

LIXIVIAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA PARA PRODUÇÃO DE SULFATO DE FERRO E SULFATO DE MAGNÉSIO

Suzy Magaly Alves Cabral de Freitas¹ (suzymacfreitas@gmail.com), Eder Henrique de Barros¹ (ederhenrique35@yahoo.com.br), Paulo Santos Assis¹ (assis.ufop@gmail.com), Máximo Eleotério Martins¹ (maximomartins@gmail.com)

1 UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

RESUMO

Proveniente do processo de produção do aço, a escória de aciaria gerada em convertedores a oxigênio é um resíduo sólido que possui características físicas e químicas importantes para sua utilização nas diversas áreas da engenharia. Atualmente, a utilização e desenvolvimento de produtos a partir da escória de aciaria têm contribuído economicamente e ambientalmente para as empresas produtoras de aço, pois este coproduto é considerado um passivo ambiental quando não comercializado. Este trabalho tem a finalidade de avaliar a produção de sulfato de ferro e sulfato de magnésio a partir de escória de aciaria. Estes compostos são utilizados em diversas áreas da engenharia, como na indústria alimentícia, farmacêutica e na produção de fertilizantes. Para tal, procedeu-se a coleta de amostras, as quais foram beneficiadas, caracterizadas e lixiviadas com ácido sulfúrico. Os resultados obtidos mostram que ocorreu uma considerável formação de sulfato de ferro e sulfato de magnésio pelo processo de lixiviação ácida a partir da escória de aciaria.

Palavras-chave: Escória de aciaria, Resíduos sólidos, Reciclagem.

LEACHING OF STEEL SLAG FOR PRODUCTION OF IRON SULFATE AND MAGNESIUM SULPHATE

ABSTRACT

From the steel production process, the steel slag is a solid residue having physical and chemical characteristics important for its use in various areas of engineering. Currently, the use and development of products from steel slag have contributed economically and environmentally for the steel-producing company, as this coproduct is considered an environmental liability when not marketed. This work has the purpose of evaluating the production of iron sulphate and magnesium sulphate from steel slag. These compounds are used in several areas of engineering, such as in the food industry, pharmaceutical industry and in the production of fertilizers. For this purpose, samples were collected, which were benefited, characterized and leached with sulfuric acid. The results show that a considerable formation of iron sulphate and magnesium sulphate occurred by the acid leaching process from the steel slag.

Keywords: Steel slag, Solid waste, Recycling.

1. INTRODUÇÃO

A busca por um desenvolvimento sustentável tem direcionado as empresas do setor siderúrgico a desenvolver novas políticas sócias ambientais que contribuam para o crescimento humano, ambiental e econômico das indústrias. A gestão ambiental realizada dentro das corporações tem causado um impacto positivo na rentabilidade e imagem das empresas junta a sociedade.

Com maior controle dos processos produtivos as empresas estão conseguindo mapear os impactos ambientais causados na linha de produção. Alguns destes impactos são causados por resíduos oriundos dos processos de fabricação, indicando a necessidade de se transformar resíduos em coprodutos, direcionando sua utilização a outros setores da engenharia.

Nesta linha, Quijorna et al.(2011) citam o termo Ecologia Industrial (EI) para descrever o design de processos industriais e estratégias empresariais destinadas a alcançar o referido desenvolvimento. Observam ainda que, a chave do EI é tratar processos e indústrias como sistemas interativos, tais que os resíduos ou subprodutos de uma são utilizados como entrada para outro (reciclagem em circuito fechado).

O Quadrilátero Ferrífero, mundialmente reconhecido por suas riquezas minerais, e por consequência, pela existência de várias siderúrgicas e mineradoras, é um território com ampla disponibilidade de resíduos sólidos industriais diversos. Segundo o World Steel Association, em 2015 a produção de aço bruto chegou a 1,62 bilhões de toneladas, sendo 1,20 bilhões de toneladas utilizando convertedores à oxigênio. No Brasil, utilizando este processo produtivo, esse montante foi de 26Mt. Em 2014 foram gerados cerca de 19Mt de resíduos, sendo que a escória de aciaria representou 29% (IABr, 2014), uma vez que para cada tonelada de aço foram produzidos 120 kg de escória LD/BOF (WIMMER et al., 2014).

Pacheco et al. (2014) ao estudarem o uso da escória de aciaria LD na construção civil observaram que, de acordo com o Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS), as escórias não são classificadas como resíduos perigosos. Junior (2012) em seu estudo afirma ainda que, por meio da norma NBR 10.004 (ABNT, 2004), este resíduo se enquadra na classe II-A, resíduos não perigosos e não inertes. Quanto à destinação, em quase todos os países e inclusive o Brasil, a escória de aciaria pós-processada apresenta parcela significativa estocada em grandes áreas, sem quase nenhuma agregação de valor (RAMOS et al., 2015). A necessidade do estudo de alternativas sustentáveis para o reuso deste material surge da demanda crescente da produção de aço, associado ao aumento da geração de resíduos, visto que em diferentes estados brasileiros as possibilidades de aplicações não estão amplamente difundidas, e o material não é devidamente conhecido (FERNANDES, 2010).

Com a nova Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), há uma tendência em convergir para a amplificação e diversificação das aplicações desses resíduos sólidos industriais (RSI's). A produção de sulfato de ferro e sulfato de magnésio através de lixiviação da escória de aciaria se justifica devido as diversas aplicações destes compostos, em diversas áreas da engenharia como: indústria farmacêutica, indústria de alimentos, agricultura entre outras áreas de aplicação.

Atualmente uma variada gama de testes de lixiviação é empregada para prever o impacto ambiental causado pela disposição de uma matriz contendo resíduo. Entretanto, destaca-se que, o teste de lixiviação no presente estudo tem a finalidade de avaliar o potencial de geração de sulfatos a partir da escória de aciaria, e não a caracterização ambiental.

1.1. Geração de Escória de Aciaria LD (Linz –Donawitz)

O processo com convertedor LD é responsável por refinar o ferro gusa proveniente dos altos-fornos e transformá-lo em aço. Sua utilização vem ganhando espaço na indústria devido a sua alta produtividade aliada a custos satisfatórios e versatilidade uma vez que fabrica diversos tipos de aço (ABM, 2008). Esse processo é o mais utilizado no Brasil e representou de abril de 2016 a abril de 2017, 79,3% da produção de aço bruto (IAB, 2017).

Os reatores metalúrgicos de obtenção de aço que utilizam oxigênio têm a função de reduzir os teores de carbono presentes no ferro gusa de 4% para 1% além de outros constituintes como: silício, enxofre e fósforo (MACHADO, 2000).

Após a retirada da escória em um recipiente mais conhecido como “pote de escória”, o mesmo é transportado a um local adequado onde a escória é basculada e, posteriormente, resfriada por jato de água, este resfriamento rápido causa tensões na escória quando ela tende a passar do estado líquido para o estado sólido. Este procedimento facilita processos subsequentes de recuperação de material metálico e destinação da escória em pátios de estocagem.

A intensa pesquisa no reaproveitamento da escória proveniente da indústria siderúrgica inclui esse material como um coproduto da produção do aço, e não mais um resíduo sólido. Esta afirmação é amplamente aceita, já que a escória possui valor econômico e pode ser utilizada como alternativa aos agregados naturais, insumo de processos industriais e diversos outros fins.

O Instituto Aço Brasil (2014) em seu último Relatório de Sustentabilidade mostrou que a escória de aciaria tem como principais aplicações: bases e estradas (62%), nivelamento terrestre (20%), uso agrônômico (7%), cimento (5%), lastro rodoviário (1%) e outras (5%).

2. OBJETIVO

Avaliar a utilização da escória de aciaria para produção de sulfato de ferro e sulfato de magnésio através de lixiviação com ácido sulfúrico.

3. METODOLOGIA

3.1. Materiais

As amostras de escória foram fornecidas por uma empresa localizada no Quadrilátero Ferrífero, na região do Vale do Aço – Minas Gerais. A escória encontrava-se estocada em pilhas, com alturas de até 4,6 metros, nos pátios da empresa. Antes da estocagem, elas foram resfriadas bruscamente com água, passaram por um processo de separação magnética, britagem e classificação granulométrica, encontrando-se em uma faixa granulométrica de até 60 mm. A amostragem foi feita de acordo com a NBR 10.007/2004 em pilhas com idade de 1 ano, armazenadas em pátios abertos de estocagem.

Em laboratório foram separadas 300g de amostra com granulometria abaixo de 0,15 mm para o ensaio de lixiviação. Os reagentes utilizados foram: Água destilada, Ácido Clorídrico Concentrado (HCl) e Ácido Sulfúrico Concentrado 98% (H₂SO₄).

3.2. Métodos

A determinação do teor de metais presentes na escória LD e solução lixiviada foram realizadas empregando o espectrofotômetro de emissão ótica com fonte plasma - ICP/OES (Espectrômetro de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente) modelo 725-ES, Varian.

Preparação da Solução Concentrada

- Pesou-se 0,5 g da amostra em uma balança analítica;
- Transferiu o material pesado para um erlenmeyer de 250 ml;
- Adicionou-se 30 ml de ácido clorídrico (HCl -concentrado), seguido de agitação por 30 minutos com rotação a 30rpm;
- Na sequencia a amostra foi filtrada. O material filtrado foi transferido para um balão volumétrico de 200 ml;
- Foi adicionada água destilada ao balão volumétrico para completar o seu volume.

Com a solução concentrada foram preparadas soluções diluídas 50 e 1000 vezes. As soluções diluídas foram encaminhadas a análise química.

Lixiviação da amostra por ácido sulfúrico

- Primeiramente pesou-se 1g da amostra com granulometria abaixo de 0,15 mm em uma balança analítica. O material pesado foi transferido para um erlenmeyer de 250 ml onde foi adicionado 10 ml de ácido sulfúrico com concentração de 1:1;
 - Deixou-se por 30 minutos ocorrer a reação de lixiviação da amostra com ácido sulfúrico e após este tempo a solução foi filtrada. A solução lixiviada foi transferida para um balão volumétrico de 200 ml, onde foi adicionada água destilada até completar o volume do balão volumétrico.
- Com a solução lixiviada foram preparadas soluções diluídas 50 e 1000 vezes. As soluções diluídas foram encaminhadas a análise química.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização Química da Escória LD

A concentração inicial da solução concentrada, de acordo com as informações do item “Preparação da Solução Concentrada”, foi de 2500mg/L. A concentração dos metais em (mg/L) presentes nas soluções diluídas foi convertida em porcentagem de metais, tendo como referencia a concentração inicial calculada. O teor médio de metais na amostra de escória de aciaria LD pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Teor de metais na escória de aciaria LD.

Elemento Químico	Diluição de 1000x(%)	Diluição de 50X(%)	Média(%)
Alumínio	3,00	2,32	2,66
Ástato	-	-	-
Bário	1,40	0,12	0,76
Cálcio	46,60	46,60	46,60
Cádmio	0,72	0,06	0,39
Cobalto	0,16	-	0,08
Cromo	0,48	0,38	0,43
Cobre	1,00	0,04	0,52
Ferro	20,86	22,10	21,48
Potássio	2,40	0,56	1,48
Magnésio	14,90	14,32	14,61
Manganês	2,26	3,36	2,81
Níquel	0,20	-	0,10
Silício	1,24	0,32	0,78
Estrôncio	-	0,02	0,01
Zinco	-	0,22	0,11

4.2. Lixiviação da amostra

O teor de metais presentes na solução lixiviada foi calculado a partir da concentração dos metais nas soluções lixiviadas diluídas, conforme descrito no item 4.1.

A concentração inicial da solução lixiviada, de acordo com as informações do item “Lixiviação da amostra por ácido sulfúrico”, foi de 5000mg/L. Assim, o teor médio de metais nessa solução foi calculado, conforme apresentado na Tabela 2.

4.3. Avaliação Global do Processo

O potencial de formação de sulfatos foi avaliado de forma elementar, dividindo a porcentagem do metal na solução lixiviada (Tabela 2) pelo teor do referido metal na amostra de escória LD (Tabela 1). Os resultados mostram que 53,2% do ferro e 49,3% de magnésio presentes na amostra foram disponibilizados para a solução. Estes resultados indicam o potencial de formação dos sulfatos de ferro e magnésio, os quais têm aplicações diversas na indústria e na agricultura como componente de fertilizantes, atuando como nutriente para diversas culturas.

Como se sabe o sulfato de cálcio é um composto sólido a temperatura ambiente, logo tomando este material como referência, pode-se concluir que a separação sólido/líquido mostrou-se eficiente, pois o teor de cálcio presente na solução lixiviada se mostrou baixa, comparado à amostra inicial.

Tabela 2: Teor de metais na solução lixiviada.

Elemento Químico	Diluição de 1000x (%)	Diluição de 50X (%)	Média (%)
Alumínio	0,66	1,16	0,91
Ástato	-	-	-
Bário	0,41	0,02	0,21
Cálcio	5,80	7,54	6,67
Cádmio	-	0,14	0,07
Cobalto	-	-	-
Cromo	0,10	0,12	0,11
Cobre	-	-	-
Ferro	11,64	11,22	11,43
Potássio	-	0,26	0,13
Magnésio	7,00	7,40	7,20
Manganês	1,56	1,46	1,51
Níquel	-	-	-
Silício	0,70	0,26	0,48
Estrôncio	-	-	-
Zinco	0,50	-	0,25

5. CONCLUSÃO

A avaliação da utilização da escória de aciaria para produção de sulfato de ferro e sulfato de magnésio através de lixiviação com ácido sulfúrico foi considerada positiva. Soma-se ainda o potencial de produção do sulfato de manganês. Espera-se com este estudo contribuir para a valorização da escória de aciaria LD.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA, MATERIAIS E MINERAÇÃO-ABM- Estudo prospectivo do setor siderúrgico 2008. Disponível em: <<http://www.abmbrasil.com.br/epss/>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10004 – Resíduos Sólidos (Classificação). Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10007 – Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. (acessado 04.10.15).

FERNANDES, D. P., 2010. Estudo de estabilização química, geomecânica e ambiental das escórias de aciaria LD para fins de aplicação como material de lastro ferroviário em vias sinalizadas. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 142p.

INSTITUTO AÇO BRASIL – IAB – Estatística Preliminar. Numero 026, Abril 2017. Disponível em : < http://www.acobrasil.org.br/site/arquivos/estatisticas/Preliminar_Maio_2017.pdf> Acesso 17 de maio de 2017.

INSTITUTO AÇO BRASIL – IAB – Números de Mercado – Sustentabilidade 2014. disponível em : <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/instituto/index.asp>> Acesso 12 de junho. 2014.

INSTITUTO AÇO BRASIL – IABR 2014. Dados de Mercado. Disponível em: < <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco> >. Acesso em 20 de Fevereiro de 2016.

JUNIOR, L. A. B. P., 2012. Fabricação de cimento Portland contendo mistura de escória de aciaria LD e resíduo de granito. Dissertação (mestrado). Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória. 162p.

MACHADO, A.T. Estudo comparativo dos métodos de ensaio para avaliação da expansibilidade das escórias de aciaria. São Paulo : Dissertação de mestrado. POLI/USP,2000.135 p.

PACHECO, L. S.;BORGES, P. H. R.; LOURENÇO, T. M. F.; FOUREAUX, A. F. S. Estudo comparativo da análise de ciclo de vida de concretos geopoliméricos e de concretos à base de cimento Portland composto (CP II). Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 153-168, abr./jun. 2014.

QUIJORNA, N.; MIGUEL, S. G.; ANDES, A. (2011) Incorporation of Waelz slag into commercial ceramic bricks: A practical example of industrial ecology. Ind. Eng. Chem. Res., n. 50, p. 5806-5814.

RAMOS, F. M.; POLISSENI, A. E.; FREESZ, J. W. S. Gestão ambiental da escória de aciaria. Portal metálica - Construção civil. <http://www.metalica.com.br/gestao-ambientalda-escoria-de-aciaria>. <acessado em: 01/09/2015>.

Wimmer, G., Wulfert, H., Fleischanderl, A., Werner, A., Fenzl, T., 2014. BOF Converter Slag Valorization. AISTech, Iron and Steel Technology Conference and Exhibition, India-napolis. 297-303.

WorldSteel Association. Steel's contribution to a low carbon future and climate resilient societies. Worldsteel. January, 2015. Available from: <http://www.worldsteel.org/publications/position-papers/Steel-s-contribution-to-a-low-carbon-future.html>. Accessed: 09/12/15.