

CARACTERIZAÇÃO DE MINÉRIOS DE MANGANÊS DA UNIDADE DE URUCUM

Érica. L. Reis¹, Geraldo L. Faria¹, Fernando. G.S. Araújo¹, Cláudio B. Vieira¹
& Nelson J. Júnior²

¹ Rede Temática em Engenharia de Materiais/Universidade Federal de Ouro Preto
Praça Tiradentes 20. Centro. Ouro Preto/MG. CEP 35400-000. Tel. 31 35591596. Fax. 31 35591596.
E-mail: emineral@pop.com.br

² Companhia VALE – Manganese and Alloys Department
Rancharia, s/nº - Zona Rural, Ouro Preto, MG.

RESUMO

De forma a viabilizar melhorias tanto no processo de beneficiamento dos minérios de manganês da Mina de Urucum, como no próprio processo metalúrgico de fabricação de ferro-ligas de manganês, este trabalho teve como objetivo caracterizar as duas tipologias, Standard e Baixo Fósforo, de minérios provenientes desta mina. As amostras foram caracterizadas por ensaios granulométricos, análise química e difratometria de raios-X. Observou-se que 13,5 e 22,4% das partículas que compõem, respectivamente, as amostras de minério de Standard e Baixo Fósforo, estão abaixo de 6,3mm. O teor de Mn na amostra global de Standard está em torno de 46,5% e na amostra de Baixo Fósforo 45%. O teor de SiO₂ nas amostras da tipologia Baixo Fósforo é cerca de 6% maior que nas amostras de Standard, enquanto que o teor de P nas amostras de Baixo Fósforo está em torno de 0,1% e na tipologia Standard cerca de 0,25%. O teor de fósforo do Standard é considerado alto de acordo com as especificações de minérios de manganês para fabricação de ferro ligas. Os valores dos demais elementos majoritários não apresentaram grandes variações. No minério Standard e Baixo Fósforo foram identificados os minerais de manganês criptomelana e braunita. Como minerais de ganga foram identificados hematita em ambas as tipologias e o quartzo apenas na amostra de Baixo Fósforo.

PALAVRAS-CHAVE: Minério de manganês; Caracterização de Minérios; Mina de Urucum.

ABSTRACT

In this work are presented the results of manganese ore typologies characterization from Urucum Mining. The size distribution, chemical and mineralogical contents were determined by humid sieving, X-ray fluorescence, and X ray diffraction techniques. It was observed that 13,5 and 22,4% of samples particles from the Standard ore and Baixo Fósforo ore, respectively, were below 6,3mm. About 78% of all available manganese in Urucum's manganese ore is contained in the granulated product, which has particles size between 50 and 6,3mm. The highest manganese concentration, 46,5%, was obtained for the Standard ore. The manganese minerals identified in the Standard e Baixo Fósforo ore sample were cryptomelane, braunite and pyrolusite. The Standard ore was identified gangue mineral hematite and in the Baixo Fósforo ore hematite and quartz.

KEY WORDS: Manganese Ore; Characterization; Urucum Mine.

1. INTRODUÇÃO

A Mina de Urucum está localizada em Corumbá, Mato Grosso do Sul, próximo à fronteira brasileira com a Bolívia. Este depósito de manganês é, desde o início das atividades, um dos mais importantes do país. É do tipo sedimentar, com deposição de óxidos de manganês primários. O minério é formado principalmente por criptomelana e pirolusita (WALDE *et al.* 1981).

Existe hoje a classificação em dois tipos, o minério de manganês classificado como Standard e o denominado Baixo Fósforo, classificados basicamente pelo menor teor de fósforo do tipo identificado como Baixo Fósforo. Geralmente, os mesmos são misturados para obtenção de produtos para produção de ferro-ligas. Na Tabela I abaixo estão apresentadas, de modo geral, as especificações químicas e granulométricas dos produtos comercializados em 2008 pela Unidade de Urucum.

Tabela I - Especificação dos produtos de minério de manganês da Unidade de Urucum. Fonte: VALE/Manganês

Tipo	Especificação Química (%)					Faixa Granulométrica
	Mn min.	Fe máx	P máx.	SiO ₂ máx.	Al ₂ O ₃ máx.	
Granulado	40,00	16,00	0,22	6,50	3,00	76,10 a 6.35mm
Fino	41,50	16,00	0,22	5,50	2,20	Abaixo de 6.35mm

O minério produzido visa principalmente à produção de ferro-ligas. A aplicação de ferro ligas é voltada para a indústria siderúrgica e tem como principal finalidade a incorporação de elementos de liga ao aço, pois suas propriedades são acentuadamente melhoradas pela incorporação de certos elementos de liga como o manganês.

Segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) o consumo de minério de manganês no Brasil destina-se majoritariamente para a indústria de fabricação de aços e ligas, o que justifica estudos de caracterização de minérios de manganês aplicados para essa finalidade. De posse da caracterização tecnológica e mineralógica desta matéria prima, é possível aumentar a eficiência e a qualidade do processo produtivo destes bens.

De forma a viabilizar melhorias tanto no processo de beneficiamento dos minérios como no próprio processo metalúrgico de fabricação de ferro-ligas de manganês este trabalho teve como objetivo caracterizar as duas tipologias de minérios de manganês da Unidade de Urucum.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras das 2 tipologias proveniente da Unidade de Urucum foram homogeneizadas e quarteadas até a obtenção de 50kg de cada uma das duas tipologias, que passaram por processo de britagem, utilizando um britador de mandíbulas, para obtenção de amostras abaixo de 50mm. Estas amostras foram novamente homogeneizadas e quarteadas para obtenção de 1kg de amostra global de cada uma destas classificações tipológicas.

A distribuição granulométrica foi obtida por peneiramento a úmido, usando a série ASTM de peneiras de 50mm a 45µm. Cada tipologia foi dividida em 5 frações granulométricas, definidas em função das especificações de mercado e efetividade de sua separação por métodos convencionais de tratamento de minérios, como pode ser visto na Tabela II.

Tabela II - Frações granulométricas utilizadas na caracterização das tipologias de minérios de manganês da Unidade de Urucum.

Granulado	-----	<50,0 e >6,35mm
Sinter-feed	<6,35 e >1,18mm	<1,18 e >0,150mm
Pellet-feed	<0,150 e >0,045mm	
Rejeito	<0,045mm	-----

Para identificação das principais fases minerais que compõem as amostras globais, foram obtidos os difratogramas das duas tipologias da Unidade de Urucum. O difratômetro de raios X utilizado foi de modelo Rigaku, série D/Max-B. A interpretação dos difratogramas foi efetuada através do software JADE 3.1 do fabricante MDI.

Os constituintes químicos majoritários da amostra global e das frações granulométricas das 2 tipologias de minérios de manganês foram determinados por Espectrômetro de Emissão Óptica de Plasma Acoplado Indutivamente.

te (ICP-OES). Foram obtidos os teores de Mn, Fe, P, Al_2O_3 , CaO, MgO, SiO_2 , TiO_2 e BaO. De posse dos resultados da análise química e granulométrica foram feitos os cálculos de distribuição dos principais constituintes das duas tipologias de minérios de manganês da Unidade de Urucum.

3. RESULTADOS

A distribuição granulométrica das amostras de minério de manganês classificadas como Standard e Baixo Fósforo após o processo de britagem foi realizada por peneiramentos a úmido, e estão representadas na Figura 1. Gráficamente obtém-se o d_{80} em torno de 49, e 48mm para as tipologias Standard e Baixo Fósforo, respectivamente. Isto é, 80% da amostra encontra-se abaixo destas faixas. Observa-se ainda que 13,5 e 22,4% das amostras das tipologias Standard e Baixo Fósforo, respectivamente, encontram-se abaixo de 6,35mm.

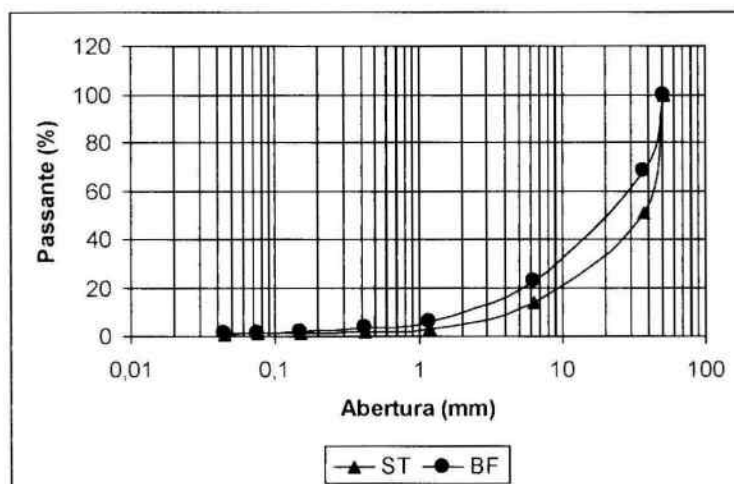


Figura 1 - Distribuição granulométrica das duas tipologias de minérios de manganês da Unidade de Urucum.

Os minerais identificados nas amostras globais dos minérios de manganês da Unidade de Urucum classificados como Standard e Baixo Fósforo estão apresentados na Tabela III.

No minério Standard e Baixo Fósforo foram identificados os minerais de manganês criptomelana e braunita. Como minerais de ganga foram identificados hematita em ambas as tipologias e o quartzo apenas na amostra de Baixo Fósforo. A presença de quartzo no minério de manganês classificado como Baixo Fósforo pode justificar o maior teor de sílica, conforme análise química, quando comparado ao minério Standard.

Na Tabela IV estão apresentados os resultados das análises químicas das amostras globais e por faixa granulométrica das duas tipologias de minérios de manganês da Unidade de Urucum.

O teor de manganês na amostra global de minério de Standard é em média um pouco maior que no minério Baixo Fósforo. Sendo os teores médios de manganês iguais a 46 e 40% para a tipologia Standard e Baixo Fósforo, respectivamente. Esta proporcionalidade é inversa no caso do teor de sílica, o teor de sílica no minério Baixo Fósforo é cerca de 7% maior que nas amostras de Standard. Sendo o valor médio de sílica no minério de manganês Standard 1,1% e no Baixo Fósforo está em torno de 8,5%. Não foi observada grande variação no teor de ferro encontrado no minério de manganês Standard e no Baixo Fósforo, com o teor em torno de 12 e 14,2%, respectivamente.

Os valores de fósforo são menores para o minério Baixo Fósforo, como o próprio nome da tipologia sugere, com o teor em torno de 0,12% e para o minério Standard 0,26%. O teor de fósforo do Standard é considerado alto de acordo com as especificações de minérios de manganês para fabricação de ferro ligas.

Tabela III - Minerais identificados nos difratogramas das amostras globais das tipologias Standard e Baixo Fósforo de minérios de manganês da Unidade de Urucum.

Mineral	Fórmula Química	Densidade g/cm^3	Standard	Baixo Fósforo
Criptomelana	$K_{2-x}Mn_8O_{16}$	4,36	X	X
Braunita	$CaMn_{14}SiO_{24}$	4,72 - 4,82	X	X
Braunita	$MnMn_6SiO_{12}$	4,72 - 4,82	X	X
Hematita	Fe_2O_3	5,3	X	X
Quartzo	SiO_2	2,65		X

A relação Mn/Fe, importante dado para os minérios de manganês utilizados na indústria metalúrgica, para as duas tipologias está fora das especificações para esta aplicação (relação ideal de Mn/Fe ≥ 7 , mas o valor 6 é aceitável). A relação Mn/Fe para o minério Standard tem valor médio de 3,4 e para o minério Baixo Fósforo em torno de 2,9. Por isto estas tipologias, mesmo apresentando altos teores de Mn, são utilizadas como misturas para utilização das mesmas nos fornos de fabricação de ferro ligas.

O teor das impurezas Al, Ba, Ca, Ti e Mg para as duas tipologias e todas as faixas granulométricas variou pouco, apresentando valores muito próximos.

Na Tabela V está apresentada a análise granulométrica e a distribuição dos principais elementos nas faixas granulométricas estipuladas segundo especificações do mercado metalúrgico para as duas tipologias da Unidade de Urucum.

Tabela IV – Análise química ou quantificação dos elementos e compostos majoritários das amostras globais e faixas granulométricas das tipologias de minérios da Unidade de Urucum.

Amostra	Mn %	Fe %	SiO ₂ %	P %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	TiO ₂ %	BaO %
Standard	46,49	12,00	1,08	0,26	1,39	0,20	0,11	0,14	0,24
Standard <50,0 e >6,35mm	47,45	10,64	0,60	0,20	1,31	0,16	0,14	0,14	0,28
Standard <6,35 e >1,18mm	46,34	12,57	1,02	0,27	1,57	0,21	0,15	0,14	0,29
Standard <1,18 e >0,150mm	46,48	11,67	1,92	0,30	1,58	0,27	0,14	0,13	0,32
Standard <0,150 e >0,045mm	42,35	14,40	4,21	0,34	1,73	0,32	0,13	0,16	0,30
Standard <0,045mm	38,09	16,94	4,34	0,42	3,49	0,36	0,16	0,20	0,34
Baixo Fósforo	40,36	14,21	8,49	0,12	1,52	0,19	0,11	0,09	0,21
Baixo Fósforo <50,0 e >6,35mm	44,88	11,98	6,25	0,12	1,30	0,18	0,13	0,09	0,21
Baixo Fósforo <6,35 e >1,18mm	43,17	13,12	6,65	0,13	1,40	0,26	0,12	0,09	0,21
Baixo Fósforo <1,18 e >0,150mm	41,82	13,79	7,58	0,14	1,39	0,24	0,13	0,09	0,21
Baixo Fósforo <0,150 e >0,045mm	38,89	15,51	10,72	0,15	1,30	0,34	0,13	0,09	0,18
Baixo Fósforo <0,045mm	35,21	15,18	11,66	0,17	4,02	0,37	0,25	0,09	0,16

Tabela V - Análise granulométrica e distribuição dos principais constituintes das três tipologias da Unidade de Urucum.

Faixa Granulométrica	% retida simples	Distribuição (%)			
		Mn	Fe	P	SiO ₂
Standard <50 a >6,35mm	86,5	86,92	84,28	81,76	73,10
Standard <6,35 a >1,18 mm	10,2	10,01	11,74	13,25	14,65
Standard <1,18 a >0,150mm	2,1	2,07	2,24	3,00	5,68
Standard <0,150 a >0,045mm	0,4	0,36	0,53	0,64	2,37
Standard <0,045mm	0,8	0,65	1,24	1,60	4,89
Baixo Fósforo <50 a >6,35mm	77,6	78,59	75,52	79,02	74,96
Baixo Fósforo <6,35 a >1,18 mm	16,2	15,78	17,27	17,70	16,65
Baixo Fósforo <1,18 a >0,150mm	4,2	3,96	4,70	4,75	4,92
Baixo Fósforo <0,150 a >0,045mm	0,9	0,79	1,13	1,15	1,49
Baixo Fósforo <0,045mm	1,1	0,87	1,36	1,53	1,98

Em termos de distribuição de manganês, nota-se que 86,92 e 78,59% do manganês presente na amostra de minério de manganês Standard e Baixo Fósforo, respectivamente, encontram-se na faixa que compõem os produtos granulados, ou seja, entre 50 e 6,35mm. A maior porcentagem dos demais elementos também ocorre nesta faixa.

A faixa granulométrica abaixo de 6,35mm, porém acima de 1,18mm das tipologias Standard e Baixo Fósforo representam 10,2 e 15,78 do manganês presente nas amostras, sendo uma quantidade representativa que não deixar de ser aproveitada. Pode-se afirmar que as distribuições dos elementos maiores foram menores nas fra-

ções mais finas. Isto significa que ao fazer um corte granulométrico em 6,35mm descarta-se 13,5 e 22,4%, respectivamente, da massa do minério Standard e Baixo Fósforo. Com perdas em termos de manganês de 13,1 e 21,4%, contido no minério Standard e Baixo Fósforo, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

A análise granulométrica das tipologias após o processo de britagem mostrou que 13,5 e 22,4% das amostras das tipologias Standard e Baixo Fósforo, respectivamente, encontram-se abaixo de 6,35mm. A maior porcentagem das partículas destas tipologias encontra-se dentro das especificações para composição do produto granulado (<50 a >6,3mm).

No minério Standard e Baixo Fósforo foram identificados os minerais de manganês criptomelana e braunita. Como minerais de ganga foram identificados hematita em ambas as tipologias e o quartzo apenas na amostra de Baixo Fósforo.

O teor de manganês no minério Standard (44,5 %) é em média um pouco maior que no minério Baixo Fósforo (40,7%). Esta proporcionalidade é inversa para o teor de sílica, cerca de 6% maior nas amostras de Baixo Fósforo.

Os valores de fósforo são menores para o minério Baixo Fósforo, com o teor em torno de 0,13% e para o minério Standard 0,29%. Para os demais elementos analisados não houve grandes variações.

A distribuição de manganês mostrou que mais de 86 e 78,6% do manganês que compõem, respectivamente, as tipologias de minérios de manganês Standard e Baixo Fósforo encontra-se na faixa granulométrica entre 50 e 6,35mm, faixa de especificação do produto granulado. A maior porcentagem dos demais elementos também ocorre nesta faixa. O alto teor de manganês torna estas tipologias importantes fontes para fabricação de ligas de manganês, mas para isto são necessárias na maiorias das vezes a realização de misturas para, principalmente, diminuição do teor de P e melhorar a relação Mn/Fe.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- OLSEN, S.E; TANGSTAD, M; LINDSTAD, T. Production of Ferromanganese Alloys in the submerged Arc Furnace. Trondheim, Norway. 247p. 2007.
- CHAUDHARY, P.N.; GOEL, R.P. & ROY, G.G. Dephosphorization of high carbon ferromanganese using BaCO₃ based fluxes. Ironmaking and Steelmaking, vol. 28, nº 5, pág. 396-403, 2001.
- CHIAVERINI, V. Aços e ferros fundidos. São Paulo: ABM, 6ª Edição, 1990.
- FARIA, G. L. Estudo da Intensidade de Crepitação de Minérios Granulados de Manganês do Brasil. Dissertação de Mestrado (UFOP/REDEMAT). 125p. Ouro Preto, 2008.
- ULLMANN, F. Manganese and Manganese Alloys. In: Encyclopedia of Industrial Chemistry. Germany, VCH, Weinheim., vol. 16 A, p. 77-133, 1985.
- WALDE, D.H.G; GIERTH, E.; LEONARDOS, O.H. Stratigraphy and mineralogy of the manganese ores of Urucum, Mato Grosso, Brazil. Band 70, Heft3. p.1077-1085. 1981.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a VALE/Manganês pela concessão das amostras e financiamento do projeto, NUPEC-Fundação Gorceix, REDEMAT e UFOP.

