

# APROVEITAMENTO DO REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO: TENDÊNCIA E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO ATRAVÉS DE CONCENTRAÇÃO MAGNÉTICA

Aline da Luz Pascoal <sup>1</sup>  
 Filipe Mattos Gonçalves <sup>2</sup>  
 Thiago Guerra Cabral <sup>3</sup>  
 Alysson Antônio Borges <sup>4</sup>  
 Júnia Soares Alexandrino <sup>4</sup>  
 Otávia Martins Silva Rodrigues <sup>5</sup>

## Resumo

A crescente preocupação com a produção e descarte de rejeitos advindos da exploração mineral principalmente no que diz respeito aos fatores econômicos e ao meio ambiente, tem aguçado a procura por novos métodos de processamento que ajudem a minimizar este fato. Neste trabalho, foram avaliados e discutidos os dados de produção de um concentrado (*sinter feed*) em um circuito de concentração magnética na empresa Pedreira Um Valemix em Catas Altas/MG, tendo como alimentação da planta de beneficiamento um *blend* composto pelo rejeito outrora gerado nesta mesma planta (teor 40,00%) Fe e o ROM (teor de 42,00% Fe). Os resultados encontrados mostraram-se promissores, alcançando uma recuperação mássica e recuperação metalúrgica de, respectivamente 60,15% e 79,75%, e também geraram maior estabilidade do processo, prolongamento da vida útil da mina e maior receita devido à utilização de um produto que antes era considerado como rejeito. **Palavras-chave:** Minério de ferro; Rejeito; Concentração magnética; *Sinter feed* fino.

## REUSE OF IRON ORE TAILING: TREND AND PROCESS OPTIMIZATION BY MAGNETIC CONCENTRATION

### Abstract

The growing concern with the production and disposal of tailings from mineral exploration, especially regarding to economic and environmental factors, has sharpened the search for new processing methods that helps to minimize this fact. In this paper, the data of the production of a concentrate (fine sinter feed) in a medium and high intensity magnetic concentration circuit at Pedreira Um Valemix was be evaluated and discussed. The beneficiation plant was fed with a blend composed by the old pile waste (with 40.00% Fe content) and the run of mine (with 42.00% Fe content). The results were promising, achieving a mass recovery and metallurgical recovery of 60.15% and 79.75% respectively. Moreover, this added a greater stability on the process, prolonged the mine life and increased the revenue due to the use of a product that was once considered as ore tailing. **Keywords:** Iron ore; Waste; Magnetic concentration; Fine sinter feed.

### I INTRODUÇÃO

A necessidade de inovação é frequente no setor da mineração, assim como em qualquer outro mercado, principalmente nos tempos atuais em que o mundo se encontra em plena recessão. A crise econômica internacional que teve

início em setembro de 2008, levou o setor mineral (extração e transformação) a enfrentar desafios significativos provocados pelas quedas expressivas na atividade industrial em todo o mundo, tanto em países desenvolvidos quanto naqueles

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, João Monlevade, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Engenharia em Química, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

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

<sup>3</sup> Pedreira Um Valemix, Catas Altas, MG, Brasil.

<sup>4</sup> Departamento de Recursos Naturais, Ciências e Tecnologias Ambientais, Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, João Monlevade, MG, Brasil.

<sup>5</sup> Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, Ouro Preto, MG, Brasil.

\*Versão revisada de trabalho apresentado na ABM Week 2017, de 2 a 6 de outubro de 2017, São Paulo, SP, Brasil.



emergentes. Dessa forma, houve uma redução na procura por minerais e metais em escala global, acompanhada por uma forte queda dos preços internacionais das *commodities* minero-metalúrgicas [1].

A atividade mineradora que produz milhões de toneladas de minério de ferro também gera uma grande quantidade de rejeitos, que apresentam granulometria fina, baixo teor e não possuem valor agregado. No passado, as jazidas lavráveis possuíam alto teor de ferro, todavia com a exaustão desses depósitos observa-se necessidade de novos estudos relacionados ao aprimoramento no beneficiamento de minérios e no reaproveitamento de rejeitos [2]. Por exemplo, os estudos conduzidos por Zhang et al. [3] objetivaram a recuperação de ferro em barragens de cianeto por meio da redução da utilização de água de lixiviação e posterior uso da separação magnética, obtendo-se concentrados de ferro com teor de 59,11% e taxas de recuperação próximas à 75,00%. Outras pesquisas se propuseram a utilizar o método de magnetização da etapa de torrefação seguida da separação magnética para a recuperação de ferro a partir de lama vermelha e pilhas de rejeito [4-5].

Atualmente, tanto pequenas como grandes empresas do setor mineral lutam para fortalecer e diversificar o seu empreendimento, focando cada vez mais na sustentabilidade dos seus processos. Na Pedreira Um Valemix, a usina de beneficiamento mineral processa em torno de 125,00 t/h de minério de ferro a partir de minérios itabiríticos e hematita compacta, alcançando uma produção diária de 760,00 t de *sinter feed* fino. A concentração do minério de ferro é realizada num circuito de separação magnética utilizando separadores de média intensidade (WDRE) e de alta intensidade (WHIMS) com etapas *rougher*, *cleaner* e *re-cleaner*.

Arvidson [6] afirma que os separadores magnéticos vêm apresentando resultados satisfatórios quando considerados para a recuperação de minério de ferro de baixo teor e também de rejeitos. Assim, devido à redução dos teores de ferro nos minérios que alimentam as usinas é necessário desenvolver processos adequados ao beneficiamento de minérios de baixo teor e/ou capazes de recuperar o ferro contido nesses rejeitos [7].

A recuperação da fração valiosa de bens minerais contida nos rejeitos depende da disponibilidade de tecnologia e dos custos associados ao processo, considerando-se as características do rejeito e do minério como distribuição granulométrica, teor do metal útil e teor dos contaminantes [8]. Essa reutilização também permite um melhor aproveitamento da lavra e maiores taxas de recuperação, tendo em vista a sustentabilidade, maiores ganhos na produção e na geração de receita para a indústria.

Neste contexto, os fatores determinantes para o surgimento de uma essencial inovação na Pedreira Um Valemix foram o baixo preço do minério de ferro, a crise econômica e a necessidade do prolongamento da vida útil da mina. Sendo assim despontou-se uma alternativa focada no possível reprocessamento do rejeito de minério de ferro da pilha antiga (outrora depositada com teores mais altos) e

que poderiam ser inseridos no circuito de beneficiamento. Portanto, este trabalho tem como objetivo a avaliação da produção de um concentrado de minério de ferro a partir do aproveitamento de um material estocado anteriormente como rejeito. Através da sua utilização pretendem-se intensificar a viabilidade do empreendimento e o prognóstico de atuação no mercado, de forma a gerar um produto que continue a atender as especificações dos clientes.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho consistiu na coleta das amostras do rejeito na Pedreira Um Valemix e em seguida realizou-se a análise granulométrica desse rejeito por peneiramento a seco, em peneiras de laboratório com malhas compreendidas entre 2,00 mm a 0,15 mm (série Tyler). Já as análises químicas quantitativas foram executadas em amostras globais do rejeito e dos fluxos da concentração utilizando a espectrometria atômica de plasma acoplado, para determinação dos teores: Fe total, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, P, TiO<sub>2</sub>, Mn e PPC.

Desta forma, para se confirmar a qualidade do concentrado gerado a partir do *blend* entre o rejeito e o ROM (*Run of Mine*), foi coletado amostras da alimentação, do concentrado e do rejeito em escala industrial.

O fluxograma do circuito da planta de beneficiamento da Pedreira Um Valemix em Catas Altas/MG está apresentado na Figura 1. Neste circuito de beneficiamento são empregados dois separadores magnéticos, um de média intensidade (WDRE) para a limpeza inicial do minério de ferro utilizando-se um campo magnético de 6.000 Gauss, e outro separador magnético de alta intensidade (WHIMS) que utiliza um campo magnético em torno 10.500 Gauss em matrizes de 3,00 mm.

Cabe ressaltar que o *sinter feed* comercializado pela Pedreira Um Valemix deve atender especificações de qualidade químicas e granulométricas exigidas pelo seu mercado consumidor. De acordo com especificação granulométrica, o *sinter* deve apresentar 15,00% de retido na malha de 1,00 mm e 50,00% de passante na malha de 0,15 mm. Já a relação das especificações químicas está descrita na Tabela 1, sendo o limite inferior e o limite superior respectivamente relativo ao teor mínimo e máximo aceitável para comercialização e a meta referente ao teor almejado pela empresa.

**Tabela 1.** Especificação química de qualidade quanto ao teor

Teor	Especificação Química						PPC
	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	Mn	Umidade	
Limite Superior (%)	ne*	8,00	1,00	0,03	0,10	9,00	ne*
Meta (%)	64,07	7,24	0,40	0,01	0,06	8,00	ne*
Limite Inferior (%)	63,00	ne*	ne*	ne*	ne*	ne*	ne*

\*ne: não especificado.

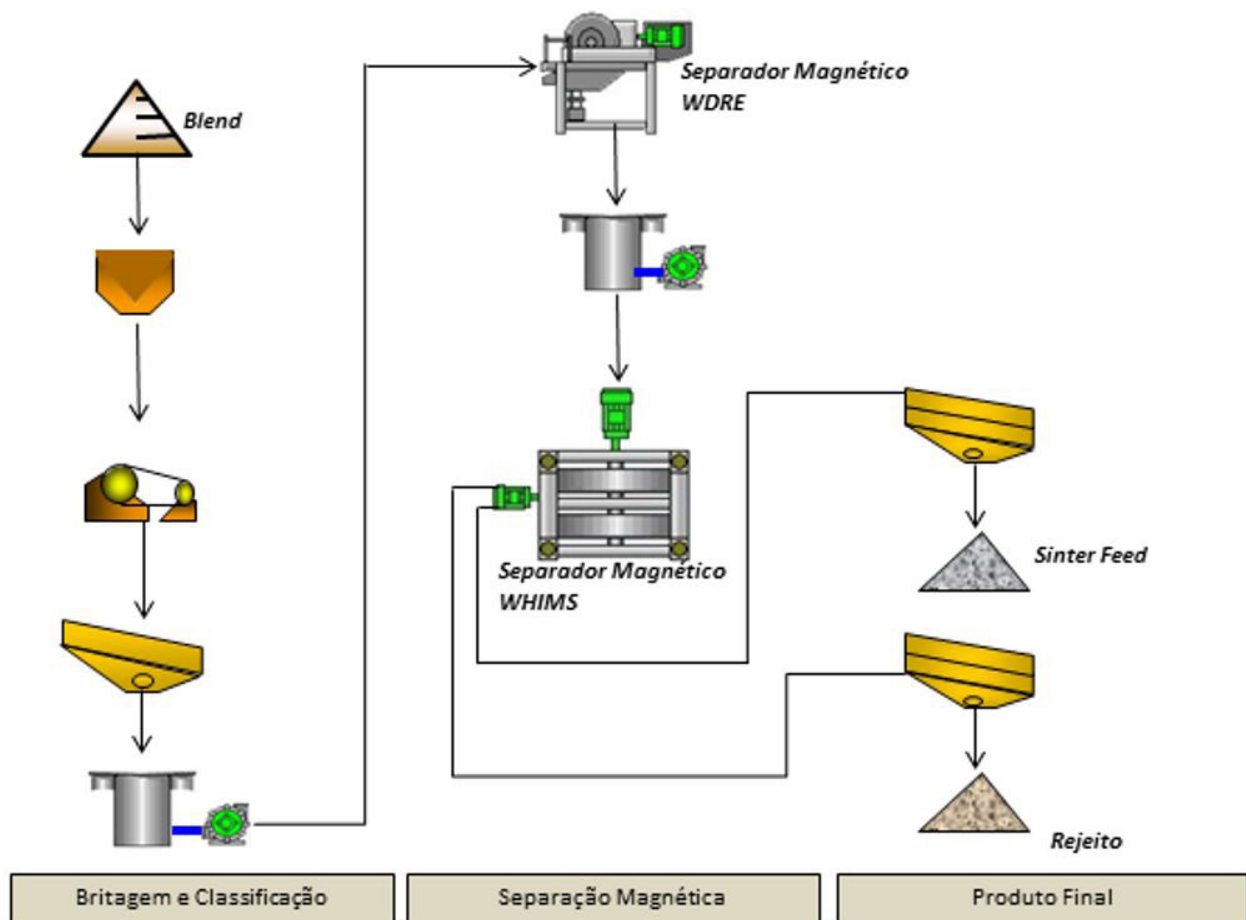


Figura 1. Circuito de concentração da usina de processamento mineral.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a distribuição granulométrica do rejeito.

A curva de distribuição granulométrica demonstrou que as partículas do rejeito possuem granulometria de 80% > 1,00 mm e 45% < 0,15 mm, sugerindo que não há necessidade de redução excessiva de granulometria, pois conforme a especificação granulométrica o material já está próximo de atender a granulometria dos produtos comercializados pela empresa. Além disso, também atende a granulometria requerida pelo circuito de processamento mineral (-3,00 mm). Logo, a cominuição do rejeito possibilitou a liberação dos minerais, o que beneficiou a melhor exploração das diferenças das propriedades magnéticas.

Ademais, encontra-se relatado na Tabela 2 os resultados obtidos referentes às análises químicas de amostras dos materiais que foram utilizados no *blend*, o rejeito da pilha e o ROM.

As análises químicas das amostras de rejeito revelaram que estes materiais possuem um teor considerável de ferro, portanto foi fundamentado o reprocessamento por concentração magnética do rejeito da pilha. Esses resultados constataram a viabilidade técnica para a realização do *blend*

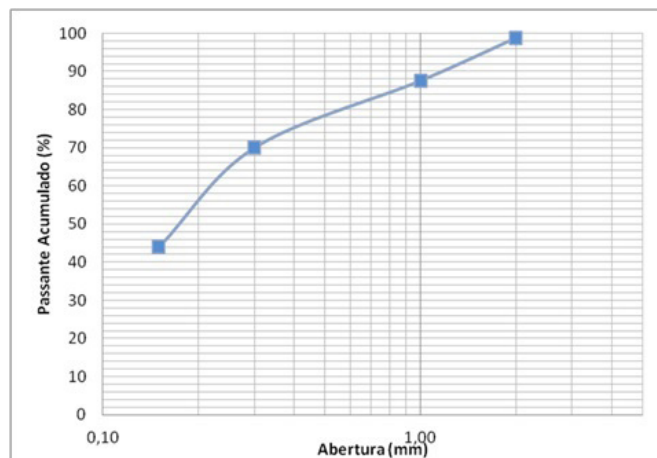
Tabela 2. Análise química de amostras utilizadas no *blend*

Teor	Análise Química (%)						
	Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	Mn	TiO <sub>2</sub>	PPC
Rejeito 1	47,56	32,05	0,98	0,033	0,014	0,076	4,17
Rejeito 2	48,24	30,51	0,84	0,047	0,092	0,042	2,87
Rejeito 3	43,72	35,85	1,16	0,034	0,115	0,109	1,91
Produto da britagem	48,60	31,50	1,25	0,005	0,050	0,015	0,61

(atingindo um teor acima do esperado) e a sua posterior utilização na alimentação na planta de processamento mineral. A Tabela 3 apresenta os resultados das análises químicas dos fluxos do circuito da concentração por separação magnética.

Por meio da tabela acima, verificou-se que os resultados obtidos para os fluxos do circuito de concentração atenderam as especificações químicas (Tabela 1) dos produtos comercializados pela empresa e, que os valores de recuperação em massa e metalúrgica de 60,15% e 79,75% respectivamente, são satisfatórios economicamente para o empreendimento em questão.

Constatou-se que o teor de ferro no rejeito do reprocessamento diminuiu consideravelmente em relação ao



**Figura 2.** Distribuição granulométrica do rejeito.

**Tabela 3.** Análise química do fluxo do circuito da separação da magnética

Fluxo	Recuperação Mássica (%)	Recuperação Metalúrgica (%)	Teor (%)					
			Fe	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mn	TiO <sub>2</sub>
Alimentação	100,00	100,00	48,20	30,20	1,05	0,02	0,12	0,06
Concentrado	60,15	79,75	63,90	7,90	0,41	0,01	0,07	0,06
Rejeito	39,85	20,25	24,50	56,10	0,97	0,02	0,10	0,05

teor de Fe do rejeito utilizado no *blend*. Dessa forma, pode-se inferir que atualmente há uma melhor eficiência na utilização da concentração magnética durante o beneficiamento, tal fato advém do estabelecimento de melhorias no processo produtivo e parâmetros operacionais definidos. Através dos resultados obtidos pelas análises químicas do rejeito, o material é carregado e transportado mediante a aprovação do setor da qualidade para o pátio de alimentação da usina de beneficiamento para ser blendado ao ROM, configurando assim a nova alimentação do circuito de concentração.

#### 4 CONCLUSÕES

O desenvolvimento sustentável é um compromisso que vêm sendo exigido dos setores industriais, inclusive dos empreendimentos mineiros principalmente no que diz respeito à extração de minério de ferro. Uma das formas de tornar o processo sustentável na mineração é a adoção de práticas alternativas como, por exemplo, o reprocessamento de rejeitos visto o seu grande volume gerado e o seu baixo valor agregado. Assim, estudos como o fundamentado neste trabalho devem ser realizados para

minimizar os impactos ambientais e também maximizar o uso dos recursos minerais existentes.

Os resultados encontrados foram compatíveis com a necessidade do mercado em representar um melhor aproveitamento dos recursos minerais e, além disso, ganhos ambientais destacando-se o aproveitamento de resíduos minerários. O circuito de concentração magnética viabilizou a utilização do rejeito da pilha, pois promoveu a agregação de valor metálico ao concentrado final.

Diante dessa pesquisa, o conhecimento do rejeito promoveu a viabilização do seu ulterior aproveitamento como subproduto na própria usina. Assim, este reaproveitamento minimiza os impactos ambientais, criando receita onde antes havia despesas. Logo, o circuito adotado conjugado com a concentração magnética de média e alta intensidade promoveu uma recuperação em massa de 60,15% e recuperação metalúrgica de 79,75%.

#### Agradecimento

Os autores agradecem a empresa Pedreira Um Valemix pelo apoio na realização desse trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- Santos DAM. Avaliação econômica e financeira minério de ferro do projeto de minério de ferro eluvionar de Cassinga Norte em Angola [dissertação]. Ouro Preto: Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto; 2010.

- 2 Rocha L, Peres AEC. Aproveitamento econômico das lamas de ferro. *Revista Escola de Minas*. 2009;62(3):291-295.
- 3 Zhang H, Li Y, Yu X. Recovery of iron from cyanide tailings with reduction roasting-water leaching followed by magnetic separation. *Journal of Hazardous Materials*. 2012;213:167-174.
- 4 Li C, Sun H, Bai J, Li L. Innovative methodology for comprehensive utilization of iron ore tailings. Part I. The recovery of iron from iron ore tailings using magnetic separation after magnetizing roasting. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;174:71-77.
- 5 Yang H, Jing L, Zhang B. Recovery of iron from vanadium with coal based direct reduction followed by magnetic separation. *Journal of Hazardous Materials*. 2011;185:1405-1411.
- 6 Arvidson BR. Metallurgical and economic advantages of high gradient magnetic separators. In: *Proceedings of The XII International Mineral Processing Congress; 1977 August 29; São Paulo, Brasil*. São Paulo: Nacional Publicações e Publicidade; 1977. p. 1- 41.
- 7 Silva FL. Aproveitamento e reciclagem de resíduos de concentração de minério de ferro na produção de pavers e cerâmica [dissertação]. Ouro Preto: Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto; 2014.
- 8 Ferrante F. Estudo de viabilidade para recuperação de minério de ferro em rejeitos contidos em barragens [dissertação]. Ouro Preto: Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto; 2014.

Recebido em: 17 Nov. 2017

Aceito em: 30 Mai. 2018