm)	0,87	0,67	1,23	0,563	0,205	0,387	0,377	0,383	1,21	1,56	1,99
Pb (ppm)	0,17	<0,032	0,08	0,43	0,44	0,34	0,19	0,42	0,4	0,31	0,17
Th (ppm)	0,0131	0,002	<0,00229	<0,0040	0,017	0,041	0,018	0,0097	0,014	0,0078	0,0031
U (ppm)	0,0016	0,00152	0,00046	0,00106	0,00036	<0,00120	<0,00096	0,00079	<0,00125	0,00033	0,00043

Fragmento 2 – HM-05

Elemento	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10
Na (ppm)	26,3	32,76	13,82	29,4	25,38	26,22	8,93	20,89	14,64	23,5
Mg (ppm)	43,56	55,79	56,13	53,01	85,29	75,44	87,81	38,63	71,01	59,02
Al (ppm)	503,71	452,85	519,36	504,27	538,81	498,16	480,15	504,37	490,7	530,68
Si (ppm)	1597,52	1729,36	1345,69	1843,72	1966,63	1900,66	1256,02	1633,82	1415,74	1517,76
P (ppm)	<36.47	<33.57	24,69	<33.32	28,26	34,42	<27.90	<29.91	<26.28	<26.31
Ca (ppm)	325,85	<146.27	158,73	179,32	390,99	322,8	<153.18	<145.65	223,14	284,08
Sc (ppm)	3,14	2,83	3,19	2,78	3,08	3,59	3,1	3,26	3,5	3,3
Ti (ppm)	13224,6	12063,38	13243,27	15241,43	12804,86	15365,99	13077,79	13468,47	13899,23	13725,36
V (ppm)	648,05	587,1	658,34	621,75	657,67	672,67	624,72	688,42	674,72	649,61
Cr (ppm)	752,62	802,19	547,76	610,85	763,64	768,78	885,36	892,5	790,92	703,75
Mn (ppm)	7,51	8,02	8,48	7,73	7,65	9,71	8,01	7,95	8,84	9,96
Fe (ppm)	667865,75	667865,75	667865,75	667865,75	667865,75	667865,75	667865,69	667865,69	667865,69	667865,69
Co (ppm)	4,96	4,64	5,46	5,48	4,65	6,45	4,97	5,3	5,4	5,82
Ni (ppm)	38,59	32,32	43,09	40,57	38,28	45,75	37,72	41,46	45,63	43,09
Zn (ppm)	8,98	8,19	10,28	10,51	8,83	11,53	8,7	9,23	10,2	10,57
Ga (ppm)	8,93	8,28	9,65	8,37	8,67	9,48	9,3	8,92	9,26	9,88
Y (ppm)	0,13	< 0.063	< 0.064	< 0.070	0,132	< 0.057	0,091	< 0.059	< 0.072	0,114
Zr (ppm)	<0.43	< 0.38	<0.38	<0.44	< 0.39	0,62	< 0.38	< 0.36	< 0.43	0,69
Nb (ppm)	0,189	0,153	0,161	0,198	0,164	0,282	0,167	0,159	0,205	0,216
La (ppm)	0,0189	0,048	0,0144	0,0211	0,0384	0,0238	0,0374	0,0179	0,065	0,0157
Ce (ppm)	< 0.0075	0,0096	< 0.0075	0,0075	0,0084	0,0088	< 0.0078	< 0.0065	<0.0080	< 0.0061
Pr (ppm)	< 0.0055	0,0083	0,0087	0,0052	0,0058	0,005	0,0181	0,0067	0,0082	0,0082
Nd (ppm)	< 0.037	0,087	< 0.038	0,058	< 0.039	0,055	0,064	< 0.036	0,102	< 0.039
Sm (ppm)	< 0.049	0,037	< 0.046	0,064	0,051	0,092	0,071	< 0.037	< 0.056	< 0.047
Eu (ppm)	< 0.0177	< 0.0159	< 0.0140	0,0166	0,0228	< 0.0144	< 0.0136	< 0.0139	< 0.0180	< 0.0141
Gd (ppm)	< 0.211	< 0.171	< 0.183	< 0.189	< 0.168	< 0.181	< 0.180	< 0.173	< 0.173	0,159
Tb (ppm)	0,0221	0,0126	< 0.0162	< 0.0120	0,0079	0,0097	< 0.0125	< 0.0087	< 0.0164	< 0.0095
Dy (ppm)	< 0.053	< 0.050	0,051	0,185	< 0.050	< 0.056	< 0.058	< 0.061	< 0.072	< 0.056
Ho (ppm)	0,0109	0,0124	< 0.0097	< 0.0154	<0.0088	0,0133	< 0.0092	< 0.0087	0,0103	< 0.0123
Er (ppm)	< 0.053	< 0.051	< 0.056	0,052	< 0.055	< 0.053	< 0.043	< 0.038	< 0.068	0,056
Tm (ppm)	< 0.0040	< 0.0071	0,0087	< 0.0125	0,0047	< 0.0059	0,0081	0,0047	< 0.0072	0,0067
Yb (ppm)	< 0.052	< 0.051	< 0.048	< 0.037	< 0.044	0,029	< 0.049	0,033	< 0.028	< 0.041
Lu (ppm)	< 0.0133	< 0.0055	< 0.0075	< 0.0093	< 0.0083	0,0057	< 0.0072	< 0.0061	< 0.0102	0,0122
Ta (ppm)	0,222	0,192	0,244	0,85	0,27	1,03	0,105	0,446	0,84	0,373
Pb (ppm)	0,16	0,32	0,55	0,15	0,24	0,26	0,63	0,33	0,56	0,41
Th (ppm)	0,019	0,015	0,0016	0,0098	0,031	0,0084	0,0118	0,0054	0,0073	0,0079
U (ppm)	0,0016	< 0.00134	0,00111	< 0.0026	0,00129	< 0.00075	0,0014	0,00072	< 0.00144	0,00024

Fragmento 3– HM-05

Elemento	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10
Na (ppm)	43,1	21,87	26,26	24,73	19,99	18,83	20,49	25,05	20,35	15,24
Mg (ppm)	57,43	42,15	51,82	66,01	85,97	49,32	56,79	58,32	67,9	52,46
Al (ppm)	534,26	511,42	513,24	518,33	539,14	501,96	536,39	515,23	503,4	478,1
Si (ppm)	2209,57	1746,33	2007,91	1971,72	1910,12	1867,2	1737,01	1974,28	1644,51	1512,7
P (ppm)	<40.05	<42.31	<44.83	22,02	<34.45	<38.18	<31.16	24,84	<30.67	<32.52
Ca (ppm)	247,05	<177.30	<182.22	363,1	368,78	<193.71	341,38	<152.34	<157.64	201,61
Sc (ppm)	2,99	2,87	3,59	2,62	3,47	3,35	3,13	3,01	3,12	3,22
Ti (ppm)	16560,49	15109,42	14968,68	16237,54	16728,2	15866,32	15697,94	15109,88	16589,65	17042,09
V (ppm)	622,11	612,28	597,35	570,87	619,89	626,84	625,23	607,88	634,5	593,66
Cr (ppm)	928,8	904,01	847,69	802,48	867,18	932,93	604,2	754,35	769,66	720,47
Mn (ppm)	8,88	8,1	8,49	9,22	9,71	8,32	9,15	8,07	9,81	8,91
Fe (ppm)	667865,69	667865,69	667865,69	667865,69	667865,69	667865,69	667865,69	667865,63	667865,63	660714,31
Co (ppm)	5,61	5,64	5,95	6,01	7,32	6,32	6,15	6,23	6,66	7,1
Ni (ppm)	44,81	42,61	45,42	44,11	54,25	47,78	52,47	44,57	51,89	50,4
Zn (ppm)	10,34	9,91	11,43	11,72	12,38	11,05	10,68	10,75	11,71	12,56
Ga (ppm)	9,07	8,68	9,29	8,72	9,67	9,66	9,4	8,82	9,3	9,07
Y (ppm)	< 0.073	< 0.077	0,15	0,068	0,096	< 0.078	0,065	< 0.063	0,065	< 0.069
Zr (ppm)	<0.45	<0.46	<0.45	0,71	<0.48	<0.47	<0.44	0,58	< 0.38	< 0.39
Nb (ppm)	0,224	0,177	0,203	0,242	0,458	0,395	0,489	0,411	0,41	0,465
La (ppm)	< 0.0132	< 0.0149	< 0.0138	0,0265	< 0.0152	< 0.0130	0,0184	0,0125	0,0225	< 0.0109
Ce (ppm)	< 0.0088	< 0.0085	< 0.0064	< 0.0073	< 0.0078	0,0137	< 0.0083	< 0.0077	< 0.0070	< 0.0060
Pr (ppm)	< 0.0062	0,0052	< 0.0061	0,0048	0,0048	< 0.0061	0,0046	< 0.0042	< 0.0041	< 0.0049
Nd (ppm)	0,055	0,047	0,045	< 0.043	< 0.053	< 0.044	< 0.039	< 0.036	0,05	0,041
Sm (ppm)	0,056	< 0.062	< 0.057	< 0.060	< 0.056	< 0.073	< 0.062	< 0.043	0,037	< 0.053
Eu (ppm)	0,0139	< 0.0150	< 0.0162	< 0.0136	< 0.0167	< 0.0224	< 0.0181	0,014	< 0.0150	< 0.0194
Gd (ppm)	< 0.202	<0.188	< 0.194	0,285	< 0.217	< 0.202	0,189	< 0.155	< 0.172	<0.168
Tb (ppm)	< 0.0181	< 0.0149	< 0.0164	< 0.0129	0,0155	< 0.0111	< 0.0089	< 0.0097	< 0.0125	< 0.0129
Dy (ppm)	< 0.067	< 0.056	< 0.056	< 0.059	< 0.055	< 0.078	< 0.057	< 0.046	< 0.054	< 0.057
Ho (ppm)	< 0.0095	< 0.0134	< 0.0157	< 0.0132	< 0.0168	< 0.0125	0,0099	<0.0088	< 0.0095	< 0.0109
Er (ppm)	< 0.058	< 0.070	< 0.057	< 0.049	< 0.059	< 0.069	< 0.062	0,043	< 0.051	< 0.061
Tm (ppm)	0,0047	< 0.0106	< 0.0096	0,0056	< 0.0056	< 0.0144	0,0068	0,0054	0,0053	0,0074
Yb (ppm)	< 0.053	< 0.046	< 0.042	< 0.042	< 0.044	0,052	< 0.041	< 0.032	< 0.041	< 0.050
Lu (ppm)	0,0088	0,0119	< 0.0093	< 0.0064	< 0.0111	< 0.0072	< 0.0078	< 0.0079	< 0.0105	< 0.0071
Ta (ppm)	0,219	0,144	0,205	0,26	1,75	1,51	1,87	1,58	1,65	1,94
Pb (ppm)	0,22	0,19	0,21	0,24	0,61	0,18	0,2	0,42	0,42	0,104
Th (ppm)	0,012	0,0037	0,012	0,011	0,028	0,021	0,032	0,014	0,063	0,0044
U (ppm)	0,0015	0,00012	0,00102	< 0.00156	< 0.00142	0,00086	< 0.00104	< 0.00085	< 0.00113	0,00022

Fragmento 4 – HM-05

Elemento	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10
Na (ppm)	33,55	54	25,5	29,1	25,05	18,21	13,26	16,26	20,85	15,96
Mg (ppm)	93,19	89,4	103,44	123,2	93,29	86,9	80,18	109,83	82,6	86,43
Al (ppm)	494,37	522,08	535,04	477,66	494,78	512,31	488,09	484,31	525,39	517,26
Si (ppm)	1634,43	1937,06	1508,55	1649,62	1696,09	1399,71	1738,93	1411,43	1681,48	1777,04
P (ppm)	<31.84	<28.50	<51.51	<36.87	32,1	<43.54	<44.86	<27.09	<38.98	25,95
Ca (ppm)	462,1	271,7	275	376,77	331,04	314,7	397,21	222,76	205,32	<190.67
Sc (ppm)	3,19	3,57	2,71	2,66	2,57	3,08	3,39	3,17	3,14	3,12
Ti (ppm)	13111,83	14316,21	15707,93	15701,24	15231,94	13390,14	13210,2	13811,71	14297,84	14031,81
V (ppm)	633,49	654,75	606,31	608,15	606,7	648,18	654,57	621,95	625,14	632,22
Cr (ppm)	574,06	375,22	200,71	312,26	423,43	604,42	500,62	245,4	381,92	772,75
Mn (ppm)	8,93	8,88	9,74	8,68	8,24	9,24	8,55	8,47	8,96	8,58
Fe (ppm)	667865,63	667865,56	667865,56	667865,63	667865,63	667865,63	667865,56	667865,63	667865,56	667865,63
Co (ppm)	5,71	6,26	5,93	5,94	5,42	5,35	5,63	5,9	6,03	6,08
Ni (ppm)	48,19	53,93	53,99	50,75	51,61	50,39	52,27	50,62	53,39	53,9
Zn (ppm)	9,07	10,17	11,59	10,71	10,51	8,8	9,46	9,49	9,53	8,82
Ga (ppm)	9,12	9,22	8,72	8,25	8,55	8,83	9,42	8,56	8,69	8,65
Y (ppm)	0,098	0,178	0,113	0,217	< 0.074	0,117	0,091	0,099	0,097	< 0.070
Zr (ppm)	0,81	0,54	<0.48	< 0.38	<0.44	0,78	0,78	0,56	< 0.39	1
Nb (ppm)	0,14	0,303	0,244	0,221	0,236	0,159	0,156	0,47	0,49	0,308
La (ppm)	0,037	0,044	0,0172	0,047	0,044	0,048	0,039	0,049	0,37	0,032
Ce (ppm)	< 0.0067	0,0343	< 0.0076	< 0.0064	0,0162	0,0086	0,0123	0,0073	0,0075	0,0138
Pr (ppm)	0,0059	0,0113	0,0097	0,019	< 0.0067	< 0.0052	0,0101	0,0087	< 0.0045	< 0.0086
Nd (ppm)	0,039	0,092	0,073	0,085	0,058	< 0.041	< 0.043	0,061	< 0.042	< 0.039
Sm (ppm)	0,04	< 0.040	0,066	< 0.049	< 0.044	0,059	< 0.060	0,076	< 0.056	0,05
Eu (ppm)	< 0.0139	< 0.0176	< 0.0191	0,0228	< 0.0151	< 0.0176	< 0.0168	< 0.0146	< 0.0149	< 0.0168
Gd (ppm)	0,227	< 0.187	< 0.194	<0.175	< 0.204	< 0.167	< 0.182	< 0.147	< 0.149	0,156
Tb (ppm)	< 0.0092	< 0.0148	0,0138	< 0.0105	< 0.0174	< 0.0100	< 0.0139	< 0.0129	< 0.0118	0,0161
Dy (ppm)	0,062	< 0.080	< 0.066	< 0.056	0,09	< 0.058	< 0.073	0,056	< 0.057	< 0.067
Ho (ppm)	< 0.0089	< 0.0123	0,0107	< 0.0110	0,0172	< 0.0144	0,0131	< 0.0149	< 0.0110	0,0136
Er (ppm)	< 0.048	< 0.050	< 0.058	< 0.046	< 0.060	< 0.044	< 0.062	< 0.046	0,044	< 0.047
Tm (ppm)	< 0.0072	< 0.0087	0,0076	< 0.0080	< 0.0064	< 0.0037	< 0.0104	< 0.0044	< 0.0064	< 0.0077
Yb (ppm)	0,048	< 0.043	< 0.035	0,041	< 0.047	< 0.040	< 0.055	0,036	< 0.032	< 0.040
Lu (ppm)	< 0.0145	0,0084	0,0099	< 0.0124	< 0.0069	< 0.0091	0,0122	0,0069	< 0.0087	< 0.0069
Ta (ppm)	0,164	0,85	0,92	1,03	0,96	0,196	0,347	1,52	1,82	1,42
Pb (ppm)	0,28	0,24	0,2	0,3	0,29	0,29	0,21	0,31	0,38	0,22
Th (ppm)	0,01	0,049	0,013	0,015	0,022	0,013	0,0082	0,017	0,021	0,073
U (ppm)	0,4	0,071	0,0023	0,0069	0,032	0,004	0,051	< 0.00162	< 0.0020	0,02

Fragmento 5– HM-05

Elemento	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14
Na (ppm)	30,96	24,92	21,59	28,49	32,53	21,46	31,06	32,8	24,54	18,97	16,28	28,31	33,98	23,73
Mg (ppm)	29,09	39,87	27,19	24,96	35,32	37,66	30,46	23,44	23,04	31,34	29,37	50,13	32,06	29,27
Al (ppm)	480,48	466,13	470,32	422,76	321,43	441,51	477,77	462,52	480,22	463,15	325,51	417,62	511,77	353,74
Si (ppm)	1754,78	1672,69	1777,02	1794,38	2153,71	1559,04	1857,84	1865,28	1768,97	1791,13	1441,86	1510,59	1921,36	1388,58
P (ppm)	34,61	<21.82	<33.37	<32.90	<28.23	<21.69	<30.11	39,55	<37.08	<23.46	<31.74	<35.30	<45.71	<41.68
Ca (ppm)	217,67	274,76	<177.80	234,43	261,98	254,62	<177.07	<176.68	<178.98	192,22	<182.04	<156.72	<192.29	<192.57
Sc (ppm)	2,64	3,06	2,79	2,7	1,67	2,62	2,65	2,95	2,51	3,09	2,23	2,57	2,26	2,3
Ti (ppm)	10370,89	10325,91	10810,85	11595,48	9509,34	10512,09	11095,15	12017,23	10292,8	11883,28	10794,3	12989,29	10301,8	11600,82
V (ppm)	685,97	654,59	695,17	685,16	598,19	645,95	662,62	671,36	639,57	702,31	587,8	614,04	664	611,92
Cr (ppm)	1089,02	1320,46	815,96	670,15	239,87	824,11	1217,86	669,05	1399,88	756,86	259,58	850,45	1242,91	958,89
Mn (ppm)	4,72	6,09	4,35	4,77	4,61	6,62	4,37	4,98	4,49	5,59	4,88	6,46	4,76	5,03
Fe (ppm)	667865,5	667865,56	667865,56	667865,5	667865,5	667865,5	667865,5	667865,5	667865,5	667865,5	667865,5	667865,5	667865,56	667865,56
Co (ppm)	3,39	3,23	3,48	3,41	2,68	2,9	3,41	4,04	3,94	3,68	3,1	3,5	3,29	3,39
Ni (ppm)	23,08	19,17	25,63	16,8	17,67	16,99	27,12	33,36	35,95	20,76	18,5	26,79	28,71	18,22
Zn (ppm)	6,35	6,56	6,44	6,64	6,03	6,45	6,43	6,79	5,78	7,28	6,34	8,29	6,24	6,6
Ga (ppm)	7,77	7,8	7,97	7,28	6,67	7,39	7,45	7,13	7,3	7,75	6,77	7,2	7,62	7,06
Y (ppm)	< 0.077	0,108	< 0.068	< 0.062	< 0.056	< 0.054	< 0.065	< 0.065	< 0.065	0,095	< 0.067	<0.061	< 0.073	< 0.071
Zr (ppm)	< 0.45	<0.38	0,5	< 0.43	< 0.38	0,4	<0.41	0,52	< 0.41	< 0.43	< 0.43	< 0.38	<0.46	<0.48
Nb (ppm)	0,175	0,21	0,134	0,189	0,052	0,135	0,312	0,244	0,129	0,4	0,105	1,5	0,096	1,14
La (ppm)	< 0.0144	0,0144	0,036	0,016	0,0128	< 0.0095	< 0.0125	0,0152	< 0.0105	< 0.0126	0,0231	0,0202	< 0.0131	< 0.0138
Ce (ppm)	0,0083	0,0071	< 0.0070	0,0141	< 0.0074	< 0.0059	0,0111	< 0.0070	< 0.0067	0,0111	< 0.0068	< 0.0069	< 0.0078	0,0074
Pr (ppm)	0,0074	0,0084	< 0.0051	0,0049	0,0073	< 0.0046	0,005	< 0.0056	< 0.0071	< 0.0047	0,0042	0,0068	< 0.0056	0,0057
Nd (ppm)	< 0.032	0,044	< 0.035	< 0.033	< 0.034	< 0.043	< 0.046	< 0.039	0,03	0,051	0,043	0,035	< 0.045	< 0.058
Sm (ppm)	< 0.063	< 0.046	< 0.065	< 0.048	< 0.063	< 0.054	< 0.055	0,083	< 0.058	< 0.066	< 0.054	< 0.041	0,064	< 0.065
Eu (ppm)	0,0229	< 0.0118	< 0.0197	0,0126	< 0.0152	< 0.0133	< 0.0160	0,0132	< 0.0203	< 0.0195	< 0.0150	0,0137	< 0.0147	0,0231
Gd (ppm)	< 0.203	< 0.153	< 0.169	<0.191	< 0.159	0,171	< 0.158	<0.211	< 0.173	< 0.157	0,167	0,222	< 0.179	<0.192
Tb (ppm)	< 0.0147	< 0.0087	< 0.0122	<0.0118	<0.0086	< 0.0091	0,0143	< 0.0146	< 0.0126	< 0.0183	< 0.0154	0,0126	< 0.0100	0,0112
Dy (ppm)	< 0.065	< 0.050	0,083	0,095	< 0.057	< 0.059	< 0.074	< 0.067	< 0.067	< 0.071	< 0.072	< 0.079	< 0.065	0,069
Ho (ppm)	< 0.0140	< 0.0132	< 0.0139	< 0.0161	<0.0115	0,0166	< 0.0130	< 0.0129	< 0.0134	< 0.0143	0,017	< 0.0135	< 0.0154	< 0.0141
Er (ppm)	< 0.061	< 0.051	< 0.061	< 0.058	< 0.053	< 0.052	< 0.061	< 0.055	< 0.044	< 0.044	0,041	<0.042	0,057	< 0.063
Tm (ppm)	< 0.0067	0,0097	< 0.0075	< 0.0083	< 0.0068	< 0.0057	0,0083	< 0.0084	0,0045	< 0.0068	< 0.0062	0,0044	< 0.0046	< 0.0095
Yb (ppm)	0,042	< 0.037	< 0.027	< 0.048	< 0.025	< 0.029	< 0.049	< 0.046	< 0.045	< 0.057	< 0.038	0,044	< 0.058	< 0.037
Lu (ppm)	< 0.0130	0,0059	< 0.0078	<0.0117	<0.0113	< 0.0051	< 0.0115	< 0.0094	< 0.0085	0,0098	< 0.0050	< 0.0098	< 0.0086	< 0.0074
Ta (ppm)	1,02	1,11	0,95	1,28	0,186	0,54	1,55	1,19	0,65	2,33	0,46	5,64	0,51	2,32
Pb (ppm)	0,2	0,81	0,41	0,7	0,84	0,27	0,17	0,17	0,19	0,16	0,48	0,25	0,13	0,13
Th (ppm)	0,017	0,0088	0,027	< 0.0042	0,009	0,015	0,032	0,013	0,0062	0,007	0,009	0,016	0,0061	< 0.0081
U (ppm)	0,0098	0,00053	0,00054	0,0021	0,057	0,002	0,026	0,008	0,0017	0,0071	0,018	0,0012	< 0.00085	0,0016

Apêndice E- Resultados obtidos na análise química das amostras via LA-ICP-MS/Portsmouth, em ug/g

Fragmento 1:

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14	Ponto 15	Ponto 16	Ponto 17	Ponto 18	Ponto 19	Ponto 20
AI	187	188	171	174	193	192	180	193	154	201	209	192	171	156	175	171	185	184	147	186
Sc	2,11	2,00	1,76	1,86	2,40	<1,1	1,91	2,44	2,14	2,18	1,55	2,01	1,52	<1,1	1,62	2,64	<1,1	1,63	<1,1	1,74
Mn	129	109	128	93	107	125	97	100	130	126	126	90	100	81	113	118	62	61	85	145
Ga	8,83	8,61	8,48	8,23	8,39	8,26	8,53	8,64	8,81	8,39	8,78	8,65	8,17	7,42	7,73	7,81	8,46	8,30	7,57	8,91
Та	0,320	0,284	0,195	0,205	0,121	0,200	0,206	0,974	0,971	0,832	0,890	0,102	0,948	0,723	1,28	1,65	0,413	0,562	1,47	0,292
Pb	<0,021	<0,016	<0,018	<0,015	<0,015	0,0168	<0,016	<0,015	<0,022	<0,023	<0,015	<0,021	<0,018	<0,015	<0,018	<0,025	<0,018	<0,019	<0,021	<0,016

Fragmento 2:

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14	Ponto 15	Ponto 16	Ponto 17	Ponto 18	Ponto 19	Ponto 20
Al	257	311	252	281	287	267	277	262	261	272	265	286	237	228	219	246	244	266	235	243
Sc	1,31	2,93	1,97	3,11	2,72	2,43	2,1	2,4	1,8	2,88	2,41	2,4	2,81	1,92	1,82	2,32	<1,5	1,83	1,94	1,86
Mn	4,71	5,23	5,47	4,14	5,4	4,94	5,59	5,95	4,78	4,89	5,14	4,47	5,14	4,88	5,26	5,65	6,35	6,12	5,3	5,05
Ga	9,25	10,94	9,77	10,15	10,19	9,86	10,32	9,84	9,9	9,74	9,7	9,51	9,16	9,45	9,37	8,71	8,59	9,13	9,07	8,93
Та	0,525	0,598	0,495	0,464	0,424	0,49	0,337	0,152	0,162	0,136	1,044	0,13	0,247	0,109	0,119	0,179	0,136	0,174	0,135	0,106
Pb	<0,021	<0,014	<0,013	<0,019	<0,014	<0,016	<0,017	<0,017	<0,018	<0,026	<0,013	<0,021	<0,017	<0,015	<0,014	<0,018	0,314	<0,017	<0,013	<0,017

Fragmento 3:

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14	Ponto 15	Ponto 16	Ponto 17	Ponto 18	Ponto 19	Ponto 20
Al	307	326	303	340	303	333	294	319	320	313	335	295	289	302	337	356	340	312	345	334
Sc	2,15	2,29	2,14	3,11	1,93	2,08	2,74	2,58	2,5	1,88	2,74	1,56	2,57	1,84	2,5	4,12	3,03	1,77	4,1	2,62
Mn	6,55	6,83	6,09	6,18	5,74	7,53	6,5	7,43	7,86	7,96	7,72	6,19	6,7	7,48	5,32	6,46	6,64	6,48	6,36	4,6
Ga	8,46	8,81	9,02	9,32	8,47	8,7	8,82	9,1	9,14	8,38	8,61	8,54	8,5	8,47	9,07	8,51	9,27	8,41	8,82	8,63
Та	0,0687	0,955	1,009	1,156	0,674	0,937	0,585	1,072	1,117	0,314	0,219	0,205	0,26	0,278	0,116	0,099	0,104	0,084	0,09	0,129
Pb	<0,018	<0,019	<0,02	<0,022	<0,02	<0,023	<0,019	<0,023	<0,023	<0,019	<0,02	<0,0117	<0,018	<0,014	0,017	<0,02	<0,018	<0,02	<0,019	<0,017

Ferreira P. L. F. 2018, Desenvolvimento de Metodologia para Análise de Elementos Maiores...

Fragmento 4:

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14	Ponto 15	Ponto 16	Ponto 17	Ponto 18	Ponto 19	Ponto 20
Al	268	256	267	248	219	273	277	246	289	289	256	287	279	245	259	260	247	236	258	255
Sc	2,4	1,9	1,59	<1,6	1,58	2,64	2,76	2,32	2,49	2,13	2,66	2,33	2	2,64	2,36	2,71	2,81	2,16	2,31	2,54
Mn	180	208	233	187	226	193	161	101	163	148	164	182	185	184	146	114	180	175	186	141
Ga	9,11	9,45	9,57	9,74	9,58	9,74	10,35	9,94	10,28	9,94	9,92	10,01	10,48	9,89	10	9,69	10,25	10,79	10,37	9,84
Та	0,433	0,358	0,454	0,604	0,657	0,669	0,161	0,109	0,16	0,222	1,419	0,275	0,214	0,87	0,204	0,118	1,081	1,136	1,197	1,138
Pb	<0,019	<0,018	<0,019	<0,017	<0,015	<0,019	<0,023	<0,023	<0,019	<0,017	< 0,017	<0,015	<0,017	<0,016	< 0,017	<0,018	<0,016	<0,019	<0,02	<0,019

Fragmento 5:

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9	Ponto 10	Ponto 11	Ponto 12	Ponto 13	Ponto 14	Ponto 15	Ponto 16	Ponto 17	Ponto 18	Ponto 19	Ponto 20
Al	172	190	185	182	170	185	153	158	117	169	179	152	163	172	155	191	154	136	135	181
Sc	<1,4	2,39	2,09	<1,2	2,18	1,77	1,9	2,18	2,23	2,5	2,41	2,16	<1,4	2,11	1,84	1,93	2,21	<1,5	<1,6	1,73
Mn	2,22	3,25	2,55	2,22	<1,9	2,36	1,8	2,54	3,92	2,8	3,24	2,79	3,21	3,95	<1,9	<2	3,13	1,98	<3,2	2,73
Ga	8,88	8,92	9,4	8,71	9,05	9,24	8,86	8,96	8,42	9,28	8,33	8,4	8,34	8,09	9,13	9,35	9,41	8,46	8,6	9,3
Та	0,6	0,479	0,395	0,298	0,477	0,499	0,492	0,443	1,835	0,248	2,04	2,985	3,088	4,33	0,368	0,968	1,098	1,211	0,916	0,978
Pb	<0,024	<0,026	0,015	<0,023	<0,019	<0,021	<0,015	<0,042	0,285	<0,023	<0,022	<0,16	<0,02	<0,021	<0,019	<0,022	<0,02	<0,018	<0,026	<0,021