



ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA ETAPA *SCAVENGER* NO CIRCUITO DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE FERRO NA ETAPA DE CONCENTRAÇÃO MAGNÉTICA DA EMPRESA MINERAL DO BRASIL LTDA.

TEIXEIRA, F.P. L¹, MAGALHÃES, D.G.¹, LEITE, T.M. G.²

¹Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET), Departamento de Engenharia de Minas e Construção Civil

² Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral (PPGEM)

RESUMO

O presente estudo apresenta a análise da viabilidade de implantação da etapa *scavenger* no processamento de minério de ferro da empresa Mineral do Brasil LDTA., situada no município de Brumadinho-MG, região do Quadrilátero Ferrífero, com intuito de diminuir a porcentagem de minério de ferro no rejeito, assim como o montante de rejeito produzido. Houve a avaliação das variáveis operacionais da etapa de concentração magnética, sendo elas: porcentagens de sólidos da polpa na alimentação, volume de água de lavagem na operação e campo magnético. Foi utilizada uma amostra global de 15,2 kg, que passou por etapa de homogeneização, quarteamento, análise granulométrica e ensaios de concentração magnética, utilizando o separador magnético do tipo carrossel. A determinação dos teores da alimentação e dos rejeitos foi feita a partir do método de picnometria, enquanto o teor do concentrado foi determinado pela conservação das massas. Entre as variáveis analisadas a intensidade do campo magnético provou ser a mais influente, sendo que em campo de 10.430 gauss obteve-se os melhores resultados. O teste de melhor resultado apresentou um rejeito com teor de ferro de 22,79%, teor de concentrado de 51,87%, perda mássica de 56,68% e perda metalúrgica de 25,55%.

PALAVRAS-CHAVE: Minério de ferro, *Scavenger*, Concentração magnética.

ABSTRACT

The present study presents the feasibility analysis of the scavenger stage in the iron ore processing of the Mineral of Brazil LDTA., located in the city of Brumadinho-MG, region of Quadrilátero Ferrífero, in order to reduce the percentage of iron ore in the tailings as well as the amount of tailings produced. The operational variables of the magnetic concentration step evaluated were: percentage of pulp solids in the feed, volume of washing water in the operation and magnetic field. A global sample of 15.2 kg was used, which went through the stage of homogenization, quarrying, granulometric analysis and magnetic concentration tests, using the magnetic separator of the carousel type. The determination of feed and tailings contents was done using the pycnometry method, while the content of the concentrate was determined by the conservation of the masses. Among the analyzed variables the intensity of the magnetic field proved to be the most influent, being that in the field of 10,430 gauss the best results were obtained. The best result test had an iron content of 22.79%, a concentrate content of 51.87%, a mass loss of 56.68% and a metallurgical loss of 25.55%.

KEYWORDS: Iron ore, Scavenger, Magnetic concentration.

1. INTRODUÇÃO

A atividade de exploração mineral desenvolve papel importante na geração de riquezas no país, interferindo de forma considerável no Produto Interno Bruto do Brasil nos últimos anos (IBRAM, 2018). Dentre as *commodities* produzidas, o minério de ferro é considerado o mais importante, sendo responsável por 71,1% da produção total das 11 principais *commodities* metálicas (ANM, 2019).

A necessidade de inovação é frequente em vários setores, sendo que na mineração esse cenário não é diferente, principalmente em tempos de recessão, como os atuais. A crise de 2008 trouxe vários desafios relevantes para o setor mineral, provocadas pela baixa demanda por minerais e metais em escala global, ocasionando uma queda expressiva na atividade mineral, tanto no cenário nacional, quanto internacional (SANTOS, 2010).

No passado as reservas lavráveis de minério de ferro apresentavam alto teor do metal, no entanto, esse cenário vem mudando com passar dos anos. Essa mudança fez com que uma demanda em estudos que otimizem o beneficiamento mineral, afim de aumentar a recuperação metalúrgica no processo, surgisse (ROCHA & PERES, 2009). Dentre os vários estudos desenvolvidos nos últimos tempos, a utilização da separação magnética nas rotas de processos de minério de ferro vem ganhando relevância. Silva (2014), afirma que separadores magnéticos vêm trazendo resultados satisfatórios, aumentando a recuperação de ferro em processos com minérios de baixo teor e também no reprocessamento dos rejeitos.

O presente estudo apresenta a análise da viabilidade de implantação da etapa *scavenger* na concentração magnética do processamento de minério de ferro da empresa Mineral do Brasil LDTA. Com objetivo de reduzir o teor do rejeito atualmente produzido além da diminuição da massa do mesmo, visto que na empresa existe um problema duplo, pois além da perda metalúrgica, existe um elevado gasto com transporte do rejeito, que é arenoso.

2. METODOLOGIA

2.1. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

Nesse trabalho utilizou-se uma amostra de rejeito desaguado de minério de ferro, produto da etapa de concentração magnética. Antes da coleta da amostra, o mesmo havia passado por etapas de processamento, conforme mostrado no diagrama:

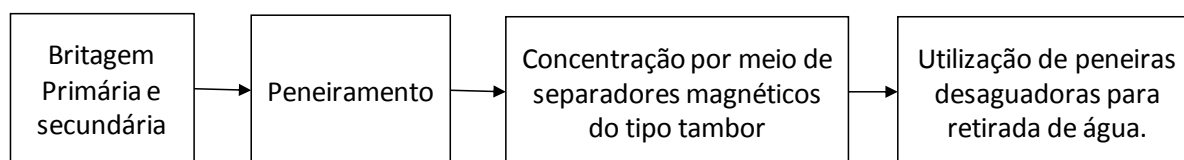


Figura 1. Etapas que a amostra de rejeito havia sido submetida antes da amostragem.

A primeira etapa de preparação da amostra foi a secagem, visto que essa apresentava uma umidade de 19,5%. As etapas subsequentes são descritas na figura 2.

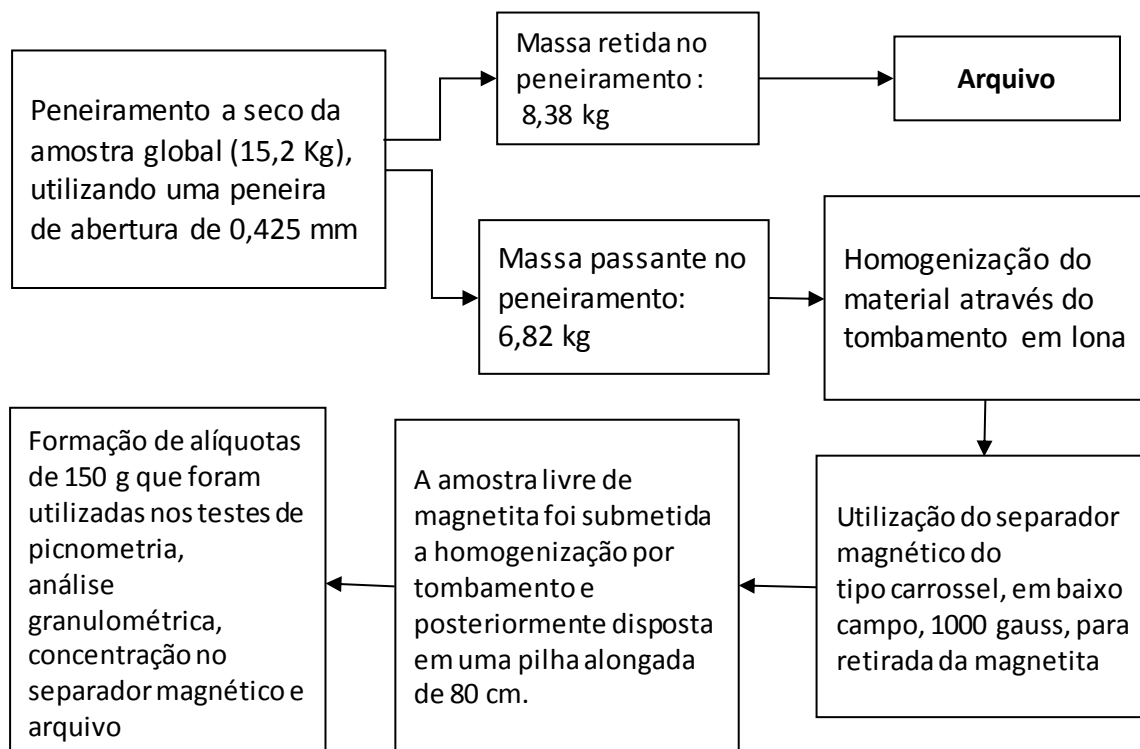


Figura 2. Fluxograma do processo de preparação da amostra.

2.1. PENEIRAMENTO

Essa etapa do processo foi realizada a úmido, utilizando um peneirador suspenso modelo PV-08 e marca CDC. A alimentação foi feita por uma das alíquotas de 150 g com objetivo de determinar a granulometria das partículas da amostra. A série de peneiras utilizadas segue descrita na tabela 1.

Tabela 1. Peneiras usadas no peneiramento.

Malha (Mesh #)	Abertura (mm)
35	0,425
48	0,300
65	0,212
100	0,150
150	0,104
200	0,074
325	0,045

Posteriormente, ao término do peneiramento, as alíquotas retidas em cada uma das peneiras foram levadas para estufa para secagem. Ao fim dessa etapa houve a pesagem do material para construção da curva granulométrica e determinação do d₈₀.

2.2. PICNOMETRIA E ENSAIOS DE CONCENTRAÇÃO MAGNÉTICA

Os testes de picnometria foram realizados tanto para alimentação, quanto para os rejeitos oriundos dos testes de concentração magnética. Afim de aumentar a confiabilidades

dos resultados, os ensaios nessa fase foram realizados em triplicata e utilizou-se a metodologia descrita por Sampaio *et al.*, (2007).

Nos ensaios de concentração magnética utilizou-se o separador magnético da INBRAS modelo L-4, juntamente com um alimentador, agitador e uma matriz EXP 12A. Os testes foram realizados em duplicatas, seguindo o planejamento descrito na tabela 2. Para os testes variou-se da porcentagem de sólidos da polpa, quantidade de água de lavagem e intensidade do campo magnético.

Tabela 2. Configuração dos testes de separação magnética realizados

Testes	% de Sólidos	Água de Lavagem(ml)	Campo (Gauss)
1	20%	500	7.000
2	40%	500	10.430
2	20%	500	10.430
4	40%	500	7.000
5	20%	250	10.430
6	40%	250	7.000
7	20%	250	10.430
8	40%	250	7.000

Após a realização dos testes de concentração magnética, os produtos foram levados para estufa a 100°C e após a secagem foi realizado a aferição das massas. Posteriormente realizou-se o teste de picnometria nos rejeitos e o arquivamento do concentrado.

2.3. DETERMINAÇÃO DO TEOR

Ao finalizar todos os testes, foi realizado a determinação dos teores dos rejeitos provenientes da etapa de concentração magnética. Para esse cálculo utilizou-se as densidades determinadas a partir dos testes de picnometria, a densidade da hematita e densidade do quartzo. Para isso considerou-se que a amostra era constituída somente de Hematita (que possui um teor de ferro de 70%) e Quartzo. Em seguida houve o cálculo dos teores do concentrado, da etapa de concentração magnética, que teve como base os valores do balanço de massa e da recuperação mássica dos produtos obtidos na etapa de separação magnética.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

O peneiramento foi realizado a seco, utilizando 7 peneiras com aberturas variando de 0,425 a 0,045 mm. A tabela 3 expressa os resultados obtidos nessa etapa.

Tabela 3. Resultados da análise granulométrica

Abertura (mm)	Malha (#)	Massa Retida	% Retido Simples	% Retido Acumulado	% Passante Acumulado
0,425	35	5,5	3,75	3,75	96,25
0,300	48	23,04	15,72	19,47	80,53
0,212	65	21,93	14,97	34,44	65,56
0,150	100	25,05	17,10	51,54	48,46
0,104	150	21,39	14,60	66,14	33,86
0,074	200	8,69	5,93	72,07	27,93
0,045	325	11,15	7,61	79,68	20,32
-0,045	-325	29,78	20,32	100	0
TOTAL	-	146,53	100	-	-

Nessa fase houve uma perda mássica de 3,47 g, valor esse que equivale a 2,31% da amostra inicial de 150g. É notório que a distribuição granulométrica do material está entre a faixa de 0,300 mm e 0,104mm. A partir dos dados da tabela acima plotou-se a curva granulométrica, conforme mostrado na figura 3 a seguir.

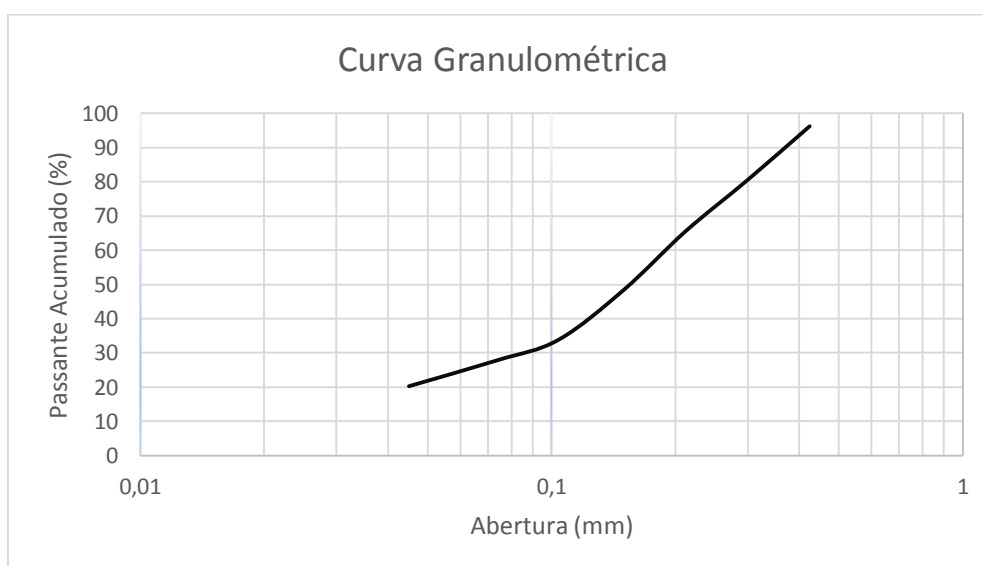


Figura 3. Curva granulométrica

Através dessa curva foi possível determinar o d80, sendo constatado que esse valor equivale a abertura de 0,300 mm. Dessa forma, 80% das partículas da amostra analisada são passantes na abertura de 0,300 mm.

3.2. PICNOMETRIA E DETERMINAÇÃO DO TEOR

A tabela 4 demonstra os resultados obtidos nos testes de picnometria realizados para o material utilizado na alimentação dos ensaios de concentração magnética. Através das massas aferidas em cada um dos casos foi realizado o cálculo da densidade da amostra, sendo o valor médio encontrado de 3,545 g/cm³.

Posteriormente, utilizando esse valor da densidade da amostra, determinou-se o teor de ferro presente no material que correspondia a 35,5%.

Tabela 4. Resultados teste de picnometria - Alimentação

Alimentação	Teste 1	Teste 2	Teste 3
Massa do Picnômetro	30,28	29,9	29,71
Massa do Picnômetro + Amostra	34,6	34,72	33,59
Massa do Picnômetro + Amostra + Água	84,12	84,08	82,98
Massa do Picnômetro + Água	81,06	80,57	80,2
Densidade do Sólido	3,428	3,679	3,527
Densidade Média do Sólido	3,545		

3.3. ENSAIOS DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA

Como se trata de uma etapa *scavenger*, o objetivo foi de aumentar a recuperação metalúrgica, diminuindo o teor de ferro no rejeito. Dessa forma, houve a variação dos parâmetros operacionais, analisando o comportamento em cada um dos casos, com intuito de alcançar a melhor combinação. Os resultados apresentados na tabela 5 são provenientes das médias para cada ensaio de concentração magnética com suas respectivas duplicatas.

Tabela 5. Resultado dos Testes da Concentração Magnética

Testes	%Sólidos	Água Lavagem (ml)	Campo (Gauss)	Teor de Fe Concentrado (%)	Teor Fe Rejeito (%)	Perda Mássica (%)	Perda Metalúrgica (%)
1	20%	500	7.000	59,03	32,66	90,01	58,21
2	40%	500	10.430	51,78	25,43	62,46	31,53
3	20%	500	10.430	59,31	21,9	64,22	27,87
4	40%	500	7.000	68,20	29,9	85,98	50,96
5	20%	250	10.430	54,32	23,67	62,11	29,13
6	20%	250	7.000	62,45	31,19	86,91	53,69
7	40%	250	10.430	51,87	22,79	56,68	25,55
8	40%	250	7.000	67,12	30,49	86,91	52,48

A partir dos resultados da tabela acima foi feita uma comparação entre os 8 testes, sendo analisado os valores do teor no rejeito, do teor no concentrado e a porcentagem de perda metalúrgica, com intuito de determinar qual a melhor combinação de variáveis operacionais para ser executada na etapa *scavenger* do material estudado. A figura 4 apresenta a comparação dessas variáveis.

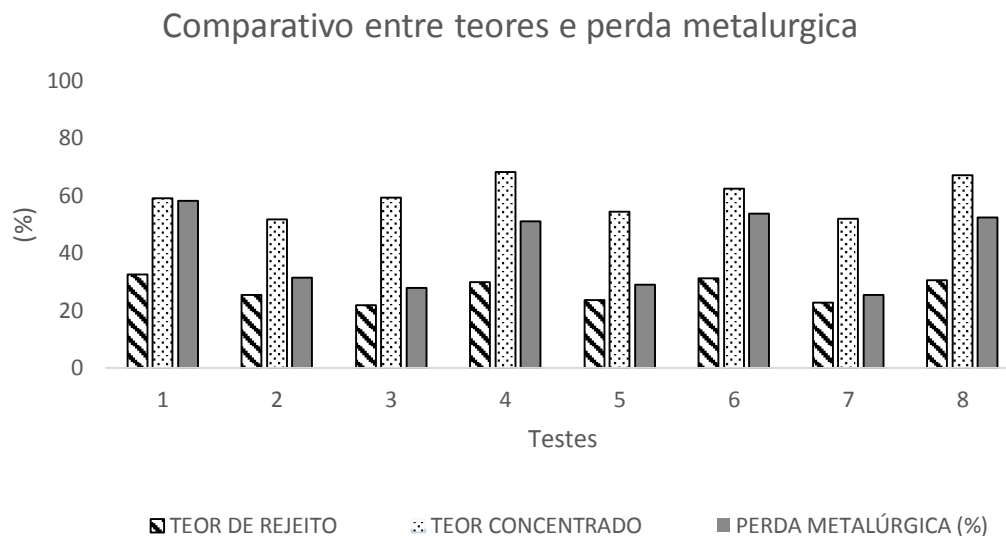


Figura 4. Gráfico comparativo entre teores e perda metalúrgica.

É notório que os melhores resultados encontrados foram nos testes 3 e 7, já que apresentaram menor teor de ferro no rejeito, diminuição de perda mássica e metalúrgica, isso quando comparado aos demais testes. Em ambos os casos o campo magnético utilizado foi o de mais alta intensidade, com valor igual a 10.430 gauss.

Já os piores resultados encontrados foram nos testes 1, 4, 6 e 8, pois esses apresentaram maior porcentagem de ferro no rejeito, maior perda mássica e metalúrgica. Em todos esses testes o campo utilizado foi de 7.000 gauss. Dessa forma quando se trata do parâmetro campo magnético, a melhor opção a ser utilizada é o campo de mais alta intensidade.

A variável água de lavagem e porcentagem de sólidos na polpa são menos relevantes quando comparadas ao valor do campo magnético utilizado no teste de concentração magnética. Isso porque foram encontrados resultados satisfatórios para ambas porcentagens de sólidos e também para os dois volumes de água de lavagem utilizadas nesse estudo.

A melhor combinação das variáveis foi encontrada no teste 7. Esse apresentou uma menor perda metalúrgica com valor igual a 25,55% e um teor de ferro no rejeito de 22,79%. Mesmo que nesse teste apresente um valor do concentrado menor, ainda assim esse supera o teor de alimentação da usina, fazendo com que a recirculação desse material seja vantajosa. Quanto ao valor da perda mássica, esse apresentou o menor valor dentre todos os testes realizados.

4. CONCLUSÕES

Através desse estudo foi possível analisar o comportamento do material de interesse sobre a implementação de uma etapa *scavenger* na fase de concentração magnética. Analisando os resultados encontrados, é notório que essa implementação pela empresa pode ser viável, pois do ponto de vista técnico mostrou-se bastante eficiente. A partir dessa etapa foi possível aumentar o teor de ferro no concentrado e diminuir o teor do rejeito, isso para todos os 8 testes analisados.

Dentre os vários cenários analisados, aquele que apresentou os melhores resultados foi o teste 7, que apresentou uma menor perda metalúrgica, com valor igual a 25,55%, e um teor de ferro no rejeito, de 22,79%. Também foi possível constatar que a variável mais expressiva nos testes foi o valor do campo magnético utilizado, sendo a melhor opção a ser utilizada o campo de 10.430 gauss. Já as variáveis, água de lavagem e porcentagem de sólidos na polpa por serem consideradas menos relevantes, podem se adaptar ao cenário mais vantajoso para a empresa.

5. REFERÊNCIAS

Anm. Anuário Mineral Brasileiro, Principais Substâncias Metálicas. 2019. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb_2018.pdf>. Acesso em 05/03/2019.

Ibram. Relatório anual de atividades – Julho de 2017 a julho de 2018. 2018 . Disponível em <http://portaldamineracao.com.br/ibram/wpcontent/uploads/2018/07/Diagrama%C3%A7%C3%A3o_Relat%C3%B3rioAnual_vers%C3%A3oweb.pdf>. Acesso em 07/03/2019.

Rocha. L, Peres A.E.C. Aproveitamento econômico das lamas de ferro. Revista Escola de Minas. 62(3):291-295. 2009.

Sampaio, J. A.; Franca, S. C. A.; Braga, P. F. A. Tratamento de Minérios: Práticas Laboratoriais. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

Santos, D.A.M. Avaliação econômica e financeira minério de ferro do projeto de minério de ferro eluvionar de Cassinga Norte em Angola. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2010.

Silva F.L. Aproveitamento e reciclagem de resíduos de concentração de minério de ferro na produção de pavers e cerâmica [dissertação]. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2014.