

CARACTERIZAÇÃO DO SÍNTER PRODUZIDO ATRAVÉS DO SINTERIZADOR DE LEITO FIXO COM 15% DE CARVÃO VEGETAL*

Mauricio Matos de Mesquita Filho¹
Rute Nara de Jesus farias da Silva²
Alacid do Socorro Siqueira Neves³
Emanuel Negrão Macêdo⁴
José Antônio da Silva⁵
Roseane de Lima Silva⁶

Resumo

Na siderurgia, uma das etapas mais importantes é a aglomeração da matéria prima. O fino de minério de ferro deve receber um pré-tratamento por meio da sinterização em que, além de ser aglomerado ao fundente, estará sujeito a eventuais reduções parciais. No presente trabalho, foram utilizados 75% de minério de ferro, 10% de calcário e 15% de carvão vegetal. Estas matérias primas foram misturadas e posteriormente sinterizadas em um reator de leito fixo vertical e as temperaturas foram acompanhadas através de termopares. Após esta etapa, o fino de minério de ferro passou análise de granulometria e de massa específica e o sinter obtido por FRX, DRX, MEV, EDS. Os resultados principais da análise química do sinter produzido foram 55,56% de Fe_2O_3 , 6,8% de FeO, de 12,42% CaO e 4,99 % de SiO_2 . Além disso, as fases mineralógicas predominantes no sinter foram hematita, magnetita, calcioferrita e quartzo. A análise morfológica do sinter revelou poros, regiões claras e escuras com predominância possivelmente de hematita, magnetita e calcário. O EDS, corrobora com os resultados do DRX e FRX. O objetivo deste trabalho é a caracterização físico-química do sinter produzido por um reator de leito fixo vertical.

Palavras-chave: aglomeração; sinter; caracterização.

CHARACTERIZATION OF THE SYNTHETIC PRODUCED THROUGH THE FIXED BED SINTERIZER WITH 15% OF VEGETABLE CHARCOAL

Abstract

In steelmaking, one of the most important stages is the agglomeration of the raw material. The fine iron ore must receive a pretreatment through the sintering in which, besides being agglomerated to the flux, it will be subject to possible partial reductions. In the present work, 75% iron ore, 10% limestone and 15% charcoal were used. These raw materials were mixed and then sintered in a vertical fixed bed reactor and temperatures were monitored through thermocouples. After this step, the iron ore slab passed particle size and particle size analysis and the sinter obtained by FRX, XRD, SEM, EDS. The main results of the chemical analysis of the produced sinter were 55.56% Fe_2O_3 , 6.8% FeO, 12.42% CaO and 4.99% SiO_2 . In addition, the predominant mineral phases in the sinter were hematite, magnetite, calciferrite and quartz. The morphological analysis of the sinter revealed pores, light and dark regions with possibly predominance of hematite, magnetite and limestone. The EDS, corroborates with the results of the DRX and FRX. The objective of this work is the physical-chemical characterization of the sinter produced by a vertical fixed bed reactor.

* Contribuição técnica ao 48º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-Primas e 6º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro, parte integrante da ABM Week, realizada de 02 a 04 de outubro de 2018, São Paulo, SP, Brasil.

Keywords: agglomeration; sinter; characterization..

- ¹ *Engenharia de Materiais, graduando, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará e Brasil.*
- ² *Engenharia de Materiais, graduando, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará e Brasil.*
- ³ *Engenheiro Químico, professor, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará e Brasil.*
- ⁴ *Engenheiro Químico, professor, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará e Brasil.*
- ⁵ *Engenheiro Químico, professor, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará e Brasil.*
- ⁶ *Engenheiro Químico, professor, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará e Brasil.*
- ⁷

1 INTRODUÇÃO

A aglomeração do minério de ferro é uma das etapas mais importantes da siderurgia, na qual se visa a redução parcial dos óxidos, a união entre as partículas finas e a incorporação de resíduo à carga^(4,6). Desta forma se viabiliza o manuseio, transporte e utilização do mesmo em alto forno. O processo de sinterização é complexo devido à heterogeneidade do material (matérias primas) e os fenômenos termodinâmicos que acontecem nos processos que afetam as faixas de temperaturas em que o sinter é submetido⁽⁷⁾. Por estes motivos é indispensável a caracterização do sinter de minério de ferro produzido, pois a composição química do sinter tem influência em suas propriedades físicas. O objetivo deste trabalho é a caracterização físico-química, e morfológica do sinter de minério de ferro com 15% de carvão vegetal, para que seja possível a análise de suas propriedades visando o possível emprego em processos de produção do ferro gusa.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

Nesse trabalho foram realizadas as análises de Fluorescência de raio X (FRX), Difractometria de raio X (DRX), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e EDS, Granulometria por peneiramento e massa específica (método do balão volumétrico). Os resultados de FRX foram obtidos em siderúrgica do sudeste do Pará e os de DRX, foram obtidos no laboratório de caracterização de materiais do departamento de geociências da UFPA. A granulometria e massa específica foram realizados nos laboratórios do Departamento de Engenharia Química da UFPA. O resultados de MEV e EDS foram obtidos no Laboratório de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Fluorescência de raio X (FRX), Difratometria de raio X e temperaturaxtempo de sinterização

O sínter produzido com 15% de carvão vegetal apresenta teores de óxidos de ferro de 62,06% conforme resultado na Tabela 1. As fases cristalográficas presentes são de hematita e magnetita de acordo com os resultados obtidos dos difratogramas de raios X. O tempo e as evoluções de temperaturas (Figura 2) não foram o suficiente para se alcançar a redução ideal dos óxidos de ferro. Pode-se observar que no FRX há presença de P_2O_5 e Al_2O_3 , esses óxidos podem vir a ser prejudiciais para as próximas etapas de produção, no entanto, como é feito o carregamento de outros materiais no alto forno esses teores podem resultar em valores próximos aos recomendados no gusa. Neste sínter produzido o fósforo pode ter se originado tanto do minério de ferro quanto do carvão vegetal, já o óxido de alumínio é proveniente do minério de ferro e do fundente. Entretanto, houve somente 0,063% de P_2O_5 , ou seja, não prejudicará a composição do ferro gusa⁽¹⁾.

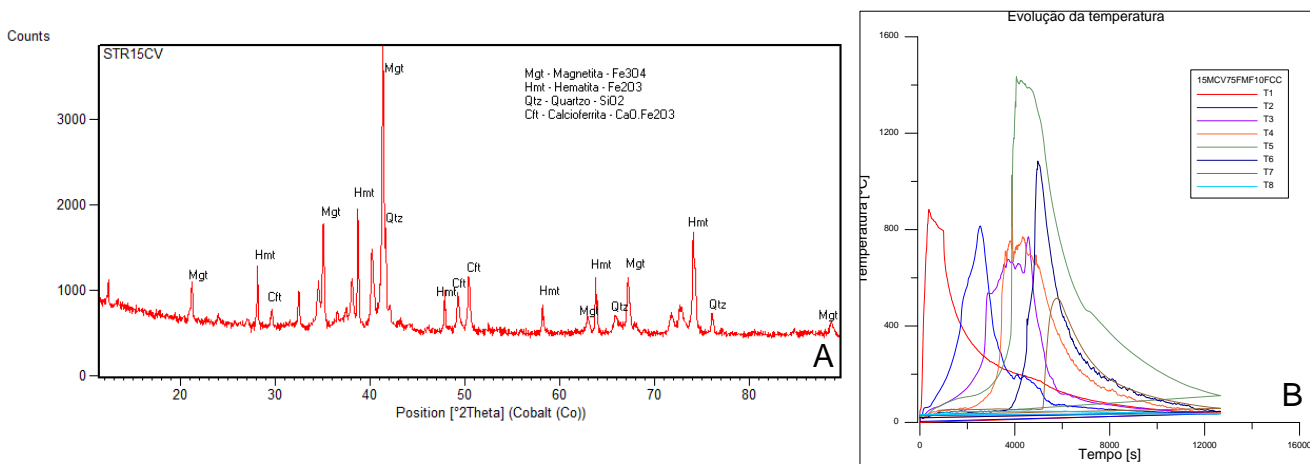


Figura 1. (A) DRX e (B) faixa da temperatura do sínter.

Tabela 1. Composição dos óxidos do sínter

Óxidos	%	Óxidos	%
Fe_2O_3	55,46	MnO	0,4
CaO	12,421	SO_3	0,001
MgO	0,578	K_2O	0,005
Al_2O_3	1,9	TiO_2	0,133
SiO_2	4,99	Cr_2O_3	0,02
P_2O_5	0,063	ZnO	0,057
FeO	6,8	IB	2,49

2.2.2 Massa específica

A massa específica das materiais primas varia de acordo com os tipos de óxidos presente nelas. O método do balão volumétrico⁽²⁾ foi essencial para determinar a média das massas específicas da moinha de carvão vegetal (MCV) foi de $0,8478\text{g/cm}^3$, dos finos de minério de ferro (FMF) $4,0451\text{g/cm}^3$ e dos finos de calcário calcítico igual a $2,6162\text{g/cm}^3$ (Figura 2).

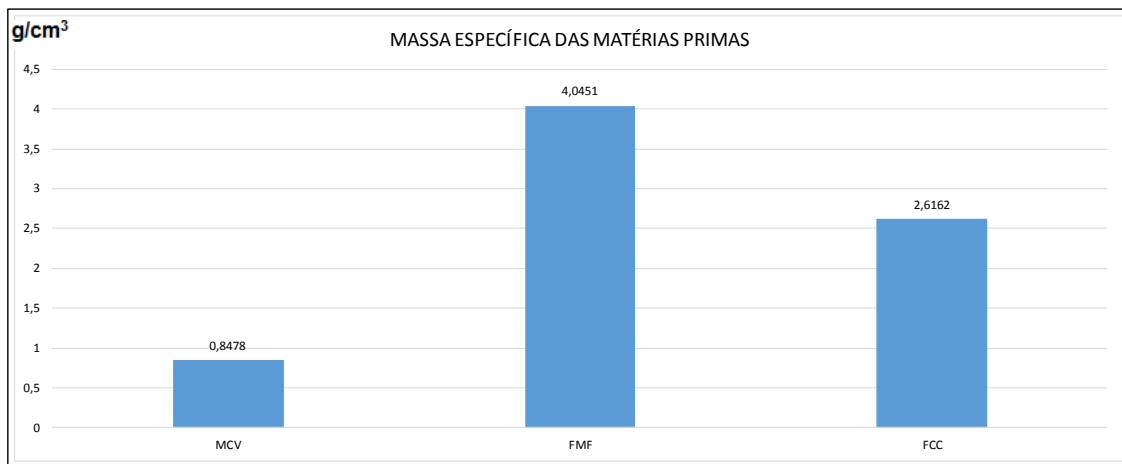


Figura 2. Massa específica das matérias primas.

2.2.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA E EDS

A Figura 3, mostra uma micrografia do sinter na qual se observa a presença de poros que é essencial para facilitar a percolação dos gases em seu interior que facilitarão a reatividade desse material no alto-forno. Na Figura 4, pode-se observar que devido as áreas brancas e escuras na imagem da micrografia do MEV e também devido aos teores dos elementos, Fe, Ca, Al, C e O presentes no EDS pode haver a presença de Magnetita, Hematita e calciferrita.

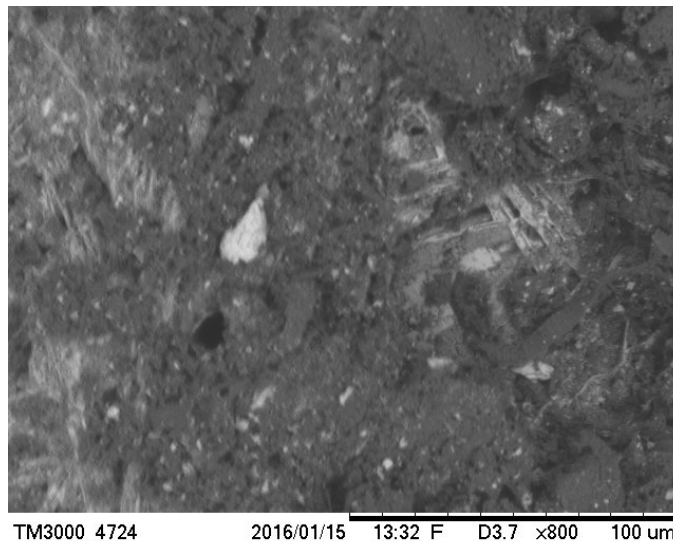


Figura 3. Morfologia do sinter

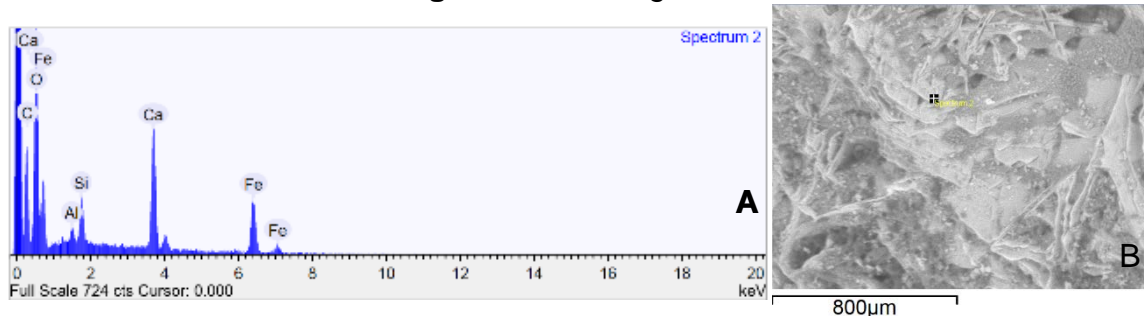


FIGURA 4. (A) EDS do sinter (B) área da obtenção do EDS do sinter

2.2.5 Granulometria do minério de ferro

A granulometria do minério de ferro (Figura 5), revela a que a maior parte do tamanho das partículas se encontra na faixa 4 a 0,105 mm, demonstrando que o processo de sinterização pode ser eficiente devido ao fato de que essa granulometria contribui para a melhor micropelotização dos finos de minério de ferro e também que essa granulometria leva a necessidade da escolha desse processo de aglomeração.

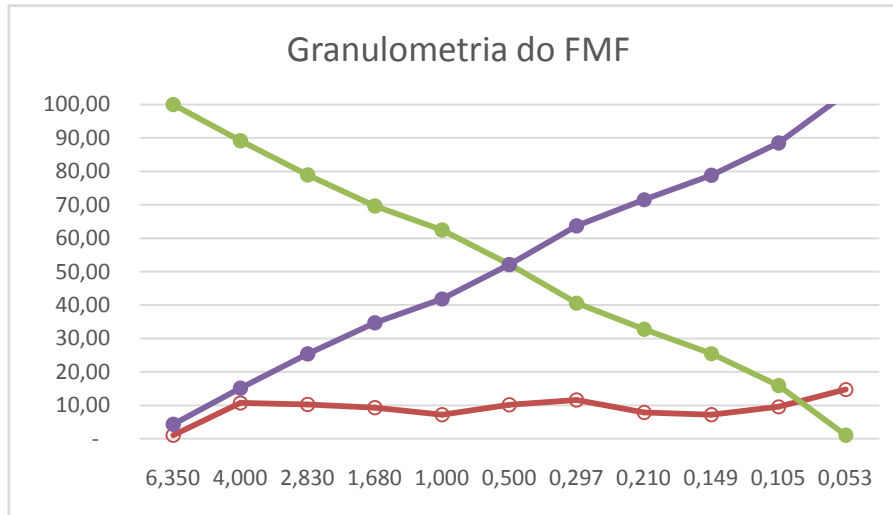


Figura 5. Gráfico dos finos de minério de ferro.

3 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho foi alcançado através das técnicas de análises realizadas com os sínteres produzidos. Os resultados obtidos revelam as características finais do sínter e mostram que possui propriedades interessantes para uma possível utilização em altos fornos. Em concordância com literaturas científicas e as normas de fabricação deste produto, o sínter apresenta porosidade necessária para a percolação dos gases, a quantidade de ferro no material, devido a presença da Hematita e Magnetita, também são muito satisfatórias, e os níveis de impurezas como o P₂O₅ e Al₂O₃ estão abaixo do nível considerado crítico e que possivelmente afetariam de forma negativa a produção do gusa.

REFERÊNCIAS

- 1 COUTO, M. L. F.; COSTA, G. M.; CARIOCA, A. C.; DUTRA, F. C. **Formas de ocorrência de alumínio e fósforo em minérios de ferro.** Tecnologia em Metalurgia Materiais e Mineração. 2010; 6(4):206-209.
- 2 GUIBIANI P. I., REIMERT D. J., REICHERT J. M. **Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo:** exatidão, precisão e tempo de processamento. Ciência Rural, Santa Maria. 2006; 36 (2): p.664-668.
- 3 JUNIOR, F. C.; TAKEHARA, L. **Minério de ferro: geologia e geometurgia.** São Paulo: Blucher; 2013.
- 4 Mourão, Marcelo Breda. **Introdução à siderurgia/ Marcelo Breda Mourão (coordenador).** 1ªed 2007. ABM. São Paulo: 2ª impressão 2011.
- 5 PEREIRA, B. C. E.; CASTRO, L. F. A.; TURRER H. D. G. **Modelo termodinâmico para cálculo de valor em uso no processo de sinterização**

- de minério de ferro.** Tecnologia em Metalurgia Materiais e Mineração. 2018;15(2):103-109.
- 6 TELLES, V. B. **Estudo da influência da sinterização de minérios de ferro na redução por hidrogênio [tese de doutorado].** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; 2015.
- 7 VIEIRA, C. B.; ROSIERE, C. A.; PENA, E..Q; SESHADRI, V.; ASSIS, P. S. **Avaliação técnica de minério de ferro para sinterização nas siderúrgicas e minerações brasileira: uma análise crítica.**REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 56(2): 97-102, abr. jun. 2003