

# GESTÃO AMBIENTAL DAS ESCÓRIAS DE ACIARIA GERADA PELA SIDERÚRGICA NA VISÃO DA NBR10004 PARA UTILIZAÇÃO EM OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL <sup>1</sup>

*Antônio Eduardo Polisseni* <sup>2</sup>

*Luiz Cezar Duarte Pacheco* <sup>3</sup>

*Glenda Lasneaux Vivas* <sup>4</sup>

## **Resumo**

Com a crescente necessidade de se utilizar a idéia do “desenvolvimento sustentável” a fim de minimizar os impactos como a geração de resíduos pelas indústrias, o presente artigo aborda alguns usos da escória de aciaria elétrica e um estudo a respeito da sua caracterização ambiental. Para a caracterização ambiental de resíduos sólidos foi necessário avaliar dois fenômenos: lixiviação e solubilização. Os métodos de ensaio utilizados para a qualificação de um resíduo em termos ambientais estão prescritos nas normas NBR 10005 e NBR 10006 para lixiviação e solubilização respectivamente. Os resultados foram avaliados, por meio da NBR 10004. Resultados mostraram que dos três grupos de escórias utilizadas duas foram consideradas como classe II A, ou seja, não perigosas e não inertes sob o ponto de vista ambiental. Para concluir, foi avaliado a necessidade da integração dos conhecimentos em relação a abordagem ambiental entre alunos, professores e indústrias, para uma maior conscientização dos problemas inerentes á geração de resíduos com a proposta de novas disciplinas, normas, projetos, debates e campanhas.

**Palavras-chave:** Escória; Caracterização; Solubilização; Lixiviação.

## **ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF SLAGS GENERATED BY STEELWORKS OVER THE VISION OF NBR10004 FOR USE IN CIVIL ENGINEERING**

### **Abstract**

With the growing need to use the idea of “maintainable development” in order to minimize the impacts as the generation of residues for the industries, this paper addresses some uses of the slag of electric steelworks and a study regarding its environmental characterization. For the environmental characterization of solid residues, it was necessary to evaluate two phenomena: leaching and solubilization. The test methods used for the qualification of a waste in the environment are prescribed in the standards NBR 10005 and NBR 10006 to leaching and solubilization respectively. The results were evaluated according to NBR 10004. Results showed that the three groups of slag used two were considered as Class II A, that is, non-hazardous and not inert from the environmental point of view. In conclusion, was assessed the need for integration of knowledge on environmental approach between students, teachers and industry, to a greater awareness of the problems inherent to the generation of waste with the proposal of new disciplines, standards, projects, debates and campaigns.

**Key words:** Slag; Characterization; Solubilization; Lixiviation.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

<sup>2</sup> *Doutor. Departamento de Construção Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil*

<sup>3</sup> *Mestre. Departamento de Transportes, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil*

<sup>4</sup> *Bolsista de Iniciação Científica da Faculdade de Engenharia - UFJF - Minas Gerais, Brasil*

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional acompanhado pela industrialização e urbanização, o problema ambiental vem sendo cada vez mais evidenciado e discutido para encontrar uma forma de se evitar impactos ambientais.

A meta atual de vários setores é a adequação ao desenvolvimento sustentável, onde o objetivo é atender às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades.<sup>(1)</sup>

A conscientização de que locais de depósitos duram pra sempre deve ser extinta e por isso a importância do reuso dos recursos deve ser cada vez mais enfatizada e estudada. A finalidade disso é de evitar o lançamento de resíduos ao meio e também aproveitar a potencialidade dos materiais que em princípio são considerados como lixo.

Dessa forma, a construção sustentável deve basear-se na prevenção e redução dos resíduos pelo desenvolvimento de tecnologias limpas, no uso de materiais recicláveis ou reutilizáveis, no uso de resíduos como materiais secundários e na coleta e deposição inerte. Isso serve não só para resíduos gerados pela própria indústria da construção, mas também para a possibilidade de estudar e reutilizar resíduos advindos de outros setores, uma vez que a construção apresenta grande versatilidade em termos de materiais de construção.

Os estudos já consagrados da substituição de parte do cimento Portland por escória (escória granulada de alto-forno, cinza pozzolânica e sílica ativa) têm grande importância, pois há um ganho econômico para tais recursos naturais. Também reduz os danos à natureza causados pela disposição desses resíduos ao ar livre e contribui também para a diminuição dos percentuais de CO<sub>2</sub> adicionados à atmosfera durante a fabricação do cimento Portland. Em termos de concreto, o emprego de adições minerais (escória granulada de alto-forno e cinza pozzolânica) ao cimento Portland (em substituição ao clínquer) produz concretos e argamassas com resistência mais elevada ao longo do tempo. Isso aumenta a durabilidade com relação à penetração de líquidos, gases e íons, quando comparados a concretos e argamassas produzidos somente com cimento Portland.

Para se ter um controle e uma seleção da escória para seu uso, ensaios de caracterização devem ser realizados e, entre eles estão o físico, químico, mineralógico, microestrutural e ambiental. A caracterização ambiental da escória de aciaria elétrica é um fator decisivo para seu uso, qualificando a escória quanto a sua periculosidade.

Para a caracterização ambiental de resíduos sólidos é necessário avaliar dois fenômenos de acordo com o que preconiza a normalização brasileira: lixiviação e solubilização. Os métodos de ensaio utilizados para a qualificação de um resíduo em termos ambientais estão prescritos nas normas NBR 10005<sup>(2)</sup> e NBR 10006<sup>(3)</sup> para lixiviação e solubilização, respectivamente. Os resultados são avaliados por meio na NBR 10004<sup>(4)</sup> caracterizando as amostras de escória como sendo perigosas ou não ao meio ambiente, bem como seu comportamento, se inerte ou não.

## 2 OBJETIVO

Mostrar os resultados obtidos quando da caracterização ambiental, de acordo com a normalização brasileira, de três tipos de escória de aciaria elétrica com diferentes tempos de exposição ao meio ambiente, utilizando os métodos de ensaio

prescritos nas normas NBR 10005<sup>(2)</sup>, para lixiviação, e NBR 10006<sup>(3)</sup> para solubilização. A avaliação dos resultados segue a metodologia da NBR 10004.<sup>(4)</sup>

### 3 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DE ACORDO COM A NORMALIZAÇÃO BRASILEIRA

O ensaio de lixiviação<sup>(2)</sup> avalia o potencial de liberação dos componentes constituintes dos resíduos para o meio ambiente e, portanto, seu potencial de vir a impactar solos e águas subterrâneas.

O ensaio de solubilização<sup>(3)</sup> avalia o potencial dos resíduos de liberar seus componentes constituintes para a água pura, comparativamente ao padrão de potabilidade.

Com os resultados obtidos nos ensaios de lixiviação e solubilização, e de acordo com a NBR 10004,<sup>(4)</sup> os resíduos podem ser classificados em dois grupos de acordo com suas características:

- i. Resíduos perigosos (Classe I)
- ii. Resíduos não-perigosos (Classe II)

Os resíduos não-perigosos, por sua vez, podem ser divididos em dois subgrupos:

- iii. Inertes (Classe II B)
- iv. Não inertes (Classe II A)

Tamassia<sup>(5)</sup> cita que, dos resíduos gerados por diversos processos industriais, 3% dos resíduos se encontram na Classe I, 95% na Classe II A e 3% dos resíduos na Classe II B. A figura 1 ilustra o comentado feito anteriormente e mostra que as escórias de aciaria se encontram no limite entre a Classe II A e a Classe II B, sendo que a grande maioria delas se apresenta na Classe II A.

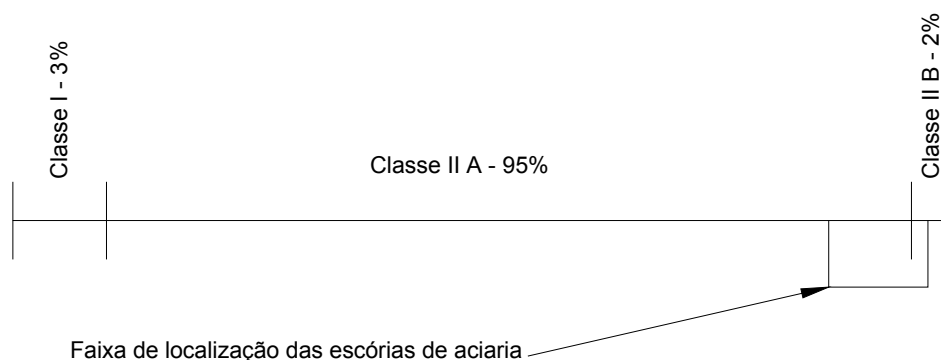


Figura 1. Classificação ambiental geral dos resíduos e faixa de localização da escória de aciaria.<sup>(5)</sup>

#### 3.1 Metodologia para a Caracterização Ambiental: Fase Experimental

Para a apresentação da caracterização ambiental deste trabalho, de acordo com os ensaios mencionados anteriormente, foi utilizada uma escória de aciaria elétrica de uma siderúrgica que produz aço pelo processo de forno elétrico a arco, com três diferentes tempos de estocagem.

##### 3.1.1 Coleta e preparação das amostras de escória de aciaria elétrica

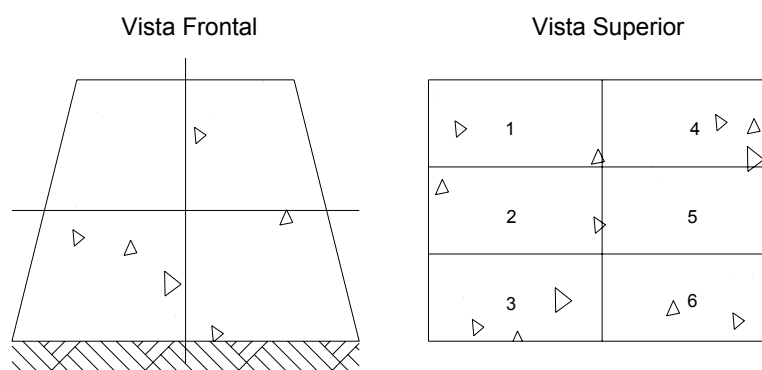
A coleta de amostras de escórias, que estavam estocadas em pilhas, seguiu a metodologia preconizada por Masuero,<sup>(6)</sup> onde as regiões de coletas levam em consideração uma divisão virtual da pilha em seis quadrantes e duas alturas,

totalizando doze regiões de amostragem na pilha de cada escória (Figura 3). Este procedimento atende ao que se refere à NBR 10007<sup>(8)</sup> em função de coletas individuais em diversos pontos da pilha de estocagem.

Em conformidade com a NBR 10007,<sup>(8)</sup> os três tipos de amostras de escória de aciaria elétrica coletadas foram:

- i. E1 – escória recém estocada, ou seja, decorridos aproximadamente 72 horas desde a sua geração, transporte para a planta de britagem, britagem para a retirada da fração metálica.
- ii. E2 – escória estocada há 6 meses.
- iii. E3 – escória estocada há 24 meses.

As escórias foram acondicionadas em bombonas plásticas sendo que para cada tipo de escória foram coletadas cerca de 500kg.



**Figura 3.** Regiões virtuais de amostragem da escória nas pilhas de estocagem.<sup>(8)</sup>

Antes da realização dos ensaios, era retirada e preparada uma amostra de acordo com a NM 27.<sup>(9)</sup>

### 3.1.2 Resultados da caracterização ambiental

As Tabelas 1 e 2, retiradas de Polisseni,<sup>(10)</sup> apresentam a caracterização das escórias E1, E2 e E3 em relação aos ensaios de lixiviação<sup>(2)</sup> e Solubilidade.<sup>(3)</sup>

**Tabela 1.** Ensaio de Lixiviação<sup>(2)</sup> das escórias E1, E2 e E3

PARÂMETROS	UNIDADES	EXTRATO (mg/L) Anexo H - Listagem nº7 da NBR 10004 <sup>(4)</sup>	RESULTADOS		
			E1	E2	E3
<b>Arsênio</b>	mg As/L	5	< 0,010	< 0,010	< 0,010
<b>Bário</b>	mg Ba/L	100	1,57	0,87	0,71
<b>Cádmio</b>	mg Cd/L	0,5	< 0,013	< 0,004	< 0,004
<b>Chumbo Total</b>	mg Pb/L	5	< 0,05	< 0,05	< 0,05
<b>Cromo Total</b>	mg Cr/L	5	< 0,016	< 0,016	< 0,016
<b>Mercúrio</b>	mg Hg/L	0,1	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>Prata</b>	mg Ag/L	5	< 0,009	< 0,009	< 0,009
<b>Selênio</b>	mg Se/L	1	< 0,003	< 0,003	< 0,003
<b>Fluoreto</b>	mg F/L	150	2,23	4,82	2,17

**Tabela 2.** Ensaio de Solubilização<sup>(3)</sup> das escórias E1, E2 e E3.

PARÂMETROS	UNIDADES	EXTRATO (mg/L) Anexo H - Listagem nº8 da NBR 10004 <sup>(4)</sup>	RESULTADOS		
			E1	E2	E3
Alumínio	mg Al/L	0,2	5,7	<0,20	<0,20
Arsênio	mg As/L	0,05	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Bário	mg Ba/L	1	<0,30	< 0,30	< 0,41
Cádmio	mg Cd/L	0,005	<0,004	< 0,004	< 0,004
Chumbo Total	mg Pb/L	0,05	0,029	< 0,05	< 0,05
Cobre	mg Cu/L	1	<0,010	< 0,010	< 0,010
Cromo Total	mg Cr/L	0,05	< 0,016	< 0,016	< 0,016
Ferro	mg Fe/L	0,3	<0,012	0,17	0,21
Manganês	mg Mn/L	0,1	<0,012	< 0,012	< 0,012
Mercúrio	mg Hg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Prata	mg Ag/L	0,05	< 0,009	< 0,009	< 0,009
Selênio	mg Se/L	0,01	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Sódio	mg Na/L	200	2,65	0,578	1,16
Zinco	mg Zn/L	5	0,02	< 0,001	< 0,001
Cianeto	mg CN/L	0,1	<0,017	<0,017	< 0,017
Cloreto	mg Cl/L	250	32	28	24
Dureza	mg CaCO3/L	500	121	56	60
Fenóis	mg C6H5OH/L	0,001	< 0,001	<0,001	<0,001
Fluoreto	mg F/L	1,5	2,64	2,74	2,46
Nitrato	mg N/L	10	< 0,017	< 0,017	< 0,017
Sulfato	mg SO4/L	400	12	<2	<2
Surfactantes	mg LAS/L	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2

#### 4 CONCLUSÕES

Os valores listados nas Tabelas 1 e 2, conforme a NBR 10004,<sup>(4)</sup> indicam que as escórias E1, E2 e E3 são consideradas como sendo resíduos sólidos, classe II A (não perigoso e não inertes).

Dessa forma, de acordo com a caracterização ambiental, podemos concluir que a escória de aciaria elétrica possui grande potencial para ser utilizada na indústria da construção civil, ajudando a diminuir, ou mesmo eliminando, com os grandes depósitos de escória gerados pelas siderúrgicas, contribuindo para a diminuição dos impactos ambientais.

Para que as escórias de aciaria se tornem oportunidade para utilização na indústria da construção civil, é importante que as siderúrgicas não simplesmente gerem resíduos, mas ofereçam ao meio técnico produtos que sofreram beneficiamento e com qualidade para serem empregadas nas obras. Para que isso ocorra é de fundamental importância que exista a interação entre as universidades (pesquisas, disciplinas específicas), as siderúrgicas (produtos de qualidade) e o meio técnico (normalização).

## REFERÊNCIAS

- 1 LYLE, J. T. – Regenerative Design for Sustainable Development. Wiley, 1994.
- 2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10005 (2004) – Lixiviação de resíduos
- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10006 (2004) – Solubilização de resíduos
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 (2004) - Resíduos sólidos – Classificação
- 5 TAMASSIA, L.C. J. – Seminário – Agregado Siderúrgico – Ouro Branco (2006).
- 6 MASUERO, A.B. – Estabilização das escórias de aciaria elétrica com vistas a sua utilização como substituição ao cimento. 2001. 141p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- 7 MASUERO, A.B.; VILELA, A. F.; DAL MOLIN, D. C. C. Emprego de escórias de aciaria elétrica como adição a concretos. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REUSO/RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS, 2000, São Paulo. Anais ... São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2000. 19p. (cd-rom)
- 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007 (2004) – Amostragem de resíduos
- 9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27 (2001) – Agregados: redução de amostra de campo para ensaio de laboratório.
- 10 POLISSENI, A.E. – Estudo da viabilidade técnica da utilização de escória de aciaria elétrica micronizada como material cimentício. 2005. 220p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.