

# AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÍONS PELA AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO

no solo da América do Norte são apropriados para serem utilizados no Brasil, apenas será restringida à aplicação no estudo em questão por falta de alternativa.

Carlos Alberto Klimeck Gouvea<sup>1</sup>

Rogério Gomes Araújo<sup>1</sup>

Ana Lúcia Berretta Hurtado<sup>1</sup>

Douglas Maiola<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNISOCIESC – Centro Universitário Tupy  
(e-mail: autor1.gouvea@sociesc.com.br)

**Resumo:** As areias descartadas de fundição – ADF são atualmente resíduo sólido produzido em maior volume pela indústria da fundição. Por tratar-se de resíduo existe uma preocupação com a possibilidade deste ser tóxico e de sua disposição sobre o solo poder acusar alguma contaminação. Como base nos estudos levantados na literatura e com os ensaios realizados verifica-se que este não é um resíduo tóxico, devendo verificar aqui as consequências de sua presença sobre o solo. Considerando que na composição das ADF existe areia de sílica, carvão Cardiff e bentonita, a verificação do potencial de absorção de íons deve ser superior ao de eliminação de qualquer íon metálico para o solo. O objetivo deste trabalho é a avaliação da capacidade de absorção de íons metálicos pelas ADF, sendo que esta avaliação realizada através de ensaios de solubilização e lixiviação de acordo com as normas técnicas NBR 10.005 e 10.006, neste trabalho utilizando os íons Fe, Mn e Zn como exemplo. Foi investigada a capacidade de sorção (absorção e adsorção) dos íons ferro, manganês e zinco através da adição de solução destes metais, constatando-se que há uma sorção iônica, o que demonstra que as ADF filtram água no solo e não o contaminam como acreditam algumas pessoas que simpatizam com as causas ambientais.

**Palavras-chave:** Areia descartada de fundição, Absorção e adsorção de íons, Lixiviação.

## 1. INTRODUÇÃO

As areias descartadas de fundição – ADF são atualmente o resíduo sólido de maior volume gerado pela indústria da fundição. Estas areias descartadas são formadas pelas areias de moldagem e areias de macharia, sendo que nas

areias de moldagem estão presentes, além da areia base (sílica), carvão Cardiff, bentonita e água. Já na areia de macharia encontram-se, além da areia base, resinas, sejam essas de origem furânica, fenólica ou pep-set. Estima-se que cerca de 80% das peças fundidas produzidas utilizem este tipo de moldagem (BIOLO, 2005). A preocupação quanto ao potencial poluidor das ADF reside, principalmente, na presença de resinas e, como menos preocupação, na presença de metais.

As propriedades de absorção e adsorção que podem existir nas areias descartadas de fundição se devem à presença do carvão Cardiff e da bentonita, os quais possuem tal propriedade.

A sorção (absorção e adsorção) de íons são fenômenos que ocorrem tanto no meio líquido quanto nos sólidos, sendo que variam de acordo com as características físicas e químicas do íon sorvido e da substância que o está sorvendo. A absorção é o fenômeno que é caracterizado pela entrada de substância no interior do meio absorvente. Já a adsorção é o fenômeno de forte atração que ocorre na superfície da substância adsorvente.

Existe no Brasil uma norma técnica para avaliação dos resíduos visando a sua disposição final de forma segura. Esta norma é a NBR 10.004/04, na qual a avaliação dos resíduos é feita pelo comportamento do material em meio aquoso. Devem ser obtidos extratos aquosos por solubilização em água e por lixiviação (solução ácida) e esses extratos analisados para conhecer os teores de alguns metais e de fenol, comparandoos com limites dispostos na norma. Esses limites foram extraídos da norma SW 846 da Agência Americana de Proteção Ambiental (USEPA, 2012).

Não será discutido se os limites para íons metálicos

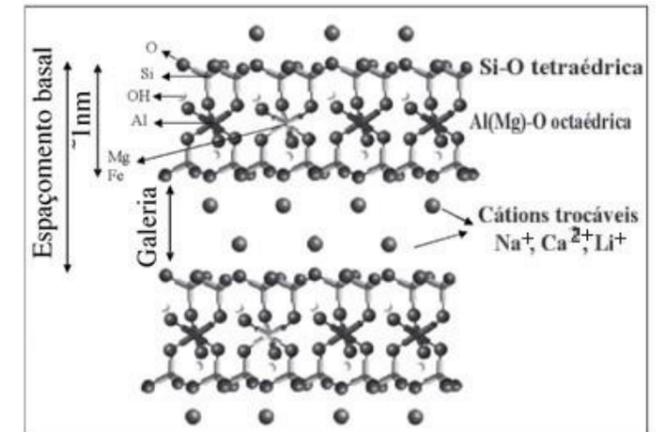
O objetivo geral deste trabalho é avaliar através de análises químicas a capacidade de sorção de íons metálicos das ADF.

Para tal serão realizados ensaios de solubilização e lixiviação através da preparação de extratos aquosos descritos nas NBR 10.005/04 e 10.006/04 e comparar os resultados com as tabelas da NBR 10.004/04. Serão obtidos os referidos extratos para a ADF retirada em uma indústria de fundição de Joinville e, após as análises para a areia tal qual é descartada, serão acrescentadas soluções com concentrações de 2ppm dos íons Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> e de Zn<sup>2+</sup>, através da adição de solução de nitrato dos mencionados íons à areia e promover a evaporação da solução para que todo o sal fique ali aderido. Assim, verificar se há capacidade de retenção e estabilização de íons metálicos em ADF. Também será avaliada a capacidade de retenção de íons após duas lixiviações.

## 2 AREIAS DESCARTADAS DE FUNDIÇÃO

As areias descartadas de fundição são uma mistura de areia de moldagem e areia de macharia. A areia de moldagem, também conhecida como areia verde, é aquela que serve para dar o formato ao metal fundido. Considerando que esta areia deve servir como molde para a peça a ser vazada, é fundamental que suas dimensões físicas sejam perfeitas. Para tanto, é necessária a adição de uma pequena quantidade de água, além de bentonita (argila) como ligante (Figura 1), a fim de não desmoronar o molde feito. A água adicionada pode reagir com o metal fundido oxidando sua superfície e, por este motivo, adiciona-se carvão em pó (carvão Cardiff) na mistura, pois o mesmo acaba prevenindo que ocorram tais reações além de melhorar o acabamento superficial das peças e melhorar a desmoldabilidade (SIDDIQUE; NOUMOWE, 2008).

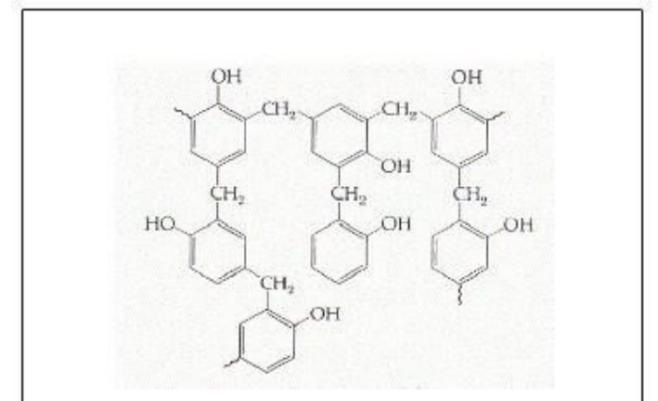
Figura 1 - Estrutura da bentonita.



Fonte: Paiva, Morales e Días (2008).

O outro tipo de areia utilizada na fundição é a areia de macharia. Esta areia é uma mistura de areia com resina, sendo que, em sua maioria, utiliza-se resina fenólica (Figura 2). Após o vazamento do metal grande parte da resina é queimada, entretanto, uma parte da resina permanece na forma de torrão sem ter sido queimada. Como o processo de polimerização não é absolutamente completo, podem restar traços de fenol não polimerizado nos torrões de macho (GOUVÊA; ALTHOF; ALBRECHT, 2007).

Figura 2 - Estrutura química da resina fenólica.



Fonte: Pine (1987).

Quando é realizada análise na areia de macharia isoladamente, o teor de fenol mostra-se superior ao limite disposto para o extrato aquoso da NBR 10.004. Quando a análise é feita com areia de macharia misturada com areia de moldagem, em qualquer proporção, o fenol nunca ultrapassa os limites da referida norma, indicando a possibilidade de sorção deste pelo carvão Cardiff e pela bentonita presentes na areia.

Quanto aos íons metálicos, seu comportamento no solo e nas ADF precisam ser explicados. A dinâmica dos íons metálicos no solo varia muito, sendo que esta variação ocorre principalmente devido a concentração destes íons, da variedade dos mesmos presentes no solo, assim como do tamanho de partículas que compõem o solo de sílica comum, quais sejam: areia, silte e argila. Piranguete *et al.* (2001) coloca em seu trabalho que quanto maior for a quantidade de íons no meio, mais difícil se torna a sorção de uma espécie nova, devido a competição iônica existente. Contudo, não pode deixar de ser lembrado que quanto mais ácido for o solo, menor será a fixação iônica em função da competição com o íon hidrogênio. Vários estudos foram realizados para analisar a dinâmica de íons metálicos nos solos, tanto para analisar o comportamento de íons benéficos, quanto para analisar o comportamento e a influência de metais bioacumulativos (FRANCHINI *et al.*, 1999; PIERANGELI, 2001; SOUZA, CHAVES E FERNANDES, 2006; SODRÉ, LENZI E COSTA, 2001; OLIVEIRA, 2010; NUNES *et al.*, 2004; OLIVEIRA, WILLIAMS E NASCIMENTO, 2006).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização da avaliação do teor dos íons metálicos na areia de fundição descartada de uma fundição de metais ferrosos foram preparados os

**Tabela 4** – Resultados de duas solubilizações e duas também ocorre perda de ferro por respingos, que após oxidação tornam esse metal disponível na forma iônica.

extratos solubilizados e lixiviados, conforme estabelecido pela norma NBR ABNT 10.005/04

Amostra	Primeira lixiviação (ppm)	Segunda lixiviação (ppm)	Primeira solubilização (ppm)	Segunda solubilização (ppm)
1	1,00	0,38	0,05	0,00
2	1,08	0,43	0,07	0,00
3	0,70	0,16	0,04	0,00
Média	0,93	0,32	0,05	0,00

10.006/04. A determinação do teor de metais foi realizada com um equipamento de absorção atômica Varian, modelo AA 1275. Uma vez identificados os teores dos metais Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> e de Zn<sup>2+</sup>, foi acrescentado individualmente em cada amostra, 100mL de soluções de nitrato ferroso 2 e 4mg/L, solução de nitrato de zinco 2mg/L e solução de nitrato de manganês 2mg/L em 100g de cada amostra de areia. A solução de cada sal, quando adicionada na areia, foi agitada por 15 minutos e evaporada em estufa a 60°C até que ficasse completamente seca.

As novas amostras foram submetidas às preparações de extrato solubilizado e lixiviado das normas NBR ABNT 10.005/04 10.006/04 em ambiente com temperatura controlada a 20°C. A determinação dos teores de metal foi realizada com o mesmo equipamento de absorção atômica. Os extratos de solubilizado de ADF foram feitos em 22 amostras e de extrato lixiviado em 15 amostras, a fim de encontrar uma média de teores iônicos o mais confiável possível. As amostras com adição de íons foram preparadas em quadruplicata. Para a avaliação da capacidade de sorção iônica das ADF foi adicionada, à mesma massa de 100g de amostra de ADF, 400mL de solução 2ppm de nitrato ferroso e deixado, após mistura, evaporar em estufa a 60°C. O mesmo procedimento foi realizado em outras amostras de ADF, porém com a adição de nitrato de manganês e nitrato de zinco em amostras distintas. Para saber o que foi sorvido pela areia deve ser feito um ensaio de lixiviação com as amostras, uma vez que o íon hidrogênio é capaz de deslocar todos os metais sorvidos, depois comparar a diferença entre os resultados do solubilizado e do lixiviado para encontrar o teor de metal que ficou retido.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O manganês é um elemento de liga e na natureza aparece em menor quantidade associado ao ferro. Nas areias descartadas esse metal apresenta íons em baixas concentrações. Já o zinco, presente em pequenas quantidades no solo natural, não é utilizado na indústria de metais ferrosos, razão pela qual não está presente nas ADF.

de solubilização e de lixiviação dos metais em estudo com os limites da NBR 10.004. Com o objetivo de verificar as variações dos resultados, foram feitos 22 ensaios de solubilização e 15 ensaios de lixiviação, com as médias apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** – Comparação dos resultados das concentrações das análises (em ppm) dos extratos solubilizado e lixiviado de ADF com os limites da NBR 10.004/04

Parâmetros analisados	Média dos Resultados de solubilização	Limites solubilizado NBR 10.004	Média dos Resultados de lixiviação	Limites lixiviado NBR 10.004
Fe	0,54	0,3	1,81	-
Mn	0,02	0,1	0,12	-
Zn	0,05	5,0	0,17	-
pH	7,21	-	4,88	-

A avaliação da capacidade de sorção iônica das ADF, determinada pela diferença entre a quantidade dos íons que foram solubilizadas e lixiviadas, é apresentada na Tabela 2

**Tabela 2** – Capacidade de sorção das ADF avaliada pelo resultado dos ensaios de solubilização e lixiviação das amostras em que foi adicionado 2 ppm de Fe<sup>2+</sup>, de Mn<sup>2+</sup> e de Zn<sup>2+</sup>

Amostra	Concentração do íon analisado (ppm)			pH
	Fe	Zn	Mn	
Média do solubilizado antes da adição dos íons	0,54 0	,05	0,02 -	
Média do solubilizado	0,38 0	,06	0,12 7	,07
Média do lixiviado	1,98 0	,20	0,14 4	,94
Diferença (teor sorvido)	0,60 0	,14	0,02 -	

A diferença entre a quantidade de íon que é solubilizada em água e a quantidade que só consegue ser extraída em solução ácida é entendida como metal sorvido pela areia de fundição descartada. Sendo assim, verifica-se em um ensaio com adição de maior concentração de metais se há uma relação direta entre o que fica sorvido e a concentração. Em função

de dificuldades de tempo e recursos, apenas o íon ferro foi investigado. Através da adição de solução com 4ppm de ferro na forma de nitrato ferroso avaliou-se a capacidade de sorção (Tabela 3).

**Tabela 3** – Capacidade de sorção das ADF avaliada pelo resultado dos ensaios de solubilização e lixiviação das amostras em que foi adicionado 4 ppm de Fe<sup>2+</sup>

Amostra	Concentração do íon Fe analisado (ppm)
Média do solubilizado	0,18
Média do lixiviado	5,79
Diferença (teor sorvido)	5,61

Observa-se que a capacidade de sorção iônica aumentou para o íon estudado. É possível verificar que o teor médio de ferro encontrado no extrato lixiviado é superior ao teor de íon ferro encontrado na média do teor de lixiviação da ADF pura, no caso 1,81ppm. Por tratar-se de teor médio, cabe ressaltar que o extrato lixiviado de ADF apresentou teor de até 5,06ppm em uma das amostras.

Como os dados tratam de teores médios de íons nos extratos solubilizado e lixiviado, os ensaios de adição de 2 e de 4ppm dos íons nas amostras informam que na média, é possível afirmar que as areias descartadas de fundição são retentores de íons em função dos fenômenos conjugados de absorção e adsorção. Esses resultados veem de encontro a conceitos populares de que areias descartadas de fundição podem contaminar o solo com metais, diferentemente do que encontrado nos ensaios de laboratório que demonstram claramente que essas areias funcionam, na verdade, como adsorvedores e absorvedores de íons.

Faz-se necessário saber se a lixiviação é capaz de remover todo o metal presente na areia. Isso porque, foi realizada uma lixívia branda em pH entre 4 e 5 aquele, conforme descrito na técnica da NBR 10.005. Assim, foram realizadas em três amostras duas lixiviações subsequentes, após a adição de 2ppm de zinco em ADF, com os resultados apresentados na Tabela 4.

Os resultados encontrados reforçam a afirmação de retenção de íons pelas ADF. Após a lixiviação não há mais íons livres na amostra, existindo ainda íons fortemente sorvidos pela bentonita e pelo carvão presentes nas ADF. A sorção demonstra que as ADF a propriedade de reter íons e não de eliminá-los para o meio ambiente.

## 5 CONCLUSÃO

Através dos resultados apresentados, verifica-se que nas ADF está presente o íon ferro em maior concentração do que os íons zinco e manganês. O íon ferro está presente na natureza e na água adicionada na areia quando está no sistema de moldagem. Durante o vazamento das ligas ferrosas

A adição de 2ppm de íons nas ADF ficaram sorvidas pela bentonita e pelo carvão presentes no meio, fazendo com que o teor desses íons livres no extrato solubilizado fosse equivalente, em média, ao teor do extrato solubilizado antes da adição dos mesmos.

Os extratos solubilizados de 2ppm de íons demonstram total sorção iônica do meio. A adição de concentração de 4ppm de ferro demonstra que a capacidade de sorção iônica é grande e seu máximo ainda não havia sido atingido. Não foi avaliada a capacidade máxima de sorção, apenas verificado se há sorção iônica.

A extração iônica por lixiviação dupla demonstra claramente que o meio retem íons, o que comprova que areias descartadas de fundição são retentores de íons, podendo atuar como filtros para solos.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004:04**: Classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 20 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.006:04**. Análise de extrato solubilizado. Rio de Janeiro, 2004. 8 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.005:04**. Análise de extrato lixiviado. Rio de Janeiro, 2004. 16 p.
- BIOLO, Simone Maríndia. **Reúso do resíduo de fundição areia verde na produção de blocos cerâmicos**. 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- FRANCHINI, Júlio Cezar *et al.* Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, p.2267-2276, dez. 1999.
- GOUVÊA, Carlos Alberto Klimeck; ALTHOF, Christine Albrecht; ALBRECHT, Waldir. Reuso de areia de macharia regenerada por pirólise. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 62., 2007, Vitória. **62º Congresso Anual da ABM**.[s. L.]: 2007.
- NUNES, F. N. *et al.* FLUXO DIFUSIVO DE FERRO EM SOLOS SOB INFLUÊNCIA DE DOSES DE FÓSFORO E DE NÍVEIS DE ACIDEZ E UMIDADE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, p.423-429, jun. 2004.
- OLIVEIRA, Abel Batista de; WILLIAMS, Clístenes; NASCIMENTO, Araújo do. FORMAS DE MANGANÊS E FERRO EM SOLOS DE REFERÊNCIA DE PERNAMBUCO. **R. Bras. Ci. Solo**, Recife, p.99-110, 2006.

OLIVEIRA, Luiz F. C. *et al.* Adsorção e deslocamento do íon cádmio em solos do cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, n. , p.848-855, 17 mar. 2010.

PAIVA, L. B. de; MORALES, A. R.; DÍAZ, F. R. V.. Argilas organofílicas: características, metodologias de preparação, compostos de intercalação e técnicas de caracterização. **Cerâmica**, São Paulo, v. 54, n. 330, jun. 2008.

PIERANGELI, Maria Aparecida Pereira *et al.* Efeito da força iônica da solução de equilíbrio sobre a adsorção/dessorção de chumbo em Latossolos brasileiros. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, p.1077-1084, ago. 2001.

PINE, S.H. **Organic Chemistry**, 5ª ed., McGraw-Hill, New York, 1987.

SIDDIQUE, Rafat; NOUMOWE, Albert. Utilization of spent foundry sand in controlled low-strength materials and concrete. **Resources, Conservation And Recycling**, [S. L], p.27-35, 08 nov. 2008. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/resconrec](http://www.elsevier.com/locate/resconrec)>. Acesso em: 14 fev. 2012.

SODRÉ, Fernando Fabríz; LENZI, Ervim; COSTA, Antonio Carlos Saraiva da. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. **Química Nova**, Maringá, p.324-330, 2001.

SOUZA, Ramara S.; CHAVES, Lúcia H. G.; FERNANDES, Josely D. Adsorção de zinco e sua relação com características de solos do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, p.848-855, out. 2006.

USEPA United States Environmental Protection Agency, **SW 846 da Agência Americana de Proteção Ambiental**, <<http://www.usepa.com>> Acesso em 23 de março de 2012.

## EVALUATION OF ABSORPTION CAPACITY OF IONS DISPOSED BY SAND CASTING

**Abstract:** *The Waste Foundry Sand - WFS are the larger volume solid residue produced from the foundry industry. Because it is residue there is a concern that it could be toxic and their disposal on the ground might accuse some contamination. As based on studies in the literature raised and the tests it appears that this is not a hazardous waste and must check here the consequences of their presence on the ground. Whereas the composition of the WFS is silica sand, coal Cardiff, and bentonite, checking its potential for adsorption of ions must exceed the elimination of any metallic ion to the ground. The objective of this study is to evaluate the sorption capacity of metal ions by the WFS, and this evaluation performed by testing for leaching in accordance with technical standards NBR 10.005 and 10.006. Was investigated the sorption capacity of the ions iron, manganese and zinc by adding solution these metals, stating that there is an ion sorption, which in fact demonstrates that the WFS acts as a filter for water present in the soil, in opposite way as suspect the environmental activists.*

**Keywords:** *Spent foundry sand, ions adsorption and absorption, leaching.*