

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA ESCÓRIA Fe-Cr BAIXO CARBONO E RECUPERAÇÃO DA LIGA METÁLICA POR MESA CONCENTRADORA

A. M. S. TEIXEIRA^{1*}, J. A. SAMPAIO¹, L. C. BERTOLINO¹, E. F. CARDOSO² e L. C. P. BORGES²

¹Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/MCTI

²FERBASA - Companhia de Ferro e Ligas da Bahia S/A

haline_santos@yahoo.com.br*

Artigo submetido em novembro/2015 e aceito em setembro/2015

DOI: 10.15628/holos.2015.1826

RESUMO

A escória Fe-Cr baixo carbono, é um dos principais resíduos advindos do processo metalúrgico para obtenção de liga de Fe-Cr. Este resíduo não possui aplicação e encontra-se acumulado em pátios, conforme regulamentação de órgãos ambientais. Este trabalho teve por finalidade caracterizar, sob os aspectos químicos e físicos, a escória Fe-Cr baixo carbono, pertencente à Companhia de Ferro e Ligas da Bahia S/A, FERBASA. Também foram realizados ensaios de concentração gravítica com a finalidade de remover a liga de Fe-Cr ainda residual na escória. As amostras da escória, após as etapas de preparação, foram

submetidas aos ensaios de classificação granulométrica, FRX, lupa binocular e MEV-EDS. A análise dos resultados obtidos por lupa binocular indicou a existência, na escória, de grãos de quartzo, fragmento de rocha/minério e de fases metálicas e vítreas. As análises químicas revelaram teores de 30% de CaO, 15% de MgO e 12% de Cr₂O₃, com partículas metálicas contendo os elementos Fe e Cr associados. As investigações realizadas em mesas concentradoras possibilitaram a obtenção de um concentrado com aproximadamente 25% de Cr, sugerindo a reutilização do mesmo no processo siderúrgico de obtenção da liga de Fe-Cr.

PALAVRAS-CHAVE: escória de Fe-Cr, caracterização, reaproveitamento.

TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SLAG Fe-Cr LOW CARBON AND ALLOY STEEL RECOVERY IN CONCENTRATOR TABLE

ABSTRACT

Low carbon ferrochrome slag is a major waste produced by the metallurgical process of Fe-Cr alloy. Not there is application for this waste and currently it is accumulated in courtyards, according to regulation of environmental agencies. The objectives of this paper were to evaluate the Fe-Cr slag's physical and chemical characteristics, of Company and Ferro Alloys Bahia S/A, and to recover the Fe-Cr alloy contained in the slag using a table concentrator. After preparation, slag samples were submitted for testing particle size classification, FRX,

binocular microscope and SEM-EDS. The results indicated that slag is composed of grains quartz, fragments of rock/ore and metallic phases and vitreous. Slag has about 30% CaO, 15% MgO and 12% Cr₂O₃, with particles containing metallic elements associated with Fe and Cr. The evaluation of results obtained with the table concentrator revealed the possibility of obtaining a concentrate gravitational with approximately 25% Cr suggesting the reuse of slag in the process of obtaining the iron alloy.

KEYWORDS: LCFerCr slag, characterization, reuse.

1 INTRODUÇÃO

As escórias, de um modo geral, podem ser aplicadas em vários setores da economia, para os mais diversos fins, como na composição de cimento, pavimentação, massa de concreto e vitrocerâmica, inclusive na indústria de tintas, como pigmentos, e na agricultura. No entanto, esses setores possuem baixo potencial de consumo e/ou restrições técnicas de uso, o que implica no aumento da quantidade de escória confinada em ambiente especial (NOBILE, 2009).

A escória de ferro-cromo com baixo carbono (FeCrBC) é um dos principais resíduos advindos do processo metalúrgico para a obtenção da respectiva liga. O processo de obtenção da liga FeCrBC se resume em fundir o minério de cromo com cal (fundente do minério de cromo), obtendo-se uma liga rica em Cr_2O_3 , com cerca de 30% Cr, que posteriormente, reage com uma liga de FeCrSi resultando em na liga FeCrBC e uma escória contendo sílica e pobre em cromo. A proporção entre as quantidades de liga produzida e escória gerada é de aproximadamente 2:1 (PRADO e NATALE, 2004). Além disso, durante o processo de resfriamento de escórias de alto-forno, elementos como nitrogênio, carbono, hidrogênio e enxofre são liberados, causando estruturas com alta porosidade (ZETTERMANN, 2001).

A liga FeCrBC é muito utilizada no controle de impurezas na produção de aços de diversas qualidades, como em processos convencionais de produção de aços inoxidáveis, na utilização de ligas a base de níquel com elevados teores de Fe e, para aplicações em setores de tecnologia avançada, como o aeronáutico e aeroespacial (ZETTERMANN, 2001).

No entanto, em relação à escória FeCrBC, existem poucas informações disponíveis, provavelmente, devido às altas concentrações do elemento cromo que impõe limitações ao seu emprego (ZETTERMANN, 2001). Um exemplo é o estudo da aplicação da escória FeCrBC, com 34,0 g/kg, para produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro, que revelou o aumento linear do pH do solo, porém com diminuição do acúmulo de nutrientes e na produção de matéria seca 1 (PRADO e NATALE, 2004).

Em Zimbábue, as ligas remanescentes nas escórias de diferentes produtos e na escória FeCrBC, foram recuperadas por processos de jigagem e sucessivamente separadas por meios magnéticos. As escórias resultantes dos processos de recuperação das ligas foram utilizadas como pasta para briquetes durante aglomeração, para controle de pH em processo de beneficiamento de minérios de ouro, construção civil e para fins agrícolas (CHIRASHA e SHOKO, 2010).

Iniciativas inovadoras devem sempre fazer parte dos objetivos estratégicos do setor de produção de ligas de FeCr para assegurar a sustentabilidade, por meio da utilização de concentrados de minérios, bem como melhorar a produtividade, com menor consumo energético, menor quantidade de escória gerada e maior recuperação de cromo metálico. Ademais, a reutilização de resíduos pode contribuir para solucionar obstáculos ambientais em indústrias de siderúrgicas (NOBILE, 2004). Uma vez que, atualmente, espera-se que em um processo de produção não sejam gerados resíduos e sim subprodutos, ou seja, recursos renováveis e, portanto, ambientalmente amigáveis.

Neste contexto, este trabalho tem por finalidade caracterizar sob os aspectos químicos e físicos a escória FeCrBC, inclusive realizar ensaios em mesa concentradora para a recuperação da liga metálica contida na escória. A escória FeCrBC em estudo pertence à Companhia de Ferro e

Ligas da Bahia S/A, localizada no município de Pojuca - Bahia e, atualmente, encontra-se confinada em pátios apropriados, conforme regulamentação de órgãos ambientais, em decorrência do teor de cromo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo teve início com o recebimento de uma amostra contendo cerca de 500 kg da escória FeCrBC pelo CETEM-MCTI. O material foi homogeneizado e quarteado para a obtenção de uma amostra de aproximadamente 150 kg, cuja fração remanescente foi devidamente identificada e armazenada (SAMPAIO *et al.*, 2007; LUZ *et al.*, 2002).

2.1 Caracterização Tecnológica

Na preparação da amostra, a escória foi submetida as etapas de britagem, por meio de britadores de mandíbulas e de rolos, e classificação granulométrica para a obtenção de uma amostra com granulometria abaixo de 6,37 mm. O material foi homogeneizado e quarteado, por meio de pilhas cônica e pilha prismática, para obtenção de alíquotas de 10 e 1,0 kg (SAMPAIO *et al.*, 2007). Em seguida, alíquotas da escória foram submetidas as análises de distribuição granulométrica, fluorescência de raios X (FRX), lupa binocular e microscopia eletrônica de varredura (MEV-EDS).

A distribuição granulométrica da escória FeCrBC foi determinada por meio do procedimento clássico de peneiramento a úmido utilizando peneiras de 2,362 a 0,037 mm, série *Tyler*, e um peneirador vibratório (SAMPAIO *et al.*, 2007). As frações granulométricas obtidas foram secadas a 70°C e pesadas.

A composição química das frações foram determinadas em um espectrômetro de fluorescência de raios X PanAlytical, modelo Axios com tubo de Rh, utilizando um detector de dispersão de comprimento de onda (WDS). Os resultados foram expressos como óxidos e normalizados a 100%.

A análise em lupa binocular foi realizada com a propósito de determinação dos constituintes por intervalo granulométrico.

O microscópio eletrônico de varredura, FEI Quanta 400, acoplado com um sistema de microanálise química por dispersão de energia (EDS), Bruker Quantax, em modo de alto vácuo foi utilizado para determinar a distribuição das partículas metálicas, por meio de seções polidas da amostra de escória FeCrBC.

2.2 Ensaio em Mesa Concentradora

Uma alíquota de aproximadamente 40 kg da amostra foi cominuída em circuito fechado por meio de britadores de mandíbula e rolos até obtenção de partículas com granulometria inferior a 0,297 mm. No entanto, cerca de 10 kg da amostra permaneceu retida na peneira de 0,297 mm. Esta fração constituída apenas da liga, foi chamada de fração metálica. Na etapa seguinte a amostra foi submetida a um peneiramento a úmido para remoção da fração fina, abaixo de 0,053 mm, cuja fração fina foi pesada e secada em estufa a 70°C.

A fração com granulometria entre 0,297 e 0,053 mm, após secagem, foi submetida ao ensaio em mesa oscilatória. Na alimentação da mesa foi utilizado um alimentador vibratório, por meio do qual a amostra de escória foi descarregada diretamente na mesa concentradora. Os parâmetros operacionais, como amplitude de pulsação e inclinação do tablado da mesa, foram ajustados (LUZ *et al.*, 2002). Em seguida, iniciou-se a alimentação da mesa com fração entre 0,297 e 0,053 mm, cujo ensaio, após atingir o estado de equilíbrio, teve a duração de 55 min. Na etapa seguinte foram coletadas três amostras denominadas de concentrado, misto e leve. Os teores de Cr foram determinados nas frações obtidas no ensaio de mesa oscilatória, pela técnica de absorção atômica com chama $C_2H_2/N_2O/ar$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Tecnológica

A análise dos resultados da distribuição granulométrica da escória, Figura 1, revela que o material possui aproximadamente 50% das partículas com dimensões superiores a 2,362 mm e cerca de 10% das partículas com granulometria inferior a 0,147 mm.

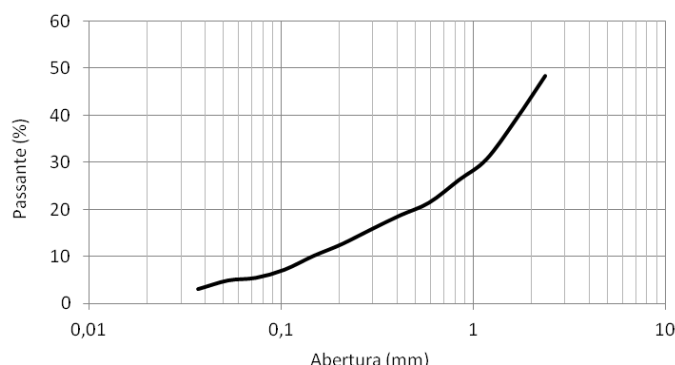


Figura 1 – Distribuição granulométrica da escória FeCrBC.

A análise dos resultados da composição química das frações, Figura 2, indica que a escória possui 30% de CaO; 15% MgO. Esses teores são considerados satisfatórios para o uso desta escória na agricultura, porém o teor de Cr_2O_3 de 12% inviabiliza o aproveitamento da escória no setor agrícola. Além disso, o teor de Cr_2O_3 é superior aos dados encontrados na literatura para este tipo de escória, que possui em média 5% Cr_2O_3 (KONARBAEVA *et al.* 2010; PRADO E NATALE, 2004).

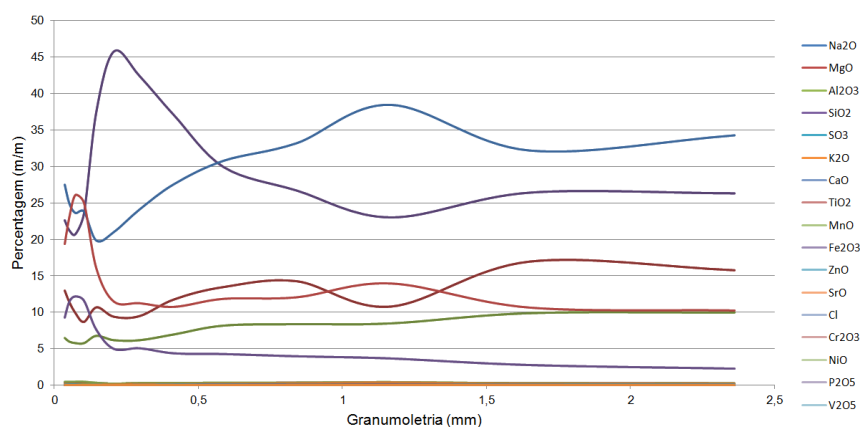


Figura 2 – Composição química das frações granulométricas da escória FeCrBC.

Nas fotografias das frações granulométricas obtidas por meio da lupa binocular, Figura 3, foi observada que os fragmentos de escória possuem forma irregular, textura porosa e brilho vítreo, e um segundo tipo, com forma esférica e brilho metálico. Constatou-se a existência de partículas metálicas em todas as frações analisadas e liberadas abaixo de 0,297 mm, com predominância nas frações entre 0,147 a 0,053 mm.

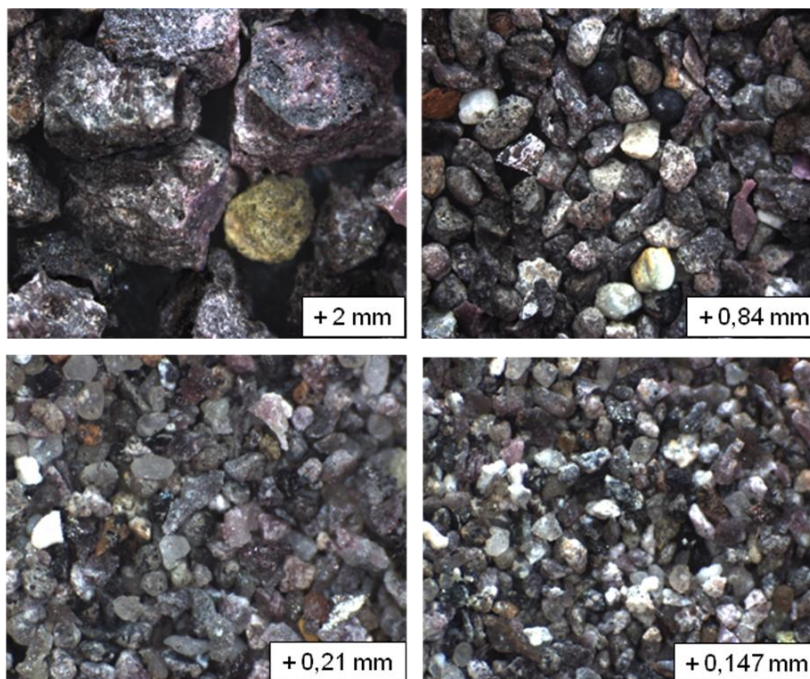


Figura 3 – Fotografias das frações granulométricas + 2; + 0,84; + 0,21; + 0,147 mm da escória FeCrBC.

A análise das micrografias das seções polidas da amostra de escória Fe-Cr BC, Figura 4, indica que o Fe-Cr está distribuído segundo pequenas partículas esféricas, dispersas na amostra, de aproximadamente 400 μm , que pode dificultar sua efetiva separação durante o processamento da escória (ZETTERMANN, 2001).

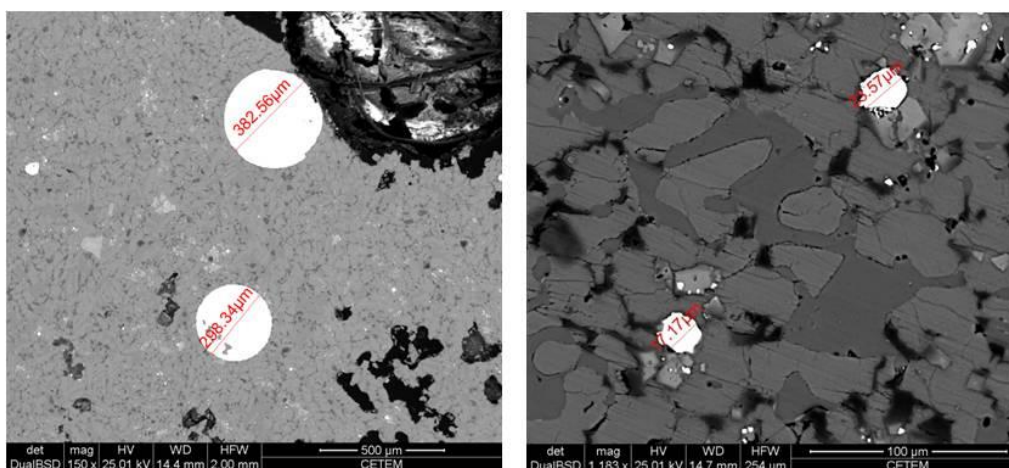


Figura 4 – Imagens de elétrons retroespalhados da escória FeCrBC.

A forma esférica que as partículas metálicas assumem é devido ao fenômeno da tensão interfacial entre metal e escória. Quando imersa em um fluido, cada molécula (ou partícula) está envolvida por moléculas possuindo campos de força de atração com intensidades similares e,

portanto, o campo total agindo em cada partícula é uniforme em todas as direções (ZETTERMANN, 2001).

Ademais, por meio do EDS, Figura 5, foi observado que as partículas possuem os elementos cromo e ferro associados.

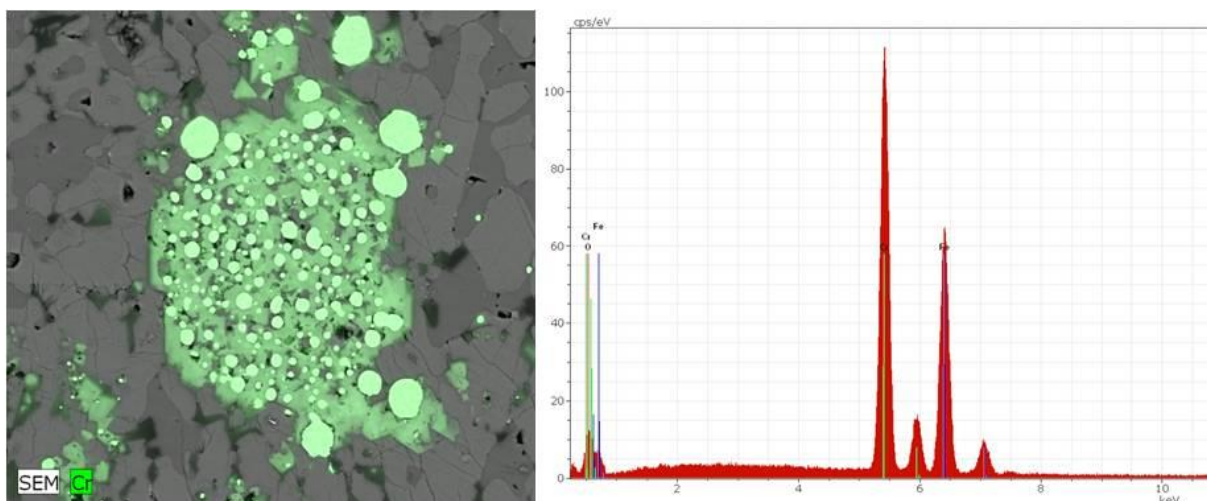


Figura 5 – Imagens de elétrons retroespalhados da escória FeCrBC e EDS das partículas claras.

3.2 Ensaio em Mesa Concentradora

Na Tabela 1 estão relacionados os teores de Cr das frações obtidas no ensaio de mesa concentradora, bem como o balanço global.

Tabela 1 – Teores de Cr das frações obtidas no ensaio de mesa oscilatória da escória FeCrBC.

Produtos	% Balanço Global (m/m)	% Cr (m/m)
+0,297 mm	23,5	12,2
-0,053 mm	22,5	5,5
Leve	20,5	6,0
Concentrado	3,9	25,5
Misto	29,9	4,61

A avaliação dos resultados permite dizer que a fração leve, obtida pelo processo de separação por mesa oscilatória, possui cerca de 6% de Cr na sua composição. Este teor compromete o uso da escória, fração leve, como corretivo de solos agrícolas, já que o teor mínimo de Cr admitido pelo MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é de 500 mg/kg (BRASIL, 2006).

4 CONCLUSÕES

A composição química da escória Fe-Cr BC possui elevados teores de Cr_2O_3 , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO e SiO_2 . A escória britada abaixo de 6,73 mm é constituída principalmente de fragmentos de escória metálica e vítrea, grãos de quartzo e fragmentos de rocha/minério.

As análises das imagens de MEV-EDS e lupa binocular revelaram que as partículas metálicas são esféricas, com tamanhos de partículas de aproximadamente 400 μm e possuem o

elemento cromo associado ao ferro, corroborando com os resultados de FRX e as partículas metálicas estão liberadas abaixo de 0,297 mm.

Os resultados preliminares obtidos nos ensaios de mesa concentradora revelam que é possível à obtenção de concentrado gravítico com aproximadamente 25% de Cr e, portanto, com características adequadas para sua reutilização no processo siderúrgico de obtenção da liga de Fe-Cr, proporcionando melhor aproveitamento econômico da escória.

5 AGRADECIMENTOS

Ao CETEM-MCTI e a Companhia de Ferro e Ligas da Bahia S/A.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Instrução Normativa nº 35, de 04 de Julho de 2006. Diário Oficial da União, República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 jul. 2006. Seção 1, p. 32.
2. CHIRASHA, J.; SHOKO, N.R. Zimbabwe Alloys Ferro Chromium Production: from Cradle to Grave Sustainably. Proceedings of the 12th International Ferroalloys Congress: *Sustainable Future*, p. 391-399, Helsinki, Finland, 2010.
3. KONARBAEVA, A.; AKUOV, A.; TOLYMBEKOV, M. Petrographic Anaysis of Low-Carbon Ferrochrome Slag. Proceedings of the 12th International Ferroalloys Congress: *Sustainable Future*, p. 245-248, Helsinki, Finland, 2010.
4. LUZ, A. B.; SAMPAIO, J.A.; ALMEIDA, S.L.M. Tratamento de Minérios. 4 edição. CETEM/MCTI, Rio de Janeiro, p. 858, 2002.
5. NOBILE, F.O. Uso Agronômico da Escória de Siderurgia. Rev. Uniara, n. 22, p. 108-128, 2009.
6. PRADO, R.M; NATALE, W. Efeito da Aplicação da Escória de Siderurgia Ferrocromo no Solo, no Estado Nutricional e na Produção de Matéria Seca de Mudras de Maracujazeiro. Rev. Bras. Frutic., v. 26, n. 1, p. 140-144, 2004.
7. SAMPAIO, J.A.; FRANÇA, S.C.A.; BRAGA, P.F.A. Tratamento de Minérios: Práticas Laboratoriais. CETEM-MCTI, Rio de Janeiro, p. 570, 2007.
8. ZETTERMANN, L.F. Caracterização da escória de Aço Inoxidável com vistas a seu reaproveitamento no Processo de Produto do Aço. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 68 p., 2001.