

Monitoramento da Concentração de Metais Pesados em Areias de Descarte de Fundições ¹

Jorge Antônio Huff ²
Cláudia Alves Soares ³
Ivo André Homrich Schneider ⁴

RESUMO

Metais pesados podem estar presentes em amostras de areia de fundição descartadas por duas possíveis origens: (a) encrustamento e/ou (b) difusão de gases complexos da massa fundida. Assim, o presente trabalho investiga a concentração de metais pesados existentes em areias de fundição descartadas. A metodologia do trabalho consistiu na coleta de amostras de machos de moldes de diversas fundições. Os materiais foram destorroados e analisados em relação à concentração dos metais cobre, zinco, ferro, cromo e níquel. O método empregado na digestão e análise de metais nas amostras foi o método EPA 3050b – Absorção Atômica. Os resultados indicam uma presença insignificante dos metais cromo e níquel, concentrações baixas de cobre e zinco, e uma concentração maior de ferro. Os níveis destes metais encontrados não oferecem riscos ambientais.

Palavras-chave: areias de fundição, metais pesados, resíduos sólidos.

¹ - V ENEMET – Congresso Nacional dos Estudantes de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, 25 a 29 de julho de 2005, Ouro Preto – MG.

² – Acadêmico de Engenharia Metalúrgica – UFRGS, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq.

³ – Engenheira Metalúrgica – UFRGS, Técnica do “Laboratório de Análises Metalúrgicas (LAMET)”, Centro de Tecnologia da UFRGS.

⁴ – Professor - UFRGS, Departamento de Metalurgia.

Introdução

O gerenciamento dos resíduos sólidos é hoje um dos principais problemas vivenciados pelas empresas do setor de fundição. Dados da ABIFA (1999) indicam que as fundições brasileiras geram 1,5 milhão de toneladas anuais de resíduos sólidos.

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), as areias de fundição descartadas são classificadas como um resíduo Classe I (resíduos perigoso) ou como um resíduo Classe II A (resíduo não perigoso – não inerte). A classificação como Classe I se dá quando a areia de moldagem recebeu ligantes orgânicos (resinas fenólicas, furânicas, uretânicas), geralmente empregados nos machos. A classificação como Classe II A se dá nas areias de moldadas com bentonita, material carbonáceo e outros aditivos (areia verde), uma vez que a concentração de alguns metais excede ao estabelecido no ensaio de solubilização previsto na NBR 10006 (ABNT, 1987a).

Metais pesados podem estar presentes em amostras de areia de fundição descartadas por duas possíveis origens: (a) encrustamento e/ou (b) difusão de gases complexos da massa fundida. Porém pouco se sabe das principais variáveis que podem afetar na maior ou menor concentração de metais, como tipo de molde, tipo de liga metálica fundida, tamanho do molde, entre outros.

Assim a presente pesquisa teve como objetivo fazer uma avaliação da concentração de metais pesados em alguns tipos de areias de fundição descartadas. Pretende-se, assim, avaliar se os metais pesados estão em níveis de concentração que possam trazer uma preocupação ambiental.

Processo de Moldagem por Fundição

Fundição de metais é, por definição, qualquer processo de produção de elementos da indústria metal-mecânica, através da fusão e eventual solidificação em moldes, substratos ou outros, com finalidade de produzir as formas sólidas requeridas. Utiliza-se nos processos de fundição materiais minerais “areias” com características refratárias, por exemplo quartzo, para preparação dos moldes e machos que conformam as peças metálicas. De modo simplificado, pode-se dizer que os moldes conformam as faces externas da peça e os machos, as faces internas. Os moldes completos, com machos montados em seu interior, são preenchidos com metal líquido que, ao solidificar, dão origem às peças metálicas conformadas. A retirada das peças fundidas exige a quebra e desagregação dos moldes e machos na operação de desmoldagem, quando a areia que os constituía é recolhida para reutilização em um ciclo de produção ou enviada para disposição em um aterro industrial autorizado. Considerando o sistema ligante adotado, a indústria de fundição distingue dois tipos genéricos principais de areias de moldagem/macharia: a “areia verde” para moldagem externa e a “areia ligada quimicamente” para moldagem das regiões internas.

Na “areia verde” (Figura 1) o agente aglomerante principal é uma argila umedecida, mas toda a areia verde contém uma parcela ponderável de materiais orgânicos decorrentes do emprego de aditivos, tais como pó-de-

carvão ou amido, e/ou da incorporação de machos desagregados à areia recirculante.



Figura 1: “Areia verde” de moldagem desagregada.

Já o termo “areia ligada quimicamente” aplica-se a uma grande variedade de materiais de moldagem e macharia que utilizam sistemas ligantes orgânicos (tais como resinas furânicas, fenólicas, uretânicas etc...), inorgânicos (como o silicato de sódio e o cimento portland) e mistos (como resinas fenólicas alcalinas), e podem conter também aditivos (em geral inorgânicos, como óxido de ferro). As “areias ligadas quimicamente” são empregadas na maioria das fundições para confeccionar os machos e em vários casos, também confeccionar os moldes (Figura 2).

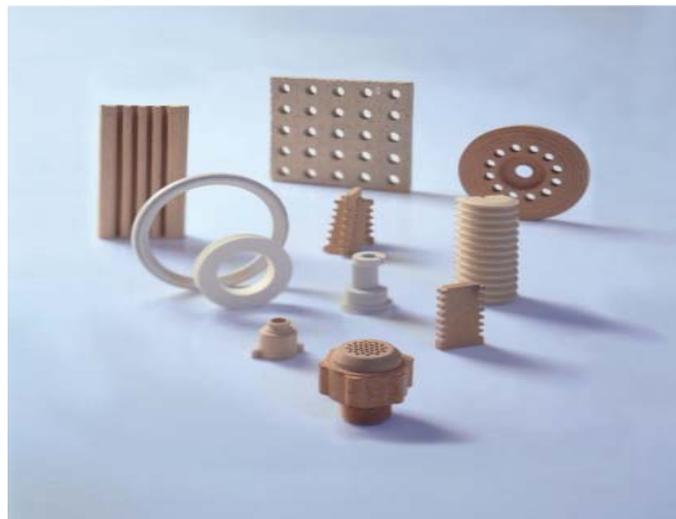


Figura 2. Moldes para cavidades internas (machos), manufacturados com areia ligada quimicamente.

Existem vários processos para a manufatura dos moldes ligados quimicamente, entre os quais (SPIM, 2001):

- Shell Molding = processo “hot Box”, onde a areia é coberta com uma resina fenólica em solução desenvolvida para cobertura, de areia de fundição, no qual adiciona-se um catalisador de hexametileno.
- Isocure = processo “cold Box”, consiste na mistura de areia com uma resina fenólica, mais uma resina de isocianatos poliméricos, este sistema sofre cura após a adição do catalisador, a composição deste depende muito do fabricante.
- Pep Set = processo cura-frio, é constituída de um sistema uretânico formado por dois componentes. O primeiro é um resol diluído, o segundo é um polisocianato com solventes orgânicos, a cura é realizada através da adição de um catalisador composto por amina.
- CO₂ = processo cura-frio, neste a areia é mistura com silicato de sódio, a cura ocorre através da passagem do gás CO₂ pelo molde.

Algumas das ligas metálicas fundidas que serão abordadas neste trabalho são (ASM, 1985).

- Latão = é o nome de ligas de cobre e zinco com pelo menos 50% de cobre, podendo conter pequenas proporções de outros elementos. Há basicamente dois tipos: o tipo alfa, que contém menos de 37% de zinco. Do contrário, é chamado tipo alfa-beta.
- Ferro Fundido Cinzento = possui carbono entre 2,5 e 4,0%, silício entre 1,0 e 3,0%, manganês entre 0,2 e 1,0%, fósforo entre 0,02 e 0,1% e enxofre entre 0,02 e 0,25%.
- Ferro Fundido Nodular = possui carbono entre 3,0 e 4,0%, silício entre 1,8 e 2,8%, manganês entre 0,1 e 1,0%, fósforo entre 0,06 e 0,2% e enxofre entre 0,02 e 0,2%.

Experimental

As amostras de resíduo foram coletadas tal qual foram descartadas e embaladas em sacos plásticos, conforme prescrito na NBR 1007 (ABNT, 1987c). Uma listagem dos tipos de resíduos de fundição coletados, empresa e tipo de metal vazado estão listados na Tabela 1. Em laboratório, as amostras foram destorroadas e moídas em um moinho de bolas para granulometria inferior a 60 # Tyler, sendo então encaminhadas para análise química.

Os metais analisados foram o cromo, níquel, cobre, zinco e ferro. O método empregado na digestão e análise de metais nas amostras foi o método EPA 3050b – Absorção Atômica. As análises das soluções preparadas na digestão foram realizadas num espectrômetro de absorção atômica com chama, marca Varian, Modelo AA-1275, que pertence ao LAMET “Laboratório de Análises Metalúrgicas” – UFRGS.

Tabela 1. Listagem dos resíduos coletados.

Resíduo	Empresa	Metal Vazado
Shell Molding	Fundição Becker <i>Gravataí, RS</i>	Ferro Fundido Cinzento e Nodular
Shell Molding	Metalúrgica Ecoplan <i>Cachoeirinha, RS</i>	Ferro Fundido Cinzento
Shell Molding	Fundição Hidrojet <i>Porto Alegre, RS</i>	Ferro Fundido Cinzento e Nodular
Shell Molding	Metalúrgica Nautilus <i>Gravataí, RS</i>	Latão
Isocure	Fundição Becker <i>Gravataí, RS</i>	Ferro Fundido Cinzento e Nodular
Pep Set	Fundição Becker <i>Gravataí, RS</i>	Ferro Fundido Cinzento e Nodular
CO ₂	Fundição Becker <i>Gravataí, RS</i>	Ferro Fundido Cinzento e Nodular
Areia Verde + Pep Set*	Metalúrgica Ecoplan <i>Cachoeirinha, RS</i>	Ferro Fundido Cinzento
Areia Verde*	Metalúrgica Ecoplan <i>Cachoeirinha, RS</i>	Ferro Fundido Cinzento

Obs: (*) Coletado no sistema de regeneração da empresa. As demais amostras foram obtidas em estado bruto, não passando por nenhum processo de recuperação.

Resultados e Discussões

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos da concentração dos metais cobre, ferro, zinco, cromo e níquel para as diferentes areias de descarte consideradas neste trabalho. Os resultados indicam uma presença insignificante dos metais cromo e níquel, concentrações baixas de cobre e zinco, e uma concentração maior de ferro.

Observando os resultados pode-se verificar que quanto ao elemento cobre, encontram-se teores mais elevados na amostra “Nautilus (Shell)”. Isso já era esperado devido ao fato que a liga trabalhada neste molde foi cobre-zinco “Latão”. Foram encontrados também teores intermediários e similares nas amostras que trabalharam com ferro fundido. Pode-se explicar isso uma vez que a adição de cobre em ferros fundidos é comum, uma vez que melhora à resistência à corrosão e algumas propriedades mecânicas (por exemplo: resistência a tração).

A análise de zinco apontou valores de concentração acima dos teores de cobre. O zinco é considerado um elemento residual em ferros fundidos, pois não é adicionado intencionalmente, exceto em ligas de latão. Uma possível origem desta concentração de zinco deve-se a grande prática de reaproveitamento de sucata nas fundições, onde muitas destas sucatas podem ter produtos com uma camada de proteção anticorrosiva de zinco, proveniente de processos de galvanoplastia. Outra possível origem é o reaproveitamento

de sucatas de latão, com a intenção de adicionar cobre. Como em uma liga de latão o zinco pode chegar até 50%, ele acaba também sendo adicionado.

Tabela 2 - Resumo das concentrações dos elementos cobre, ferro, zinco, cromo e níquel nas areias de moldagem descartadas empregadas.

AMOSTRA	Cu [mg/Kg]	Fe [mg/Kg]	Zn [mg/Kg]	Cr [mg/Kg]	Ni [mg/Kg]
Becker (SHELL)	8,1	911,1	103,1	<i>traços</i>	<i>traços</i>
Ecoplan (SHELL)	8,1	917,7	101,3	<i>traços</i>	<i>traços</i>
Hidrojet (SHELL)	14,2	434,4	102,9	<i>traços</i>	<i>traços</i>
Nautilus (SHELL)	18,3	258,4	<i>traços</i>	<i>traços</i>	<i>traços</i>
Isocure	11,1	784,4	104,1	<i>traços</i>	<i>traços</i>
CO2	5,2	1498,9	17,7	<i>traços</i>	<i>traços</i>
A.V. + Pep Set – recup.	13,9	1029,2	26,3	<i>traços</i>	<i>traços</i>
A.V. – recup.	14,8	1015,7	38,6	<i>traços</i>	<i>traços</i>
Pep Set	11,1	2517,4	98,6	<i>traços</i>	<i>traços</i>

A análise de ferro indicou teores acima da concentração dos outros elementos observados. Isso já era esperado, já que na maioria das amostras o material trabalhado foi ferro fundido. Quanto ao teor de ferro identificado nas amostras de latão, pode ser explicado por ser comum adição de ferro em ligas de cobre-zinco, para melhorar a resistência mecânica final da peça.

As Figuras 3a, 3b e 3c mostram as respectivas concentrações dos metais cobre, zinco e ferro nos diferentes tipos de areia de moldagem. Os resultados não são conclusivos, mas parece haver, dentro do universo das amostras deste trabalho, uma menor concentração de cobre e zinco no processo CO₂, e uma maior concentração de ferro no processo “pep set”.

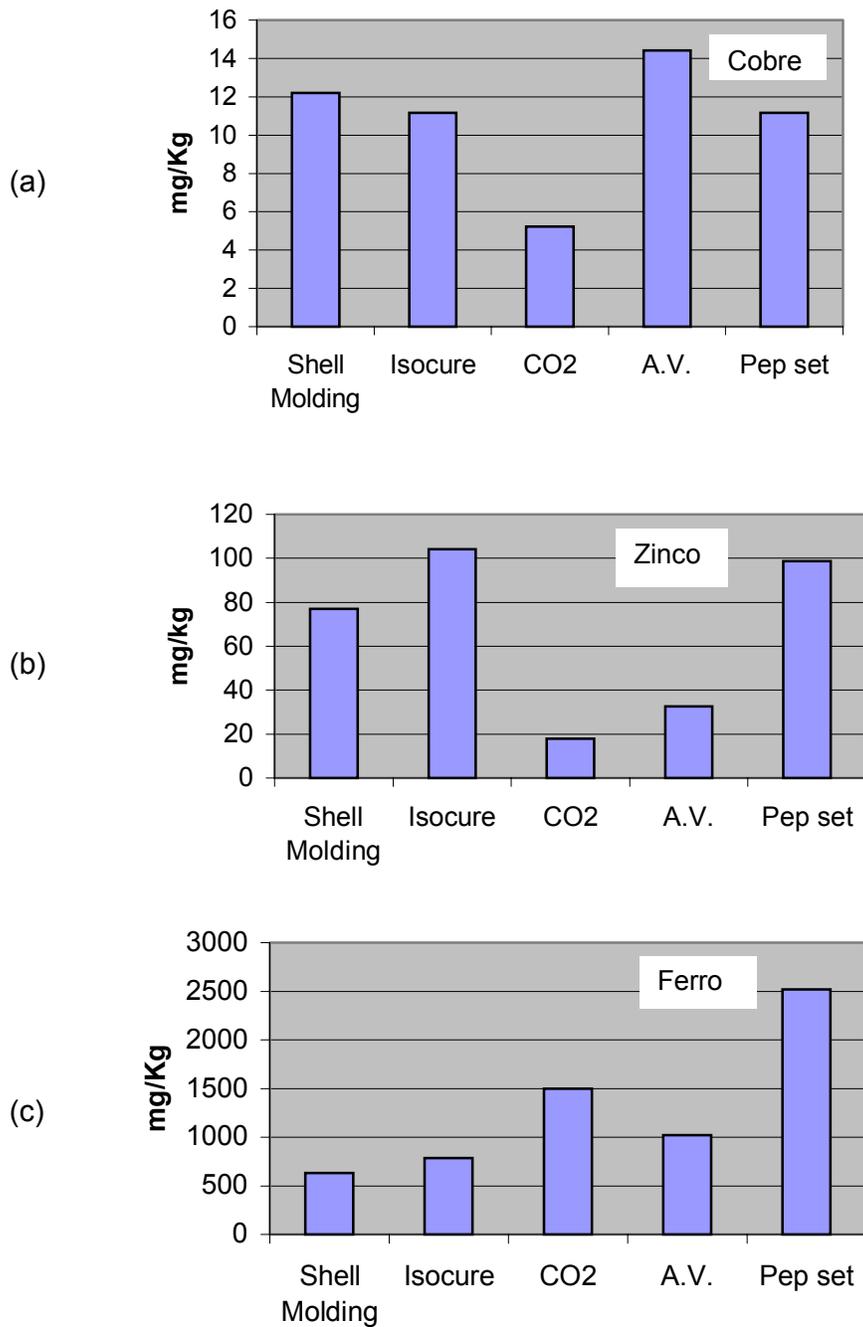
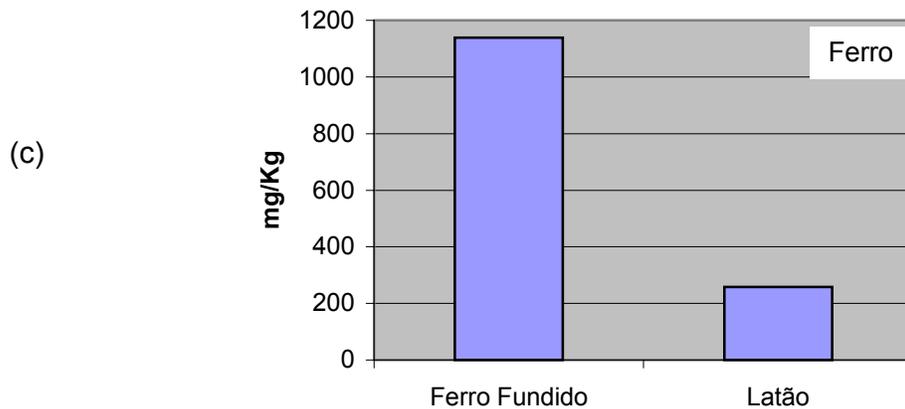
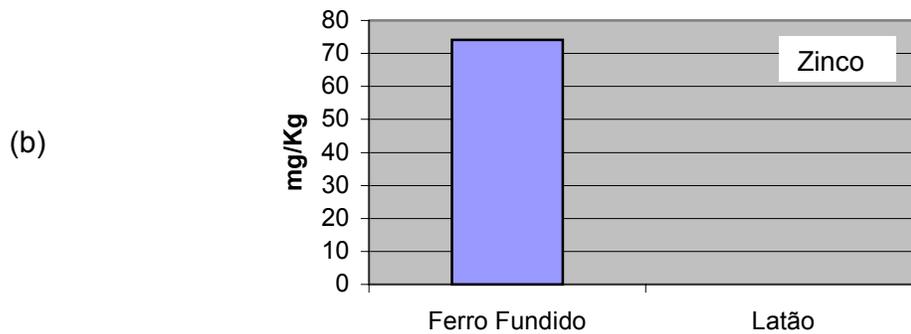
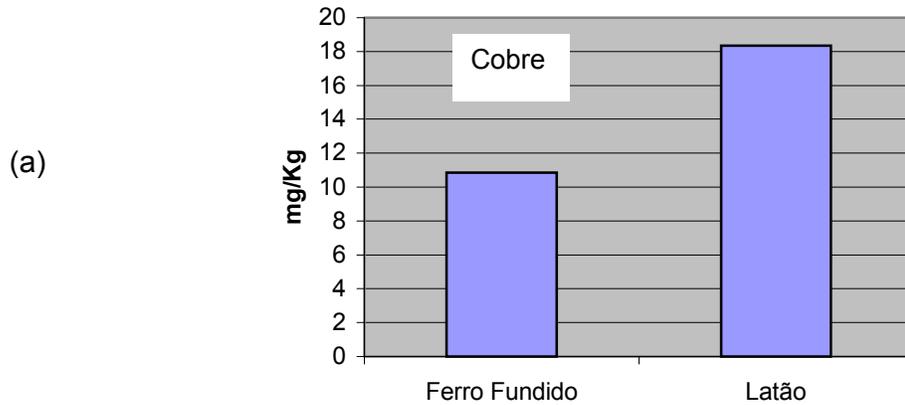


Figura 3. Concentração dos metais cobre, zinco e ferro em diferentes tipos de areia de moldagem empregadas na produção de ferro fundido.

As Figuras 4a, 4b e 4c mostram a concentração dos metais cobre, zinco e ferro em função do tipo de liga fundida. Esses resultados nitidamente demonstram que as areias empregadas na fundição de ligas de latão apresentam uma maior concentração de cobre e zinco, enquanto que as areias empregadas nas fundições de ferro fundido apresentam uma maior concentração de ferro.



Deve-se também ressaltar que em termos ambientais as concentrações dos metais obtidas em todos os casos não são preocupantes. Por exemplo, concentrações de 30 a 160 mg/kg de cobre, de 48 a 240 mg/kg de zinco e de 40 a 600 mg/kg de cromo são as esperadas em solos de origem basáltica. Em nenhuma das situações analisadas neste trabalho o valor máximo foi ultrapassado.

Futuramente pretende-se fazer novas baterias de análises, com a finalidade de comprovar esses dados preliminares. Ainda, pretende-se expandir as leituras para outros metais.

Conclusões

As principais conclusões deste trabalho são:

(a) os resultados obtidos avaliando as concentrações dos metais cobre, zinco e ferro em areias empregadas na fundição de peças em ferro fundido não permitiram afirmar que o tipo de moldagem afeta na concentração de metais pesados;

(b) as concentrações de cobre e zinco são mais altas nas areias de fundição de latão, enquanto que as concentrações de ferro são mais altas nas areias empregadas na fundição de ferro fundido (tanto cinzento como nodular);

(c) os níveis de metais pesados cobre, zinco, ferro, cromo e níquel encontrados nas areias de fundição não estão em níveis de apresentar riscos ambientais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida. Também agradecem aos seguintes laboratórios da UFRGS pela ajuda no trabalho experimental: LAMET (Laboratório de Análises Metalúrgicas – UFRGS), LEAmet (Laboratório de Estudos Ambientais para Metalurgia - UFRGS) e LAPROM (Laboratório de Processamento Mineral-UFRGS).

Referências Bibliográficas

- SPIM JUNIOR, Jaime Álvares – Centro de Tecnologia da UFRGS, Laboratório de Fundição. **Manual de Fundição I**. Porto Alegre, 2001.
- ASM - American Society for Metals. **Metals Handbook**. V. 7, 1985.
- ABIFA – Associação Brasileira de Fundição. **Manual de Regeneração e Reuso de Areias de Fundição**. São Paulo, 1999. 49p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos Sólidos - Classificação**. NBR 10.004, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Lixiviação de Resíduos – Procedimento**. NBR 10005, 1987a.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Solubilização de Resíduos – Procedimento**. NBR 10.006, 1987b.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Amostragem de Resíduos – Procedimento**. NBR 10.007, 1987c.

EPA. Environmental Protection Agency. **Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils**. Method 3050B.

Disponível em: www.epa.gov/epasoswer/haswaste/test/main.htm.

Evaluation of Heavy Metal Concentration in Foundry Sand Wastes ¹

Jorge Antônio Huff ²
Cláudia Alves Soares ³
Ivo André Homrich Schneider ⁴

RESUMO

Heavy metals can be present in many samples of foundry sand wastes. The origin of the metals can be: (a) metal adhesion; (b) gas diffusion of metals from the metallic phase. The present work investigates the concentration of heavy metals present in foundry sand wastes. The methodology applied began in the collection of the samples in different foundry industries. The materials were milled and analyzed in terms of concentrations of copper, zinc, iron, chromium and nickel. The method applied in the digestion and analysis were EPA 3050B – AA. The results indicate an insignificant concentration of the metals chromium and nickel, low concentrations of copper and zinc, and a higher concentration of iron. The levels of metals found allow concluding that there is no environmental risk concerning the heavy metals analyzed.

Key-word: foundry sand, heavy metals, solid waste.

¹ - V ENEMET – Congresso Nacional dos Estudantes de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, 25 a 29 de julho de 2005, Ouro Preto – MG.

² – Undergraduate Student of Metallurgical Engineering – UFRGS,

³ – Metallurgical Engineering – UFRGS.

⁴ – Professor - UFRGS, Metallurgy Department.