

## CARACTERIZAÇÃO DO MINÉRIO DE ZINCO, CHUMBO E PRATA DA MINA DO EXTREMO NORTE

T. D. FIGUEIREDO<sup>1</sup>, G. H. G. RODRIGUES<sup>2</sup>, P. H. L. SILVA<sup>3</sup>, F. C. NOGUEIRA<sup>4</sup>, C. A. PEREIRA<sup>5</sup>, K. F. RODRIGUES<sup>6</sup>

Universidade Federal de Ouro Preto<sup>1,2,3,4,5,6</sup>

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6885-465X><sup>1</sup>

thiagoduarte1926@hotmail.com<sup>1</sup>

Submetido 02/10/2020 - Aceito 25/04/2022

DOI: 10.15628/holos.2022.11276

### RESUMO

A jazida do Extremo Norte consiste em um corpo de minério de zinco, chumbo e prata predominantemente não sulfetado localizado na região de Vazante, Minas Gerais, Brasil. Devido a sua mineralogia complexa, o minério do Extremo Norte não apresenta bons índices de rendimento durante as etapas de beneficiamento, especialmente em relação aos minerais portadores de chumbo. Dessa forma, é fundamental o conhecimento das características do minério, a fim de determinar as principais propriedades e entender melhor seu comportamento, possibilitando melhorias nos processos de beneficiamento e o conseqüente aumento nos índices de recuperação. Sendo assim, este trabalho propõe a realização de estudos de caracterização do minério da

mina do Extremo Norte, determinando valores de massa específica e *work index*, além da realização da análise granulométrica, mineralógica e química do mesmo. A caracterização do minério evidenciou a hematita e dolomita como principais minerais constituintes, além da willemita, piromorfita e jalpalita como principais minerais de zinco, chumbo e prata do minério. Os teores dos elementos de interesse do minério foram determinados em 9,24% de zinco, 3630 ppm de chumbo e 9,3 ppm de prata, ocorrendo predominantemente em frações finas, inferiores à 38 µm. Os valores de *work index* e massa específica do minério foram determinados em 23,45 kWh/t e 3,71 g/cm<sup>3</sup> respectivamente.

**PALAVRAS CHAVE:** Jazida do Extremo Norte, minerais oxidados de zinco, chumbo e prata

### CHARACTERIZATION OF ZINC, LEAD AND SILVER ORE OF THE EXTREMO NORTE MINE

#### ABSTRACT

The Extremo Norte deposit consists of a predominantly non-sulfitized zinc, lead and silver ore body located in the Vazante region of Minas Gerais, Brazil. Due to its complex mineralogy, the ore of Extremo Norte does not present good recoverability indexes during the processing stages, especially in relation to lead-bearing minerals. Thus, it is essential to know the characteristics of the ore of Extremo Norte, in order to determine the main properties of it and better understand its behavior, enabling improvements in the processing processes and the consequent increase in recovery rates. Thus, this work proposes to carry out studies of characterization of the ore of the Extremo Norte mine, determining specific mass and work index values, in

addition to performing the granulometric, mineralogical and chemical analysis of the same. The characterization of the ore showed hematite and dolomite as the main constituent minerals, in addition to willemite, pyromorphite and jalpalite as the main minerals of zinc, lead and silver of the ore. The grades of the elements of interest of the ore were determined in 9.24% of zinc 3630 ppm of lead and 9.3 ppm of silver, occurring predominantly in fine fractions, lower than 38 µm. The values of work index and specific mass of ore were determined at 23.45 kWh/t and 3.71 g/cm<sup>3</sup> respectively.

**KEYWORDS:** Extremo Norte deposit, oxidized zinc, lead and silver minerals.



## 1 INTRODUÇÃO

As principais jazidas de zinco e chumbo no Brasil pertencem ao grupo Vazante, formação geológica que margeia o Cráton de São Francisco, na região noroeste de Minas Gerais (NEVES, 2011). Com cerca de 250 km de extensão, o grupo Vazante consiste no maior grupo mineral de zinco e chumbo da América do Sul (CUNHA et al., 2007).

Pertencente ao grupo Vazante, a jazida de mesmo nome se destaca como o principal corpo de minério de zinco e chumbo no Brasil, consistindo na maior jazida de minério willemítico do mundo (OLIVEIRA, 2013). Explorada atualmente em duas minas, as de Vazante e do Extremo Norte, a jazida é caracterizada por sua diversa assembleia mineralógica, sobretudo em relação ao minério da região do Extremo Norte.

A mina do Extremo Norte destaca-se pela ocorrência predominante de zinco, chumbo e prata na forma de minerais não sulfetados. Estima-se que o corpo de minério apresenta volume útil de 5,29 milhões de toneladas, com teores de 19,5% de zinco e 0,32% de chumbo (DIAS et al., 2015), explorado pela empresa Nexa Resources.

Durante sua formação geológica, o minério de Extremo Norte foi submetido a sequenciais processos de alteração hidrotermal, modificando a assembleia mineralógica da jazida, transformando o depósito sulfetado em um corpo de minério predominantemente oxidado (LEMOS, 2011). Desta forma, diferentemente do que se observa na mina de Vazante, a mineralogia da jazida de Extremo Norte destaca-se pela ocorrência reduzida de sulfetos, encontrados em maiores concentrações apenas na porção sul do corpo mineral (SLEZAK et al., 2014). De acordo com Lemos (2011), o minério de Extremo Norte é composto predominantemente por carbonatos (dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) e calcita ( $\text{CaCO}_3$ )) e hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) em fração considerável. Na jazida, os minerais de zinco e chumbo não sulfetados são encontrados principalmente na forma de willemita ( $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ ), hemimorfita ( $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}$ ) e piromorfita ( $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ ), ao mesmo tempo em que se nota a ocorrência de galena (PbS) e esfalerita (ZnS) como minerais sulfetados de chumbo e zinco (BABINSKI, 2005).

A variabilidade mineralógica observada, além de aumentar a complexidade do minério do Extremo Norte acarreta também em problemas operacionais durante as etapas de beneficiamento do mesmo. Atualmente, a concentração dos minerais de zinco, prata e chumbo do minério de Extremo Norte é realizada na usina de beneficiamento mineral de Vazante, responsável também pela concentração do minério da mina de Vazante. No circuito de beneficiamento, a flotação direta em células é o principal método de concentração mineral. O sistema de flotação da usina consiste na recuperação inicial dos sulfetos de chumbo e da prata elementar, utilizando o amil xantato de potássio como coletor. Os minerais de zinco, predominantemente silicatos, são recuperados por meio da sulfetização prévia dos mesmos, consistindo na adição de sulfeto de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) à polpa para ativação da superfície dos minerais de zinco, seguida pela adição do coletor amil xantato de potássio.



Embora alcance bons índices de recuperação do minério da mina de Vazante, o circuito de flotação apresenta uma queda considerável nos índices de concentração de chumbo quando há um aumento na fração de minério do Extremo Norte na alimentação da usina. Este fato pode ser explicado pelo circuito utilizado na usina de Vazante, onde o sistema dimensionado para a recuperação de sulfetos de chumbo não é eficiente para minerais oxidados como os encontrados no minério do Extremo Norte.

Dessa forma, o maior conhecimento a respeito das propriedades do minério do Extremo Norte é fundamental para otimizar o circuito de beneficiamento atualmente utilizado. Além disso, o domínio sobre as principais características do minério confere um relevante avanço no estudo de minerais não sulfetados de zinco e chumbo e de suas zonas de ocorrência. Neste sentido, desenvolveu-se esta pesquisa de caracterização, por meio da determinação de parâmetros importantes referentes ao minério, como massa específica, composição química, mineralogia, *work index* (WI) do minério e a distribuição de teores por faixa de tamanho. Para isso foram realizados ensaios de picnometria a gás, análise química via espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-AES), análise da composição mineralógica pelos métodos de difração de raios-X e *Mineral Liberation Analyser* (MLA), e determinação do WI pelo método de Bond.

## 2 METODOLOGIA

Os ensaios descritos no presente estudo foram realizados nos laboratórios do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Foi coletada uma amostra de aproximadamente 200 kg, produto da etapa de britagem da usina de beneficiamento de minérios da empresa responsável pela exploração do depósito. A preparação da amostra global incluiu etapas de homogeneização e quarteamento realizados com auxílio do quarteador carrossel, quarteador Jones e pelo método do tombamento em lona e pilha cônica, sendo utilizados de acordo com a dimensão da amostra que se desejou gerar para cada procedimento. A caracterização do minério foi dividida em três etapas, consistindo em caracterização física, química e mineralógica da amostra. O fluxograma da Figura 1 apresenta os métodos realizados.

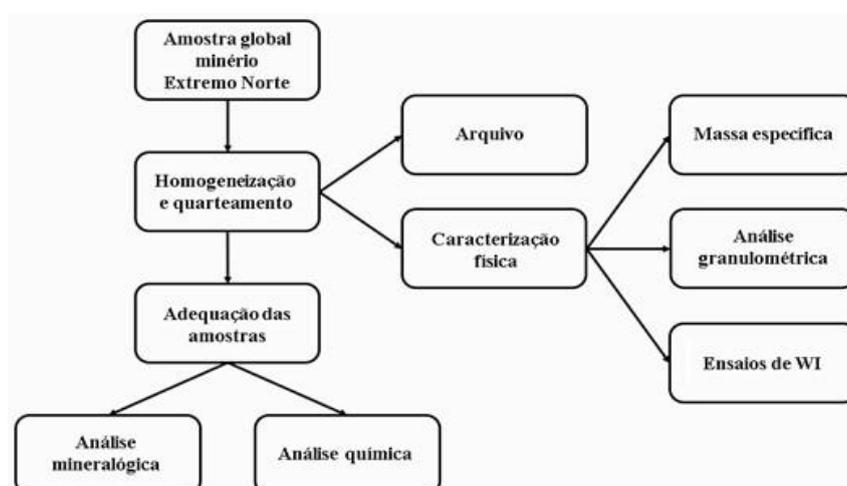


Figura 1: Metodologia para caracterização do minério do Extremo Norte.

## 2.1 Caracterização física

O primeiro procedimento para a determinação das características físicas do minério foi a análise granulométrica do material em estudo. O ensaio foi realizado por meio de peneiramento à úmido com a utilização de um peneirador suspenso para tal, cujas peneiras foram definidas segundo a série de Tyler, com aberturas compreendidas entre 6300 e 38  $\mu\text{m}$ , como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Série de peneiras utilizadas no peneiramento a úmido.

<b>1ª Bateria</b>	<b>Abertura (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	6300	4800	3400	2400	1700	1200	840	600
	<b>Mesh (#)</b>	3	4	6	8	10	14	20	28
<b>2ª Bateria</b>	<b>Abertura (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	425	300	212	150	104	74	53	38
	<b>Mesh (#)</b>	35	48	65	100	150	200	270	400

Os peneiramentos foram realizados em triplicata, com amostras de 200 g de minério. A fração passante na peneira de 38  $\mu\text{m}$  teve sua distribuição granulométrica determinada através de medições via granulômetro a laser CILAS 1064.

Para determinação da massa específica do minério de Extremo Norte, ensaios de picnometria a gás hélio foram realizados através do equipamento ULTRAPYC 1200e da marca Quantachrome. O preparo da amostra consistiu na pulverização de alíquotas de cerca de 30 g do minério até dimensões inferiores à 38  $\mu\text{m}$ . O procedimento foi realizado em triplicata, e o valor médio das três medições representou o valor final da massa específica do minério.

O comportamento do minério durante sua fragmentação foi avaliado a partir de ensaios de *work index* (WI). O WI corresponde à energia necessária para a fragmentação do minério de um tamanho teoricamente infinito até atingir um valor de  $P_{80}$  correspondente a 106  $\mu\text{m}$ . Este índice é dado em kWh por tonelada. A determinação do WI foi realizada pelo método de Bond, em duplicata e o valor médio dos resultados foi considerado, representando a resistência do minério à fragmentação.

## 2.2 Caracterização química

Foram realizados ensaios de análise química do minério, visando obter os teores dos principais elementos do material, incluindo chumbo, prata e zinco. As análises foram realizadas por meio de Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente, ou ICP AES.

Os ensaios foram inicialmente realizados com a amostra global, seguido pela análise granuloquímica do minério separadas por faixas de tamanho apresentadas na Tabela 2. A análise química para cada faixa granulométrica possibilitou avaliar a distribuição dos elementos de interesse na amostra.

Tabela 2: Faixas granulométricas utilizadas na análise química da amostra do minério.

Mesh	+65	-65 +100	-100 +150	-150+200	-200 +270	-270 +400	-400
$\mu\text{m}$	+212	-212 +150	-150 +104	-104 +74	-74 +53	-53 +38	-38

### 2.3 Caracterização mineralógica

Os ensaios de análise mineralógica foram realizados a fim de determinar a composição da amostra do minério de Extremo Norte. O minério teve sua composição mineralógica inicialmente definida por ensaios de difração de raios-X, por meio do método do pó total.

De forma complementar, também foram realizadas análises no equipamento Mineral Liberation Analyser (MLA), um microscópio eletrônico de varredura, capaz de determinar diferentes minerais existentes em uma amostra com limites de detecção mais reduzidos em relação ao DRX. O MLA determinou a mineralogia da amostra do Extremo Norte tanto de forma qualitativa, através da interpretação de espectros de dispersão de energia de raios-X (EDS), quanto de forma quantitativa, a partir da contagem de elétrons retroespalhados.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização dos experimentos, os resultados obtidos estão descritos neste tópico.

### 3.1 Caracterização física

A análise granulométrica completa do minério estudado está apresentada na Figura 2. Como observa-se, a amostra apresentou valores de  $P_{80}$  igual a 4700  $\mu\text{m}$  e  $P_{50}$  igual a 1980  $\mu\text{m}$ .

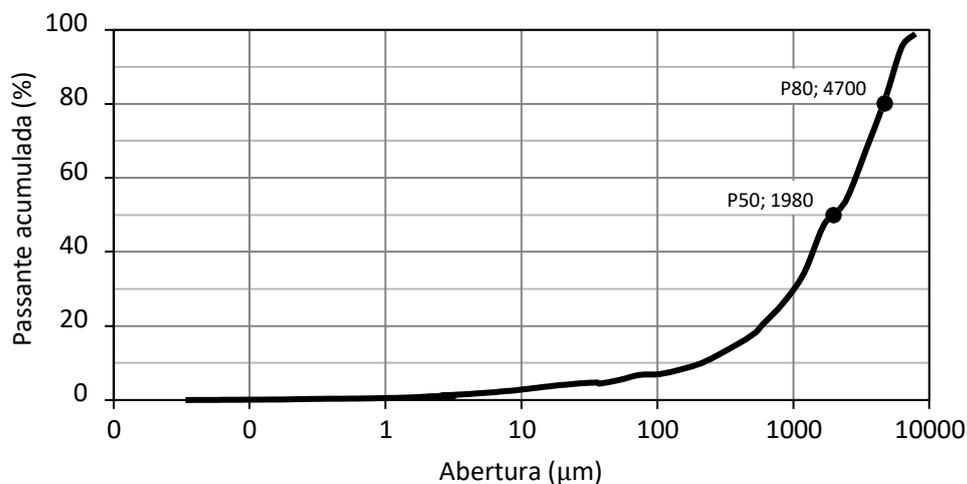


Figura 2: Distribuição granulométrica do minério britado do Extremo Norte.

Por se tratar de uma amostra proveniente de uma etapa de britagem, destaca-se a reduzida proporção de finos (<100  $\mu\text{m}$ ), além do controle do tamanho máximo das partículas, caracterizado pela interrupção abrupta da curva, provocada por um escalpe do mineral.

Os ensaios de picnometria a gás, realizados em triplicata determinaram o valor médio de densidade do minério do Extremo Norte. Os resultados obtidos estão representados na Tabela 3.

**Tabela 3: Resultados dos experimentos de picnometria a gás.**

Ensaio	Massa específica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
1	3,70
2	3,71
3	3,71
Média	3,71

A massa específica do minério foi de  $3,7087 \pm 0,007 \text{ g}/\text{cm}^3$ . Este valor corrobora a pesquisa realizada por Lemos (2011), que em estudos de correlação de teores de ferro + zinco com a densidade do minério de Extremo Norte determinou que ao longo da jazida, o corpo mineral deverá apresentar massa específica entre 2,8 e 4,1  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

A determinação do *Work Index* do minério do Extremo Norte permitiu avaliar a resistência do mesmo à fragmentação. Como observa-se na Tabela 4, o minério apresentou um índice de trabalho médio de 23,45 kWh/t.

**Tabela 4: Valores de WI do minério do Extremo Norte.**

Ensaio	Moabilidade média (gramas/revolução)	WI de Bond ( $\text{kWh}/\text{st}$ )	WI de Bond ( $\text{kWh}/\text{t}$ )
1	0,80	21,42	23,61
2	0,77	21,12	23,29
Média	0,79	21,27	23,45

O valor obtido se encontra dentro da faixa de valores definida por Beraldo (1987), que determina para minérios de zinco e chumbo valores de WI entre 7 e 26 kWh/t. Este índice, segundo

Freitas (2014) caracteriza a fragmentação do minério do Extremo Norte como muito difícil ( $WI > 18$ ), exigindo um consumo energético considerável nas etapas de moagem. A ausência de uma etapa de escalpe para retirada de finos também influenciou no valor final do *work index* do minério. Segundo Ferreira et al. (2015), a presença de partículas em dimensões inferiores à 0,15 mm na alimentação do ensaio promove um aumento de até 35,13% nos valores de WI do minério. Dessa forma, considerando que 8,31% da massa total da amostra em estudo consiste em partículas inferiores à 0,15 mm, presume-se que essa fração, embora em proporção reduzida, interferiu nos valores de WI determinados.

### 3.2 Caracterização química

A composição química do minério do Extremo Norte está mostrada na Tabela 5. Observa-se que dentre os metais encontrados, destacam-se os teores de zinco, chumbo e prata, definidos em 9,24%, 3630 ppm e 9,3 ppm respectivamente. Além disso, observa-se a presença considerável de ferro, cálcio e magnésio na amostra, evidenciando a presença de hematita e dolomita em grandes proporções no minério.

Tabela 5: Composição química do minério do Extremo Norte.

Elemento	Unidade de medida	Teor
Zn	%	9,24
Pb	ppm	3630
Ag	ppm	9,3
Fe	%	22,9
Ca	%	9,37
Mg	%	5,86
Al	%	0,63
Ba	%	0,217
K	ppm	600
Mn	ppm	580
S	ppm	500
Cd	ppm	418
P	ppm	350
Ti	ppm	300
V	ppm	109
Na	ppm	<100

Os resultados de análise química por faixa granulométrica do minério do Extremo Norte estão exibidos na Tabela 6.

Tabela 6: Análise granuloquímica do minério do Extremo Norte.

Faixa de tamanho ( $\mu\text{m}$ )	Massa de minério Retido (%)	Teor			Distribuição mássica dos elementos			Teores globais		
		Zn (%)	Pb (ppm)	Ag (ppm)	Zn (%)	Pb (ppm)	Ag (ppm)	Zn (%)	Pb (%)	Ag (%)
+212	4,27	6,17	2970	18,3	0,26	126,92	0,78	2,82	3,42	7,82
-212 +150	6,97	8,74	3190	7,5	0,61	222,24	0,52	6,61	5,99	5,22
-150 +104	13,92	9,32	3300	8,8	1,30	459,27	1,22	14,08	12,39	12,24
-104 +74	14,75	9,77	3350	9,5	1,44	494,17	1,40	15,60	13,33	14,04
-74 +53	8,55	9,86	3540	10,1	0,84	302,59	0,86	9,10	8,16	8,63
-53 +38	11,58	10,55	3830	11	1,22	443,54	1,27	13,22	11,96	12,74
-38	39,96	8,9	4150	9,8	3,56	1658,45	3,92	38,57	44,74	39,32
TOTAL	100				9,23	3707,19	9,98	100	100	100

Observou-se a predominância do zinco e chumbo da amostra nas frações mais finas do minério, principalmente na faixa inferior à 38  $\mu\text{m}$ , que contém cerca de 38,57% do Zn, 44,74% do Pb e 39,23% da Ag existentes na amostra. Essa predominância dos minerais em frações finas justifica-se pela formação geológica do depósito, que por se encontrar em uma zona de falha (LEMOS, 2011) foi submetido a um intenso grau de fragmentação e alteração, atuando significativamente nos minerais metálicos de interesse.

### 3.3 Caracterização mineralógica

O difratograma da amostra analisada por difração de raios - X reforçou a predominância de dolomita, willemita, hematita e quartzo no minério. O ensaio apresenta limites de detecção próximos à 5%, de forma que os minerais de chumbo e prata do minério, presentes em frações inferiores à 1% não foram identificados pela técnica.

A Tabela 7 apresenta a análise da amostra global do minério do Extremo Norte pelo MLA. Foi possível observar a predominância de óxidos e hidróxidos de ferro, como a hematita. Em proporções semelhantes observou-se a presença de dolomita no minério.

Tabela 7: Resultados de análise mineralógica via MLA.

Mineral	Unidade	Distribuição mássica por faixa de tamanho ( $\mu\text{m}$ )					
		+ 212	+150 -212	+74 -150	+38 -74	+25 -38	Global
Hidróxidos/ óxidos de Fe	%	3,66	4,32	15,74	6,04	12,38	42,13
Dolomita	%	0,41	2,33	9,59	4,45	20,74	37,51
Willemita	%	0,34	1,17	4,50	2,36	6,65	15,02
Clorita (Zn)	%	0,03	0,11	0,41	0,21	1,00	1,75
Quartzo	%	0,02	0,08	0,26	0,12	0,46	0,94
Willemita (Fe)	%	0,03	0,06	0,40	0,17	0,22	0,88
Barita	%	0,00	0,01	0,12	0,04	0,27	0,43
Mica	%	0,01	0,02	0,10	0,05	0,18	0,36
Gahnita	%	0,01	0,02	0,14	0,06	0,11	0,35
Franklinita	%	0,00	0,01	0,07	0,03	0,13	0,24
Piromorfita	Ppm	2,47	34,12	28,14	136,77	244,99	446,47
Esfalerita	Ppm	0,00	0,31	224,77	42,16	8,04	275,27
Clorita	Ppm	2,66	12,05	58,33	22,94	146,76	242,75
Galena	Ppm	5,27	13,42	78,88	61,54	50,35	209,46
Cerussita	Ppm	0,00	4,40	31,73	29,89	0,00	66,03
Descloizita	Ppm	0,00	0,00	5,85	0,00	0,00	5,85
Jalpalita	Ppm	0,00	0,14	0,37	0,00	0,00	0,51
Acantita	Ppm	0,00	0,03	0,00	0,12	0,00	0,15
Ag nativa	Ppm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outros	%	19,89	140,42	687,80	251,41	1351,66	2451,18
TOTAL	%	4,51	8,17	31,44	13,57	42,31	100

Em relação aos minerais de interesse, observou-se a willemita como principal mineral de zinco do minério, com teor próximo à 15%. A ocorrência da prata no minério do Extremo Norte se dá predominantemente na forma de jalpalita e acantita, minerais sulfetados com teores inferiores à 1 ppm, reafirmando a baixa ocorrência da prata no minério.

Observou-se que o principal mineral de chumbo do Extremo Norte consiste na piromorfita,

com teor de 446 ppm, enquanto a galena teve seu teor definido em 209 ppm. A ocorrência de chumbo na forma de cerussita e descloizita também foi observada, apresentando teores de 66 e 6 ppm, respectivamente.

Analisando a distribuição dos principais minerais de interesse por faixa de tamanho, destacou-se a ocorrência dos minerais portadores de zinco, chumbo e prata na faixa granulométrica mais fina do minério, de dimensões inferiores à 38  $\mu\text{m}$ . Com isso, salienta-se a dificuldade de recuperação destes minerais por métodos convencionais de beneficiamento.

## 4 CONCLUSÃO

As principais características físicas, químicas e mineralógicas do minério da mina do Extremo Norte foram determinadas após os ensaios propostos. A caracterização física indicou a massa específica do minério como 3,71  $\text{g}/\text{cm}^3$ , com valores de  $P_{80}$  e  $P_{50}$  de 4800 e 1980  $\mu\text{m}$ , respectivamente. O valor de *work index* do mineral foi igual a 23,45 kWh/t, sendo considerado de muito difícil fragmentação.

A análise mineralógica da amostra do Extremo Norte destacou a presença predominante de hematita e dolomita no minério. Os principais minerais de zinco, chumbo e prata do minério são a willemita, piromorfita e jalpalita, com teores de 15,02%, 446,47 ppm e 0,51 ppm, respectivamente. Os metais de interesse tiveram seus teores definidos em 9,24% de zinco, 3630 ppm de chumbo e 9 ppm de prata, distribuídos predominantemente nas frações inferiores a 38 $\mu\text{m}$ , que contêm aproximadamente 38, 57% do Zn, 44,73% do Pb e 39,28% da Ag existentes no minério.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e Fundação Gorceix pelo suporte na realização do presente artigo.

## 6 REFERÊNCIAS

- Babinski, M., Monteiro, L. V. S., Fetter, A. H., Bettencourt, J. S., Oliveira, T. F. (2005). Isotope Geochemistry of the Mafic Dikes From the Vazante Nonsulfide Zinc Deposit, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 18(3-4), 293-304. Elsevier BV.
- Beraldo, J. L. (1987). *Moagem de Minérios em Moinhos Tubulares*. São Paulo: Edgard Blucher.
- Cunha, I. A., Misi, A., Babinsky, M., S. Iyer, S. S. (2007). Lead Isotope Constraints on the Genesis Of Pb–Zn Deposits in the Neoproterozoic Vazante Group, Minas Gerais, Brazil. *Gondwana Research*, 11(3), 382-395. Elsevier BV.
- Dias, P.H.A., Marinho, M.S., Sotero, M.P., Vilela, F.T., Marques, E.D., Matos, C.A. (2015). *Metalogenia*



*das Províncias Mineraias do Brasil: Distrito Zinífero de Vazante, MG – Estado de Minas Gerais.* Brasília: CPRM-MME.

- Ferreira, K. C., Galery, R., Montenegro, L. C. M., Peres, A. E. C. (2015). Efeito do Escalpe no Work Index de Bond. *Revista Holos*, 7, 59-64. Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).
- Freitas, L. S. (2014). *Avaliação dos minérios itabiritos compactos e semi-compactos em um circuito de britagem da Samarco Mineração S/A.* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Lemos, M. G. (2011). *Caracterização Geológica e Tecnológica do Minério de Zinco do Extremo Norteda Mina de Vazante, Minas Gerais.* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.
- Neves, L. P. (2011). *Características Descritivas e Genéticas do Depósito de Zn-Pb Morro Agudo, Grupo Vazante.* (Dissertação de mestrado). Universidade Nacional de Brasília - UNB, Brasília, DF, Brasil.
- Oliveira, G. D. (2013). *Reconstrução paleoambiental e quimioestratigrafia dos Carbonatos Hospedeiros do Depósito de Zinco Silicatado de Vazante, MG.* (Dissertação de mestrado). Universidade de Brasília – UNB, Brasília, DF, Brasil.
- Slezak, Paul R., Olivo, G. R., Oliveira, G. D., Dardenne, M. A. (2014). Geology, Mineralogy, and Geochemistry of the Vazante Northern Extension Zinc Silicate Deposit, Minas Gerais, Brazil. *Ore Geology Reviews*. 56. 234-257. Elsevier BV.

#### COMO CITAR ESTE ARTIGO:

Figueiredo, T. D., Rodrigues, G. H. G., da Silva, P. H. L., Nogueira, F. C., Pereira, C. A., & Rodrigues, K. F. (2022). CARACTERIZAÇÃO DO MINÉRIO DE ZINCO, CHUMBO E PRATA DA MINA DO EXTREMO NORTE. *HOLOS*, 4. Recuperado de <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/11276>

#### SOBRE OS AUTORES

##### T. D. FIGUEIREDO

Mestre em Engenharia Mineral na Universidade Federal de Ouro Preto - Departamento de Engenharia de Minas - Ouro Preto – MG

E-mail: [thiagoduarte1926@hotmail.com](mailto:thiagoduarte1926@hotmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6885-465X>

##### G. H. G. RODRIGUES

Bacharel em Engenharia Mineral na Universidade Federal de Ouro Preto - Departamento de Engenharia de Minas - Ouro Preto – MG.

E-mail: [guilhermegualandi@hotmail.com](mailto:guilhermegualandi@hotmail.com)

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0483-3694>



**P. H. L. SILVA**

Graduando em Engenharia Mineral na Universidade Federal de Ouro Preto - Departamento de Engenharia de Minas - Ouro Preto – MG.

E-mail: [paulo.liberato@aluno.ufop.edu.br](mailto:paulo.liberato@aluno.ufop.edu.br)

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0051-9289>

**F. C. NOGUEIRA**

Doutora em Engenharia Mineral na Universidade Federal de Ouro Preto - Departamento de Engenharia de Minas - Ouro Preto – MG.

E-mail: [franciellenoguera@yahoo.com.br](mailto:franciellenoguera@yahoo.com.br)

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5912-011X>

**C. A. PEREIRA**

Professor Doutor em Engenharia Mineral na Universidade Federal de Ouro Preto - Departamento de Engenharia de Minas - Ouro Preto – MG.

E-mail: [pereirafop@gmail.com](mailto:pereirafop@gmail.com)

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0510-0257>

**K. F. RODRIGUES**

Mestre em Engenharia Metalúrgica na Universidade Federal de Ouro Preto - Departamento de Engenharia de Minas - Ouro Preto – MG.

E-mail: [karinefernandes.bio@hotmail.com](mailto:karinefernandes.bio@hotmail.com)

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2627-5411>

**Editor(a) Responsável:** Elenice M Schons Silva

**Pareceristas Ad Hoc:** Kelly Ferreira e Denilson da Silva Costa



Recebido 02 de outubro de 2020

Aceito: 25 de abril de 2022

Publicado: 28 de dezembro de 2022

