

VIABILIDADE TÉCNICA DA CONCENTRAÇÃO E REDUÇÃO DE MINÉRIO MAGNETÍICO DE BAIXO TEOR DE BODOQUENA – MS*

Mateus Gomes Rossi¹
Jorge Kazuo Yamamoto²
Marcelo Breda Mourão³
Luís Marcelo Tavares⁴

Resumo

O estudo de recursos e caracterização de jazidas de minério de ferro é de extrema importância frente à demanda mundial deste bem mineral. A ocorrência de minério de ferro em Bodoquena, MS, desperta interesse sobre a viabilidade técnica e econômica deste recurso. A mineralização de ferro está associada à Formação Puga, caracterizada por metadiamicititos, quartzitos e filitos. Este minério de ferro possui matriz magnetítica de granulação muito fina, variando de 0,01 mm a, em raros casos, 0,2 mm, demandando moagem ultrafina para sua liberação. O beneficiamento do minério, realizado por separação magnética de baixa intensidade e flotação reversa, gerou produto magnetítico concentrado com teores de 64,9% de Fe, recuperando cerca de 47% do Fe contido e obtendo baixos teores de P (0,01-0,04%), SiO₂ (±4,5 %) e Al (±1,8%). A redução carbotérmica do minério se mostrou eficaz mediante a pelotização sem aglomerantes químicos, utilizando-se de coque de carvão mineral na composição de pelotas auto-redutoras. O produto final foi uma pelota reduzida a ferro metálico com pequenos resquícios não reduzidos e escória.

Palavras-chave: Beneficiamento; Redução carbotérmica; Pelota auto-redutora.

TECHNICAL FEASIBILITY OF CONCENTRATION AND REDUCTION OF LOW-GRADE MAGNETITE IRON ORE FROM BODOQUENA-MS

Abstract

The study and characterization of iron ore deposits is extremely important in face of the high global demand for this mineral resource. The occurrence of iron ore in Bodoquena, MS, generates interest regarding the economic and technological feasibility of this resource. The iron mineralization is associated with the Puga Formation, characterized as metadiamicitites, quartzites and phyllites. This iron ore has very fine-grained magnetitic matrix, ranging from 0.01 mm to 0.2 mm, these later in rare cases, resulting in the need for ultrafine grinding. Processing the ore by low-intensity magnetic separation and reverse flotation resulted in a magnetitic concentrate containing 64.9% of Fe, recovering about 64 % of the contained Fe with low levels of P (0.01-0.04 %) , SiO₂ (± 4.5 %) and Al (± 1.8 %). The carbothermic reduction of this ore was effective considering the production of pellets without chemical binders, using coking coal in self-reducing pellets. The final product was a pellet reduced to metallic iron with small remnants of unreduced oxides and slag.

Keywords: Mineral processing; Carbothermic reduction; Self-reducing pellet.

¹ Geólogo, Mestrando, Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Geólogo, D.Sc. em Geociências, Professor Titular, IGc-USP, São Paulo, SP, Brasil.

³ D.Sc. em Engenharia Metalúrgica, Professor Associado, Escola Politécnica, USP, São Paulo, SP, Brasil.

⁴ Engenheiro de Minas, M.Sc., PhD em Engenharia Metalúrgica, Professor Titular do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por minério de ferro tem resultado na busca por novos jazimentos minerais, inclusive no sentido de viabilizar o aproveitamento de minérios de baixo teor e com fina disseminação. A viabilidade técnica e econômica do aproveitamento desses minérios, entretanto, precisa ser avaliada caso a caso.

Minérios de ferro de baixo teor têm sido objeto de vários estudos. Pavez et al. [1] realizaram ensaios para concentração de minérios de ferro finos de baixo teor (28%), do norte do Chile, recuperando 79% do ferro contido no produto final com 63% Fe através de circuitos de pré-concentração magnética a úmido e flotação reversa em células pneumáticas. Dwari et al. [2], com separação magnética a seco e a úmido, concentraram minérios magnetíticos e hematíticos finos, com teores de 43% Fe e a $-200 \mu\text{m}$, recuperando 83% do ferro em teores finais de 67% Fe. Seifelnassr et al. [3] estudaram concentração de minério hematíticos finos do norte do Sudão, entre $150\mu\text{m}$ a $20\mu\text{m}$, de baixo teor (36% Fe), alcançando 64% de Fe no concentrado e 72% de recuperação por meio de circuitos com separação gravimétrica em mesa vibratória, e separação magnética em separador de tambor a úmido. Assim, processos de cominuição, peneiramento e concentração por separação magnética e flotação [4] têm sido amplamente utilizados para esses tipos de minérios.

Após sua concentração, minérios de ferro de fina disseminação podem ser submetidos à pelotização seguido de redução carbotérmica, que consiste no tratamento químico de redução de uma substância mineral (óxido) utilizando o gás CO de origem numa substância portadora de carbono para a produção de metal [5]. Esta operação emprega alta temperatura, fundindo todos os outros componentes da carga, com exceção do carbono. Basicamente, o óxido do metal é reduzido e o restante da ganga não se altera, mas, devido à alta temperatura, o último se funde e origina a parte principal da escória. A fusão ocorre pelo ajuste, com uso de fundentes, da composição da ganga para uma região de baixo ponto de fusão. Pela ação de forças gravitacionais, a imiscibilidade e a diferença de densidade promovem a separação das fases metal e escória em dois “produtos”. Essa separação líquido-líquido, entre metal e ganga, constitui o motivo primordial para se operar o processo a uma temperatura elevada.

Um exemplo de minério de ferro Brasileiro de baixo teor é aquele encontrado no município de Bodoquena, MS. Essa ocorrência, encontrada na Fazenda São Manoel, permitiu a Horii Agroindustrial de Minérios desenvolver intensa pesquisa mineral para mapeamento, avaliação e caracterização do minério. A mineralização de ferro é associada à Formação Puga, caracterizada por metadiamicritos, quartzitos e filitos. Este minério possui densidade média de $2,94 \text{ g/cm}^3$, baixo teores de ferro (<30%) e matriz magnetítica de granulometria muito fina [6]. Ensaios de beneficiamento chegaram a um produto com teor de Fe na ordem de 69,7% com concentração de 0,015% de P [6]. Piacentini [7] realizou a cubagem da mineralização de ferro e chegou a recurso/reserva medido, indicado e inferido de 1,136 bilhões de toneladas, com teor médio de ferro de 27%.

O presente trabalho trata do estudo analítico para beneficiamento e redução do minério de ferro magnetítico de granulometria muito fina visando à avaliação de sua viabilidade tecnológica. Ele tem o objetivo de caracterizar o minério de ferro de Bodoquena bem como avaliar a viabilidade técnica para a recuperação do mineral de minério e sua aplicação metalúrgica em processo de redução carbotérmica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Análises Químicas e Mineralógicas

As análises químicas foram executadas por titulação e por Fluorescência de Raios-X em pastilhas fundidas e prensadas para elementos maiores e menores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5) e elementos traços (Ba, Ce, Cl, Co, Cr, Cu, F, Ga, La, Nb, Nd, Ni, Pb, Rb, S, Sc, Sr, Th, U, V, Y, Zn e Zr).

A análise mineralógica utilizou-se da Difração de Raios-X e microscopia eletrônica de varredura (MEV) em avaliações qualitativas e semi-quantitativas.

2.2 Tratamento de Minérios

A caracterização tecnológica permitiu elaborar fluxograma baseado no processamento mineral do tipo taconito (minérios magnetíticos muito finos encontrados nos EUA). Utilizou-se moinho de barras e de bolas para atingir P90 na granulometria de liberação de $38\mu\text{m}$, em regime de batelada com uma polpa de 70% em massa do material. O moinho de bolas foi utilizado para cominuição de porções mais coesas, de difícil fragmentação. Para garantir a eficiência da moagem peneirou-se a úmido, em peneiras vibratórias, o material cominuído.

Após cominuição e peneiramento, foi realizada a separação magnética em separador a úmido de tambor, com campo magnético de 400-3000 gauss. Flotação reversa em colunas, utilizando amido de milho gelatinizado (NaOH) como agente depressor (120g/t) e solução amina ($\text{R-O-(CH}_2)_3\text{-NH}_2$) como agente coletor (60g/t), foi executada como fase final para eliminação de contaminantes restantes (Figura 1).

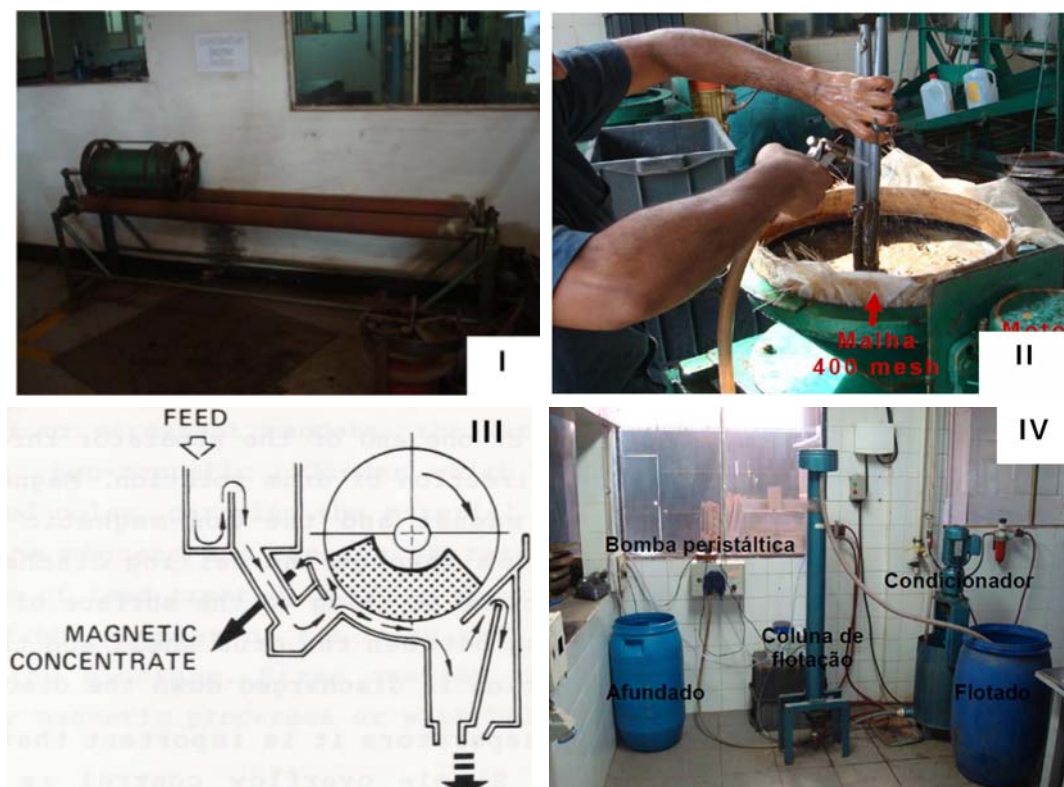


Figura 1. Etapas de beneficiamento mineral: (I) Moagem em moinho de bola/barras; (II) Peneiramento a úmido; (III) Representação do funcionamento de um separador magnético de tambor de baixa intensidade; (IV) Flotação reversa em coluna.

2.3 Ensaios Metalúrgicos

Pelotas de minério de ferro foram confeccionadas em disco pelletizador, adaptado em um bentoneira, a uma velocidade de rotação de 50 rpm e inclinação de 45°. Isto gerou a fabricação de cerca de 100 pelotas convencionais, sem coque de carvão na composição, e cerca de 40 pelotas auto-redutoras, com 17% de coque de carvão mineral na composição.

Para efeito de estudos comparativos e com o objetivo de conferir maior resistência, parte das pelotas convencionais foram “queimadas” em uma mufla de resistência Lindberg/Blue M. Após isso, as pelotas convencionais foram reduzidas em forno de resistência Brasimet K 400 (T máx 1300°C) enquanto as pelotas auto-redutoras foram utilizadas para realização de testes termogravimétricos em um forno vertical Lindberg/Blue adaptado (com balança digital para medição da perda em peso na redução).

Para caracterização metalográfica e posterior análise em MEV, as pelotas reduzidas foram embutidas em braquelite e resina Epoxiglass, polidas, seguidas de avaliação metalográfica em microscópio BX 60 de luz refletida.

Maiores detalhes sobre o trabalho experimental podem ser encontrados em outra publicação [8].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aspectos da Mineralogia e Composição Química

Em termos composicionais trata-se de um litotipo rico em quartzo (~35%) e uma matriz pelítica-ferruginosa composta por clorita (~10%), muscovita (~20%) e minerais ferrosos (~30 %). Magnetita e hematita compõem a porção ferruginosa da matriz com granulometria modal próximo a 0,02 mm (Figura 2). Por vezes, gradam para concentração em leitos espessos, caracterizando formação ferrífera bandada (BIF).

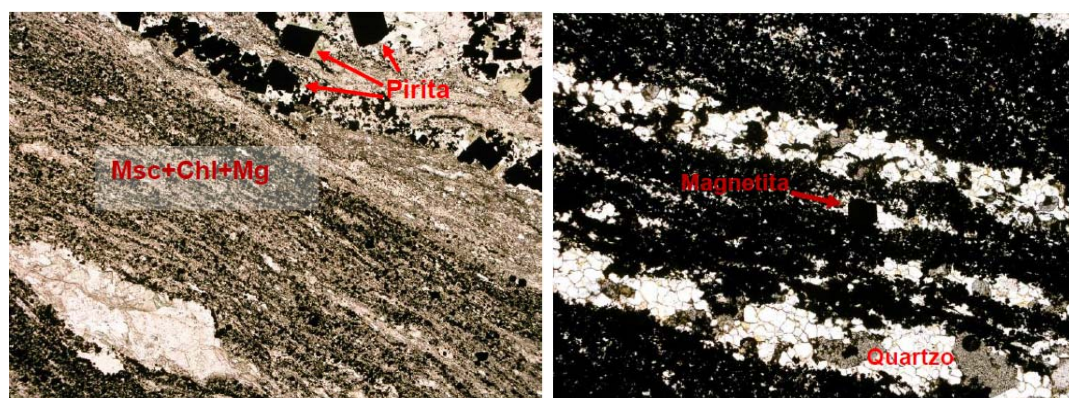


Figura 2. Feições composicionais do minério de Bodoquena-MS. Matriz pelítica (Muscovita e Clorita) e ferruginosa; Bandamento composicional, alternando bandas quartzosas e bandas magnetíticas.

Presença de hematita ocorre como produto da martitização da magnetita. A martitização ocorre através da substituição mineral pelo intemperismo.

A análise ao MEV-EDS permitiu a identificação da granulometria das fases minerais da formação ferrífera associada de Bodoquena (MS). Notou-se que acima 45µm partículas silicosas estão agregadas a grãos ferríferos. Nas eletromicrografias (Figura 3), percebe-se que a moagem deve alcançar escalas inferiores a 38µm (até 20µm) para adequar a granulometria de liberação em 100% dos minerais de ferro.

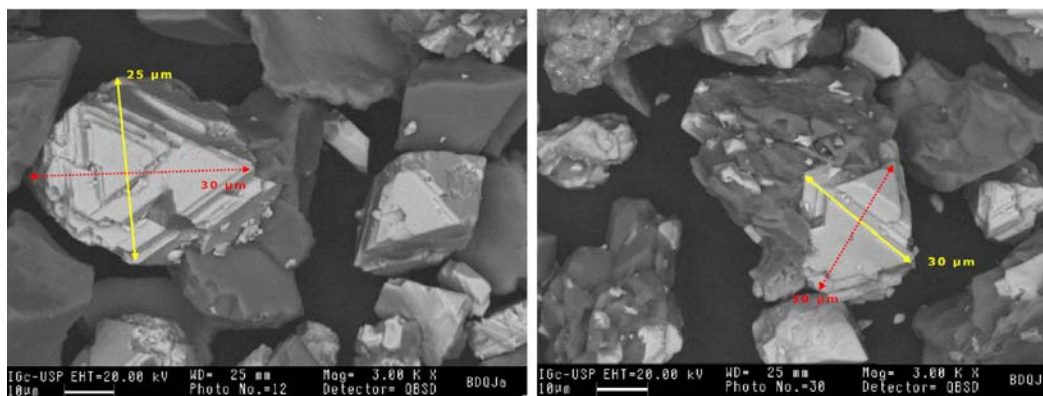


Figura 3. Eletromicrografia de materiais em granulometria acima de 45 µm. Imagens de grãos de magnetita menores que 38µm (cinza claro) com agregados aluminosilicáticos (cinza escuro).

Amostras do minério de ferro de diferentes composições foram selecionadas para avaliação composicional. Fases contaminantes ricas em Si e porções ferrosas perfazem até 93% do minério (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados da análise química por Fluorescência de Raios-X e titulação de Fe. Amostras coletadas referentes ao minério de Ferro de Bodoquena-MS. LD= limite de detecção.

(%)	BDQ-18	BDQ-5A	BDQ-22	BDQ-2A	BQD-19	BDQ-11A	LD	
SiO ₂	40,31	39,74	42,3	44,27	49,2	53,13	53,17	0,03
TiO ₂	0,35	0,31	0,23	0,17	0,45	0,43	0,43	0,00
Al ₂ O ₃	5,64	4,23	4,9	1,37	2,58	8,34	8,39	0,02
Fe	28,80	45,85	44,25	49,44	40,92	23,11	23,19	0,01
MnO	0,63	0,09	0,19	0,08	0,18	0,15	0,15	0,00
MgO	3,32	1,17	0,65	0,24	0,84	2,03	2,02	0,01
CaO	7,41	2,42	2,12	1,08	0,37	3,43	3,44	0,01
Na ₂ O	0,40	1,58	2,23	<0,02	0,51	1,95	1,98	0,02
K ₂ O	2,17	0,73	0,61	0,66	2,17	2,02	2,02	0,01
P ₂ O ₅	0,40	0,47	0,11	0,91	0,27	1,48	1,46	0,00
Total*	89,43	96,59	97,59	98,22	97,49	96,07	96,25	

3.2 Beneficiamento Mineral

As amostras para beneficiamento mineral foram coletadas sob a supervisão da Horii AgroIndustrial de Minérios Ltda em trincheiras com profundidades de 1,5-2m por 20-30m de comprimento. Uma britagem prévia abaixo de 6 mm foi realizada em campo. A amostra composta (BDQ-TR) para ensaios de beneficiamento apresentou teor médio de Fe (T) de 23,89%, com contaminantes principais na fase de SiO₂ (50,19%), Al₂O₃ (8,721%) e P (0,064%).

A moagem a úmido até P90 de 38µm, com controle do peneiramento a úmido, garantiu a adequação do minério na granulometria de liberação (Tabela 2).

Tabela 2. Amostra BDQ-TR após peneiramento a úmido sob malha regular de 38 µm

Peneiramento a úmido	% Peso	% Fe	Fe contido	% distribuição Fe
Fração < 38µm	90,00	23,89	21,50	89,98
Fração > 38µm	10,00	23,94	2,39	10,02
Total	100,00		23,90	100,00

Os ensaios de separação magnética a úmido de baixa intensidade foram realizados em um separador magnético de tambor, apropriado para concentração de minérios com tamanhos menores que 1 mm e fortemente magnéticos. Esta separação englobou escalas crescentes de intensidade magnética em 400 até 1300 gauss (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados da separação magnética úmida a baixa intensidade (amostra BDQ-TR)

Separação Magnética	% Peso	% Fe	Fe contido	% distribuição Fe
Magnético 400 gauss	6,77	46,05	3,12	13,06
Magnético 800 gauss	11,77	55,34	6,51	27,25
Magnético 1300 gauss	12,95	48,00	6,21	26,00
Magnético Alta Intensid.	3,33	44,71	1,49	6,22
Não Magnético	65,19	10,06	6,56	27,45
Total	100,00		23,89	100,00

Pode-se observar que a separação magnética a um campo de 1300 gauss foi responsável pela recuperação de 72,55% do ferro contido, resultando em um composto final com cerca de 50% em Fe (t) e 34,81% da massa em processamento. A fim de atingir concentrações em teores comerciais, foi realizada flotação reversa desse concentrado magnético em coluna para flotar contaminantes livres. Antes deste processo realizou-se uma desmagnetização da alimentação.

O processo de flotação ocorreu em etapas de flotação *Rougher*, *Cleaner* e *Reclenear*. Todo afundado continua no sistema até seu produto final, o afundado *Reclenear*. O flotado *Rougher* constitui basicamente um concentrado de material contaminante e a recuperação de minério ainda presente se dá na etapa *Scavenger*. Os produtos referentes ao flotado *Cleaner* e *Reclenear* são cargas circulantes (voltam à etapa *Rougher*), sempre enriquecendo o sistema e gerando mais massa.

Os resultados obtidos alcançaram teores médios de Fe (t) igual a 64,86% (Tabela 4), satisfatórios para as condições comerciais e para a utilização em ensaios de redução. No processo de flotação foi possível recuperar próximo a 64% do Fe contido, apresentando um produto final de baixo teor de P (0,01-0,04%), SiO₂ (±4,5 %) e Al (±1,8%) (Tabela 5), dentro dos limites praticados no mercado (Figura 4).

Tabela 4. Amostra BDQ-TR, resultados após flotação reversa em coluna

Flotação Rougher	% Peso	% Fe	Fe contido	% Distribuição Fe
Flotado Rougher	29,81	37,91	11,30	21,71
Afundado Rougher	70,19	58,06	40,75	78,29
Total	100,00		52,05	100,00
Flotação Cleaner		58,06		
Flotado Cleaner	47,95	53,74	25,77	43,53
Afundado Cleaner	52,05	64,22	33,43	56,47
Total	100,00		59,20	100,00
Flotação Recleaner		64,22		
Flotado Recleaner	38,95	57,00	22,20	35,92
Afundado Recleaner	61,05	64,86	39,60	64,08
Total	100,00		61,80	100,00
Flotação Scavenger		37,91		
Flotado Scavenger	17,24	24,89	4,29	10,83
Afundado Scavenger	82,76	42,71	35,35	89,17
Total	100,00		39,64	100,00

Tabela 5. Resultados de Fluorescência de Raios-X referentes à alíquota inicial do beneficiamento (BDQ-TR) e do produto concentrado após flotação (BDQ-TR Flotação, em duplicata)

	BDQ-TR	BDQ-TR Flotação (1)	BDQ-TR Flotação (2)
SiO ₂	50,19	4,41	4,73
TiO ₂	0,39	0,51	0,53
Al ₂ O ₃	8,72	1,86	1,88
Fe	24,11	64,85	64,79
Mn	0,17	0,10	0,10
MgO	0,58	0,20	0,46
CaO	0,33	0,10	0,13
Na ₂ O	0,06	0,06	0,07
K ₂ O	2,05	0,31	0,35
P	0,06	0,01	0,05
Total	86,69	72,49	73,17

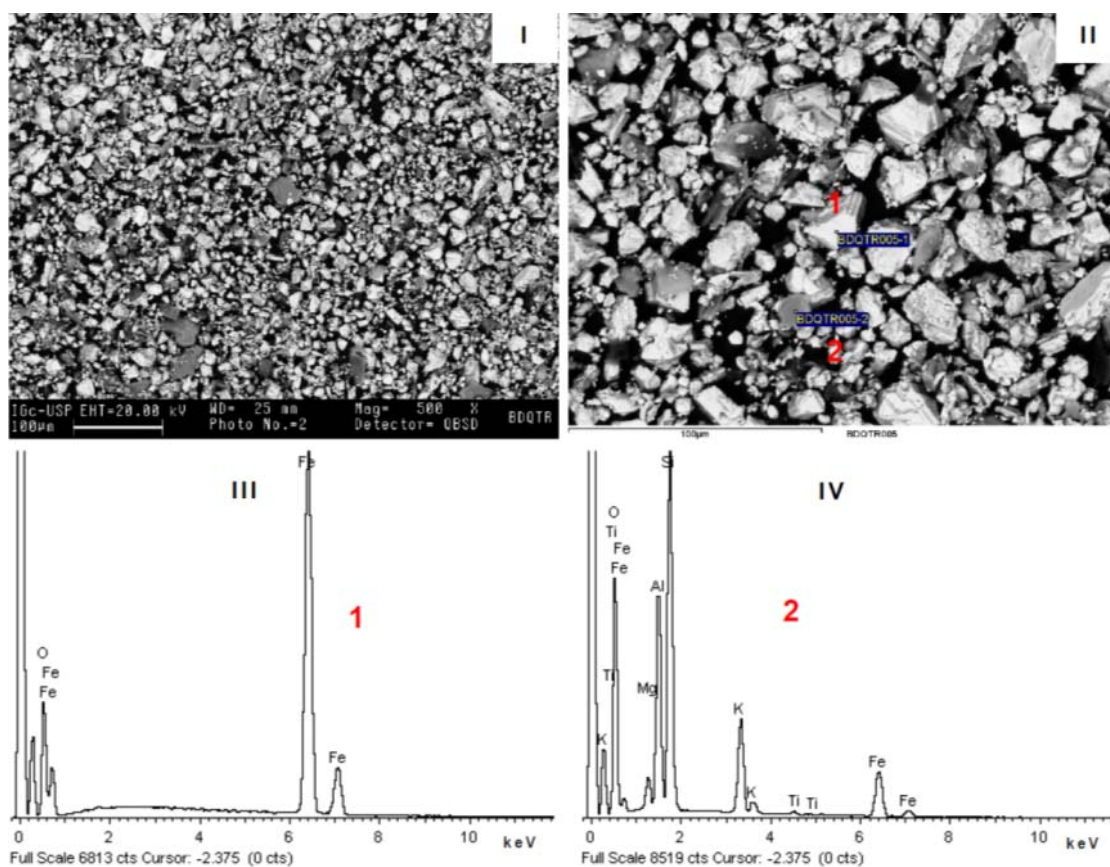


Figura 4. (I) Eletromicrografia do produto final com predomínio de minerais ferrosos; (II) Grãos para análise em RX-EDS; (III) Resultados de RX-EDS, evidenciando composição ferrífera do concentrado; (IV) Resultados de RX-EDS evidenciando a composição pelítica (Al, K e Si) das fases contaminantes.

3.2 Redução Carbotérmica

As pelotas produzidas possuíam diâmetro médio de 16,5 mm, peso médio de 6,50 g e umidade (base seca) em torno de 9%. O estudo para redução foi realizado em base em pelotas convencionais, sem carvão na composição, bem como com pelotas auto-redutoras, com elemento carbonáceo constituindo a pelota.

Ensaio de compressão com as pelotas verdes determinaram que as convencionais suportaram força compressiva de 20 N até se fragmentarem, enquanto as pelotas auto-redutoras suportam cargas de 14 N. Após a queima, as pelotas convencionais

suportaram até 8400 N. Pelotas auto-redutoras não são queimadas, já que no tratamento térmico iniciariam o processo de redução pela presença de coque de carvão mineral na composição.

3.2.1 Pelotas convencionais

Micrograficamente observou-se, nas pelotas convencionais, predomínio de ferro metalizado (> 90%), pouca presença ou até ausência de óxido de ferro não reduzido e baixa quantidade de escória (Figura 4). Quando presente, os óxidos de ferro restringem-se ao centro de grãos metalizados e a escória em grãos cristalinos.

Análises em MEV foram realizadas para quantificar as fases químicas presentes, utilizando dados de mapeamento por RX-EDS de elétrons retroespalhados ao aumento de 1000x. As eletromicrografias geradas sinalizam para o predomínio da composição de ferro metálico do produto e a ocorrência, em pequenas proporções, de escória com contaminantes em Si, O e Al associados (Figuras 5 e 6).



Figura 5. Detalhes internos das pelotas reduzidas: Pelota não queimada (I) e pelota queimada (II).

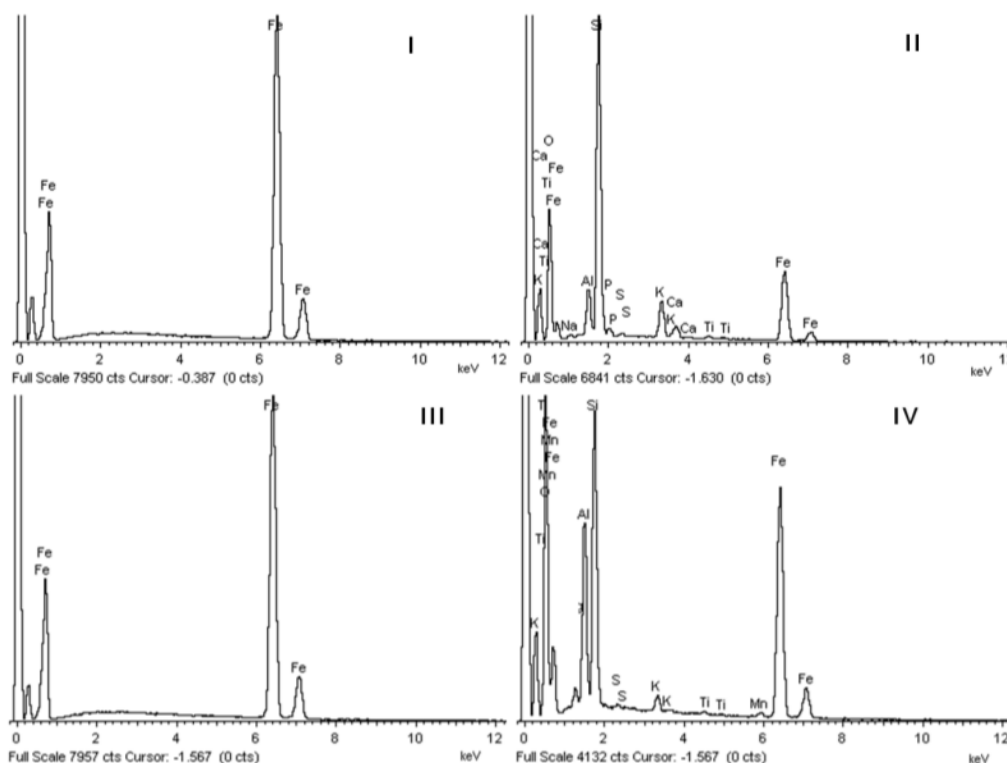


Figura 6. Espectrômetros (RX-EDS/ MEV) das pelotas convencionais. Espectrômetro de pelotas queimadas sobre “grãos” de ferro metálico (I) e escória (II); Espectrômetro de pelotas cruas sobre “grãos” de ferro metálico (III) e escória (IV)

Dados de difratometria de raios-x atentam para a boa relação entre os elementos contaminantes Si, O e Al e pequena relação entre Fe e O. As fases contaminantes referem-se à composição mineral da escória em SiO_2 (quartzo) e $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$ (muscovita). A relação entre Fe e O sugere a existência de óxido de ferro (wustita) que não completou o processo de redução a ferro metálico.

3.2.2 Pelotas auto-redutoras

O tempo de residência para ensaios termogravimétricos foi de 70 minutos. A redução das pelotas auto-redutoras resultou em perda de até 32% do peso inicial. O processo de redução foi mais intenso nos primeiros 20 minutos de residência, alcançando fração de reação (fr) de 0,6. Entre os 20-40 minutos de residência a redução da pelota atinge fr de 0,86 e 0,93 e, nos minutos finais (após 40 minutos), alcança-se o estágio de equilíbrio com redução quase finalizada (Figura 7).

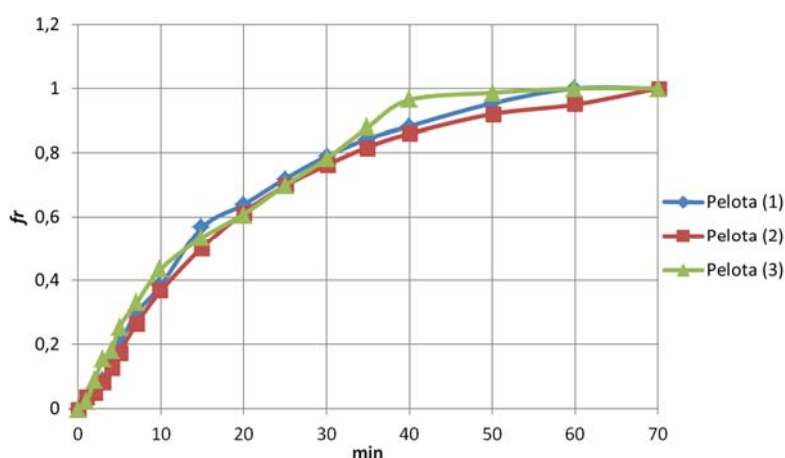


Figura 7. Evolução da fração de reação ao longo da residência da pelota auto-redutora no forno.

Micrograficamente, notou-se nas pelotas auto-redutoras que o ferro metálico perfaz mais de 90% das pelotas (excluindo poros). Há pequenas ocorrências de núcleos e porções de óxido de ferro não reduzido e estrutura tipo ferrita (Figura 8).

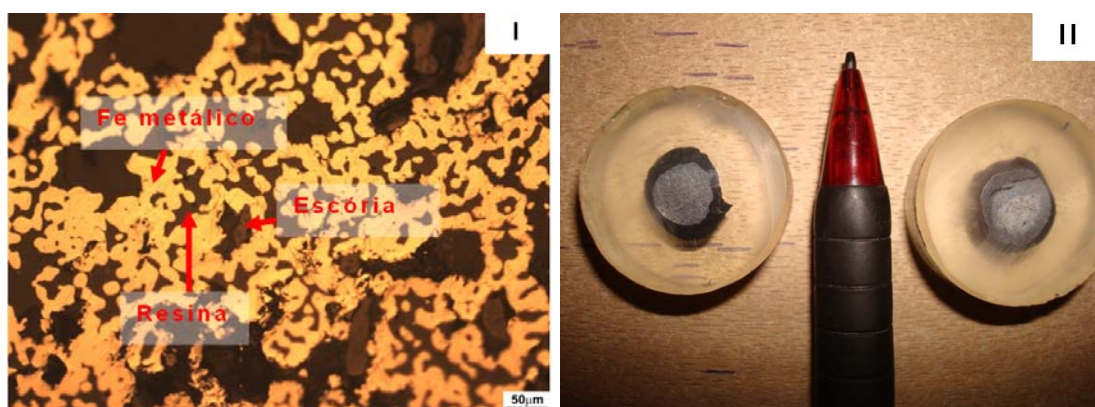


Figura 8. (I) Aspectos gerais da pelota reduzida. (II) Pelotas embutidas a frio em resina Epoxiglass.

As eletromicrografias obtidas e o mapeamento de RX-EDS realizado ao MEV corroboram para a reação de redução satisfatória das pelotas auto-redutoras. As fases contaminantes (escória) foram quantificadas nos elementos Si, Al, K e O. Todas as fases contaminantes estão associadas e correlacionadas a porções restritas da pelota (Figura 9).

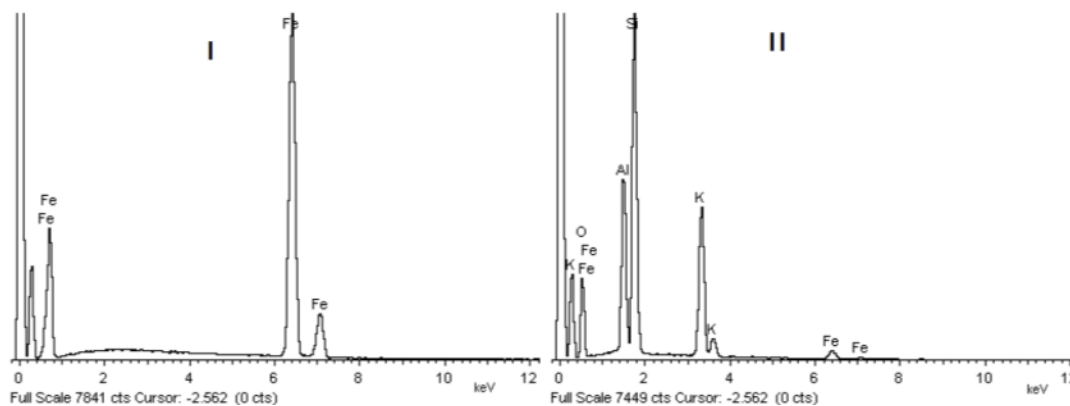


Figura 9. Espectrômetros (RX-EDS/ MEV) em pelota auto-reduzora, após redução. (I) Espectrômetro dos “grãos” de ferro metálico; (II) Espectrômetro das fases contaminantes (escória).

Dados de Difratometria de raios-x evidenciam a forte composição ferrítica e a associação entre contaminantes. A composição da escória, de acordo com os espectrômetros, atestaram presença de magnetita (Fe_3O_4) e hematita (Fe_2O_3), além de muscovita ($KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$) e quartzo (SiO_2).

4 CONCLUSÃO

A área estudada situa-se nas proximidades de Bodoquena, Mato Grosso do Sul, no contexto da Formação Puga. As rochas desta formação constituem metadiamiclitos de matriz ferruginosa muito fina gradando para formação ferrífera bandada (*BIF*).

O tratamento e beneficiamento do minério ocorreram após o reconhecimento, com auxílio de MEV, da necessidade da cominuição abaixo de $38\mu m$. Moagem abaixo desta faixa granulométrica é capaz de liberar parcela significativa do componente ferrífero de interesse (magnetita). Uma rota a úmido baseada em moagem em moinhos de barras/bolas, peneiramento em peneiras vibratórias, seguido de pré-concentração por separação magnética em baixa intensidade (1300 gauss) e flotação reversa em coluna demonstrou a viabilidade técnica da concentração do minério. O produto final atingiu teores médios de Fe (t) igual a 64,9%. Foi recuperado cerca de 47% do Fe contido, apresentando um produto final de baixo teor de P (0,01-0,04%), SiO_2 ($\pm 4,5\%$) e Al ($\pm 1,8\%$).

Os ensaios metalúrgicos consistiram em pelotização, queima da pelota e redução carbotérmica. As pelotas possuíam diâmetro médio de 15mm, 9% de umidade e, no caso das pelotas auto-reduzoras, composição em 17% de coque de carvão mineral.

Ensaio a compressão mostraram que pelotas queimadas suportavam forças compressivas de até 8400 N. Para redução, pelotas convencionais queimadas e cruas (não queimadas) sofreram tratamento térmico envolto por coque de carvão mineral a $1000^\circ C$, por 90 minutos. Pelotas auto-reduzoras foram utilizadas para ensaios termogravimétricos que indicaram reações de redução mais intensas nos primeiros 20 minutos de residência no forno (fração de reação (*fr*) de 0,6). Após 40 minutos, o estado de equilíbrio é atingido, com *fr* de 0,9. Todas as pelotas obtiveram resultados expressivos e eficazes em termos de redução a ferro metálico. Resultados micrográficos e de MEV mostraram que ferro metálico perfaz a maior parte das pelotas. Há pequenas ocorrências de núcleos e porções de óxido de ferro não reduzido, estrutura tipo ferrita e fases contaminantes associadas entre si. Resultados de mapeamento RX-EDS (MEV) e análises químicas mostraram que as pelotas possuem mais do que 85% de composição em Fe metálico.

REFERÊNCIAS

- 1 Pavez, O., Rojas, I., Parra, F., Meléndez, M., Palacios, J., 2005. Flotation of Low-Grade Iron Ore in Pneumatic Cells to Produce Pellet Fee. Centenary of Flotation Symposium, Brisbane, Queensland, Australia, p.:775-777.
- 2 Dwari, R. K., Srinivas, R. D., Ram, R. P S., 2013. Magnetic Separation studies for a low grade siliceous iron ore sample. Int. J. Mining Science and Technology, 23, 1-5.
- 3 Seifelnassr, A.A.S., Moslim, E.M., Abouzeid, A.Z.M., 2013. Concentration of a Sudanese low-grade iron ore. Int. J. Miner. Process. 122, 59-62.
- 4 Chaves, A. P. 2006. Teoria e prática para o tratamento de minério: Flotação- O estado da Arte no Brasil. Signus, São Paulo, v.4, 1.ed, 444p.
- 5 Mourão, M. B. & Takano, C. 2003. Pelotas auto-redutoras para obtenção de ferro metálico: cinética e processamento. *In*: LVIII Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Rio de Janeiro, p.: 15-29.
- 6 Piacentini, T. 2008. A Formação Ferrífera da Formação Puga: Avaliação Regional dos Recursos da Serra da Bodoquena, MS. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, USP. São Paulo, SP, 65p.
- 7 Rampazzo, G. J. 2007. Avaliação dos recursos minerais de ferro associados aos metadiamicititos da Formação Glacial Puga na região de Bodoquena-MS. Monografia de Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, USP. São Paulo, SP. 50p.
- 8 Rossi, M. G. 2011. Estudo Experimental para Redução de Minério de Ferro de Bodoquena-MS. Monografia de Trabalho de Formatura, Instituto de Geociências, USP. São Paulo, SP, 55p.