

IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS AO RESÍDUO AREIA FENÓLICA USADA EM UMA FUNDIÇÃO¹

Suzete Schneider Nunes²
Carlos Alberto Mendes de Moraes³
Feliciane Andrade Brehm⁴
Daiane Calheiro Evaldt⁵
Matheus Pielechovski Ferro⁶
Cynthia Fleming Batalha da Silveira⁷

Resumo

A indústria de fundição utiliza quantidades elevadas de areia, gerando um montante considerável de resíduo a ser descartado. Parte dessa areia após o uso como a Areia Fenólica-AF segue para disposição em aterros industriais. A AF é classificada pela ABNT NBR 10004 como Resíduo Classe I- Perigoso, devido à presença de formaldeído e fenol que conferem periculosidade ao resíduo. Trabalhos analisando áreas onde houve o descarte, e amostras desse resíduo demonstraram que os níveis de contaminantes não ultrapassam os limites exigidos pela legislação, surgindo assim um questionamento quanto à classificação do resíduo areia fenólica usada em fundição. Este trabalho avaliou se existe uma correlação entre os compostos contaminantes encontrados na AF e os encontrados no solo e água superficial numa área com depósito temporário desse resíduo. As amostras de AF apresentaram parâmetros acima dos estabelecidos pela NBR 10006:2004 para fluoreto e fenol. O fenol não foi encontrado nas amostras de solo e água. No solubilizado da amostra de solo Divisa, o fluoreto ficou acima (3,8 mg/L) do limite estipulado pela Norma que é de 1,5 mg/L, sugerindo que para este parâmetro o resíduo possa estar contribuindo para o aumento deste composto no solo.

Palavras-chave: Fundição; Areia fenólica; Contaminação; Monitoramento ambiental.

ENVIRONMENTAL IMPACTS ASSOCIATED WITH PHENOLIC WASTE USED IN A SAND FOUNDRY

Abstract

The foundry industry uses large quantities of sand, generating a considerable amount of waste to be disposed. Part of the beach as the sand phenolic-AF follows for disposal in landfills. The AF is classified as ABNT NBR 10004 Class I-Hazardous Waste due to the presence of formaldehyde and phenol which confer health hazard to the residue. Jobs analyzing areas where there disposal, and this residue samples showed that contaminant levels do not exceed the limits required by legislation, thus resulting in a questioning regarding the classification of waste foundry sand used in phenolic. This study evaluated whether a correlation exists between the compounds and contaminants found in the AF found in soil and water superficial in an area with temporary storage of this waste. Samples showed residue AF above parameters established by NBR 10006:2004 for fluoride and phenol. Phenol was not found in samples of soil and water. Solubilized in the soil sample Divisa fluoride was above (3.8 mg/L) of the limit stipulated by the standard is 1.5 mg/L suggesting that this parameter for the residue may be contributing to the increase of this compound in the soil.

Key words: Foundry; Solid waste; Environmental monitoring; Contamination.

¹ Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil

² Bióloga, Mestre em Engenharia Civil, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Núcleo de Caracterização de Materiais (NucMat), Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), RS, Brasil.

³ Engenheiro Metalúrgico, Prof. Dr., PPGEC, NucMat, Unisinos, RS, Brasil.

⁴ Química, Dra., PPGEC, NucMat, Unisinos, RS, Brasil.

⁵ Gestora Ambiental, Mestre em Engenharia Civil, NucMat, Unisinos, RS, Brasil.

⁶ Bolsista de iniciação Científica, CNPq, Engenharia ambiental, Unisinos, RS Brasil.

⁷ Bióloga, Mestre em Ecologia, Unisinos, RS, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O aumento das exigências ambientais com relação à geração e descarte dos resíduos vem tomando importância em função da degradação ambiental. Esta degradação está diretamente relacionada ao aumento da produção e ao consumo pela sociedade.

Neste contexto, a indústria de fundição pode ser considerada como paradoxal, pois, ao mesmo tempo em que é uma indústria recicladora, quando recicla sucata metálica em seu processo produtivo em substituição ao metal primário (ferro gusa) minério. Também utiliza enormes quantias de recursos naturais não renováveis, como a areia-base de sílica (quartzo), gerando um montante considerável de resíduo a ser descartado.⁽¹⁾

Grande parte dessa areia, principalmente a denominada Areia Verde- AV, depois de usada e recuperada é inserida no processo de produção novamente, após recuperação. Além disso, pode ser enviada como matéria-prima para outros setores, principalmente na construção civil como: agregado em asfaltos, concretos e materiais cerâmicos (reciclagem). Em contra partida, o resíduo de Areia Fenólica (AF) acaba sendo em grande parte, descartado em aterros industriais ou locais inadequados, devido ao alto custo dos processos de regeneração. Também em função de ser classificado como Resíduo Perigo, as pesquisas no sentido de aplicar este resíduo como coproduto na construção civil ocorrem em menor proporção, se comparadas à AV.⁽²⁾

Alguns estudos realizados com AV e AF demonstraram que a AV apresenta um grau de contaminantes superior ao da AF. Ji, Wan e Fan⁽³⁾ encontraram concentrações de PAHs maiores na AV se comparada com AF. Moreira⁽⁴⁾ em seu estudo observou um aumento inexplicável de PAHs e fenol nas amostras de AV se comparadas às amostras com AF. Cunha⁽⁵⁾ também encontrou fenol acima do limite estipulado pela norma vigente em amostras de AV proveniente do processo de produção. Para os componentes formaldeído e fenol, os valores encontrados no resíduo de AF ficaram abaixo dos valores de referência para estes compostos.⁽³⁻⁶⁾ Da mesma forma, alguns estudos apontam que a AF poderia ser aplicada na construção civil em cobertura asfáltica ou bloqueto de concreto, por exemplo, o que motiva a execução dessa pesquisa que poderá servir como mais uma ferramenta para a correta aplicação desse resíduo. Desta forma, trabalhos “*in situ*” visando avaliar quais os impactos ambientais causados pelo resíduo de AF podem servir de ferramenta para aplicação deste resíduo como um coproduto na construção civil, da mesma forma que ocorre com a AV. Com base no exposto, o objetivo desse trabalho é avaliar os impactos ambientais associados ao resíduo de AF em uma empresa de fundição de pequeno porte.

1.1 Areia Descartada de Fundição - ADF

As areias de fundição são matérias primas principais utilizadas para a confecção de moldes e machos para fundição. De acordo com Fagundes et al.,⁽⁷⁾ podem ser divididas em dois grupos genéricos: as areias verdes e as areias ligadas quimicamente. Quando são encaminhadas para descarte são identificadas como “Areia Descartada de Fundição-ADF”

O resíduo sólido ADF é uma preocupação ambiental global, tanto que em março de 2006, a *American Foundry Society* (AFS) em parceria com a *Environmental Protection Agency* (EPA), lançou um projeto de *benchmarking*, para colher

informações sobre as ADFs nas indústrias dos Estados Unidos (ABIFA).⁽⁸⁾ Segundo dados da *American Foundry Society* (AFS)⁽⁹⁾ até 2007 as 2.000 fundições dos Estados Unidos geraram 9,4 milhões de toneladas de areias a serem descartadas, e desse total, somente 28% foram beneficiadas.⁽¹⁰⁾ Esse dado coloca o Brasil num patamar de destaque no cenário de beneficiamento da ADF, visto que as empresas de médio e grande porte recuperam 90% desse resíduo. A relevância ambiental referente a este resíduo deve-se ao fato de poder conter contaminantes como metais pesados e resinas utilizadas na fabricação dos machos e moldes, e que pode torná-las um resíduo perigoso, e assim deve ser disposta em aterros industriais licenciados.⁽¹¹⁾

Com base na importância do tema, foi publicada em setembro de 2011 uma normatização específica, fundamentada em outras normas já existentes para dar diretrizes às formas como as ADFs podem ser gerenciadas, armazenadas e dispostas.

1.2 Areia Fenólica – AF

As areias fenólicas são formadas, segundo Fagundes et al.,⁽⁷⁾ por material refratário (areia), materiais ligantes como resinas derivados de benzeno, fenol e furano, catalisador e aditivos (óxido de ferro). Os moldes confeccionados com resina fenólica geralmente têm uma coloração mais clara que os confeccionados com AV, em função da adição da resina (Figura 1). De acordo com Scheunemann,⁽¹²⁾ o termo resina fenólica é empregado para se referir a uma grande variedade de produtos que resultam da reação de fenóis com aldeídos.



Figura 1. Moldes: a) do tipo AF. b) do tipo AV.

Este tipo de molde apresenta uma quantidade de resina fenólica adicionada que varia de 3% a 10%. Para a reciclagem, as areias ligadas com ligantes orgânicos requerem processos mais específicos e equipamentos mais complexos, uma vez que estas misturas possuem uma especificação de matérias-primas mais exigentes para processos de recuperação. A literatura propõe para a areia de fundição ligada com resina fenólica alcalina os tratamentos mecânicos associados aos processos térmicos.⁽¹³⁾

A adição da resina na areia de moldagem pode resultar numa mistura bastante tóxica. O formaldeído, fenol, e outros compostos fenólicos estão listados no Anexo C e no Anexo E da ABNT NBR 10004:2004, como substâncias que conferem periculosidade e toxicidade ao resíduo. Estes componentes também são classificados pelo Manual de produtos químicos da Merck como altamente cancerígenos e mutagênicos o que justifica a importância de estudos de impacto ambiental com este resíduo.⁽⁵⁾

Segundo Silva et al.,⁽¹⁴⁾ considerando os efeitos toxicológicos do fenol, a concentração na água subterrânea é limitada em 10ug/L e 5, 10 e 15 mg/kg em solos de áreas agrícolas, residenciais e industriais, respectivamente.

Tendo em vista a sua toxicidade, o tempo de permanência no ambiente e os teores frequentemente encontrados em resíduos industriais, solos e águas naturais, a União Européia e a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA)⁽¹⁵⁾ incluíram os compostos fenólicos na lista de poluentes prioritários a serem analisados para avaliação de impactos ambientais.⁽⁴⁾

A avaliação de impacto ambiental é um instrumento de política ambiental, formado por um conjunto de procedimentos capazes de assegurar um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas.⁽¹⁶⁾ Os Resultados devem ser apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada da decisão. Os procedimentos devem garantir adoção das medidas de proteção do meio ambiente, determinadas no caso de decisão da implantação do projeto.⁽¹⁷⁾ A área será considerada contaminada se, entre outras situações, as concentrações de substâncias estiverem acima de um dado limite determinando pelo órgão ambiental competente, indicando a existência de um risco potencial sobre a saúde humana.⁽¹⁸⁾

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho apresentada na Figura 2 compreendeu a coleta de amostras de solos em sítios diferentes: Duas amostras foram denominadas como Muro e Divisa e foram coletadas em locais submetidos à disposição de resíduos sólidos de areias de indústria de fundição e outra denominada de Referência, foi coletada em região considerada menos impactada por atividade antrópica, servindo como referência do solo local. Foram feitas coletas de amostras de água a montante, a jusante e junto à saída de um cano que desemboca no arroio que passa dentro da propriedade da empresa, localizado nos fundos da empresa. Também foram coletadas amostras de AF geradas no processo de produção. A amostragem de solo foi realizada de acordo com o *Manual of Soil Analysis Monitoring and Assensing Soil Bioremediation*⁽¹⁹⁾ e ABNT NBR 10007:2004 - Amostragem de Resíduos Sólidos.⁽²⁰⁾ A amostragem de água foi realizada de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.⁽²¹⁾ A caracterização ambiental foi baseada na ABNT NBR 10004:2004.⁽²²⁾

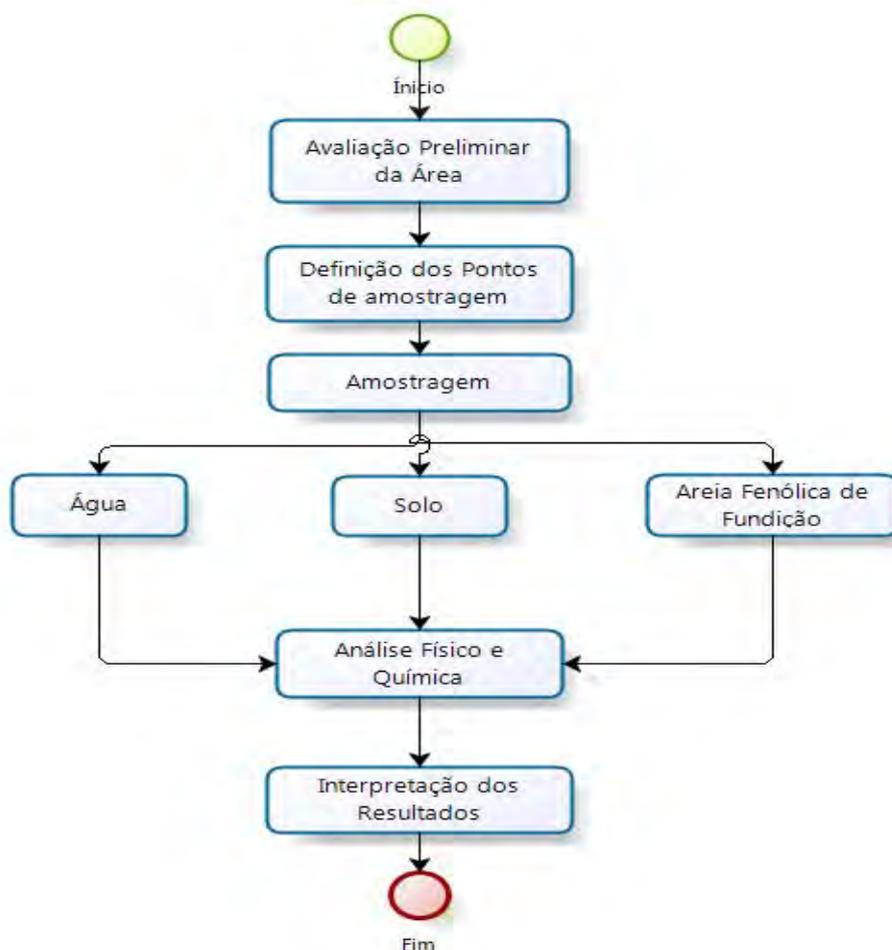


Figura 2. Fluxograma da metodologia utilizada no trabalho.

No material amostrado foram avaliadas as concentrações dos metais Al, Fe, Cr e as concentrações de Fenol, Formaldeído e BFA. A escolha destes metais e demais compostos se baseou no conhecimento dos processos de produção da indústria e, conseqüentemente, nos resíduos gerados e depositados sobre o solo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da AF

3.1.1 Caracterização química

Nas amostras de AF foi realizada a avaliação química como parte da caracterização ambiental para determinação da Matéria orgânica, Cinzas, Umidade e pH conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Avaliação química da AF

Amostra	%	Preparada	Desmoldada	Destorroadada	Regenerada	Finos
Perda ao fogo	%	2,45	1,58	1,7	0,8	37,12
Cinzas	%	96,4	98,3	98,2	99,1	55,16
Umidade	%	1,15	0,12	0,1	0,1	7,72
pH		9,33	10,22	9,81	9,7	9,94

Pode-se observar que o percentual de matéria orgânica diminui gradativamente da amostra de areia preparada (alta concentração de resina com fenol) para a amostra

destorroada e regenerada (baixa concentração de resina). Este resultado sugere que o fenol presente nos moldes com o aquecimento é transferido para a atmosfera por gaseificação Oliveira.⁽²³⁾

3.1.2 Caracterização ambiental

As análises das amostras da AF para classificação de resíduos, de acordo com a ABNT NBR 10004:2004 são apresentadas na Tabela 2 e 3.

Tabela 2. Resultado do Lixiviado para as amostras de AF

Lixiviado/Parâm.	UNID.	LD	Preparada	Desmoldada	Destorroada	Regenerada	Finos	NBR 10005 (mg/L)-F
Arsênio	mg/L	0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	1
Bário	mg/L	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	70
Cádmio	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,5
Chumbo	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	1
Cromo Total	mg/L	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	5
Mercúrio	mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Prata	mg/L	0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	5
Fluoreto	mg/L	0	0,685	0,724	0,782	0,423	2,27	150
Selênio	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	1

O resultado do extrato lixiviado para as amostras de AF demonstra que nenhum dos parâmetros excedeu os limites estipulados pela ABNT NBR 10005: 2004,⁽²⁴⁾ sendo que nenhuma das amostras foi classificada como Classe I – Perigo de acordo com os parâmetros analisados.

Na Tabela 3 encontram-se destacados em negrito os valores dos parâmetros que ultrapassaram os limites definidos pela ABNT NBR 10006:2004.⁽²⁵⁾

Tabela 3. Resultado do solubilizado para amostra de AF

Solubilizado	UNID.	LD	Preparada	Desmoldada	Destorroada	Regenerada	Finos	NBR10006 (mg/L)-G
Alumínio	mg/L	0,2	0,719	0,685	51,98	13,82	21,3	0,2
Arsênio	mg/L	0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	0,01
Bário	mg/L	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,7
Cádmio	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,005
Sódio	mg/L	0,001	0,556	185,9	1,28	0,718	4,931	200
Cobre	mg/L	0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	0,031	2
Zinco	mg/L	0,0015	<0,0015	<0,0015	0,011	<0,0015	0,201	5
Chumbo	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,01
CromoT	mg/L	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,05
Ferro	mg/L	0,03	0,328	0,455	17,72	4,457	17,36	0,3
Manganês	mg/L	0,0015	0,02	0,014	0,038	0,008	0,043	0,1
Mercúrio	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,01
Fenol	mg/L	0,001	1,15	<0,001	0,817	1,33	1,003	0,01
Nitrato	mg/L	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	1,66	10
Cianeto	mg/L	0,0003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,07
Sulfato	mg/L	1	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	47	250
Surfactantes	mg/L	0,01	0,397	0,191	0,171	0,243	0,16	0,5
Cloreto	mg/L	0	17,3	20,8	13,8	10,4	177,1	250
Fluoreto	mg/L	0	2,64	2,84	3,88	1,83	0	1,5
Prata	mg/L	0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	0,05
Selênio	mg/L	0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01

O extrato solubilizado das amostras em estudo apresentou alguns valores que excederam os limites da ABNT NBR 10006:2004: Fenol, Fluoreto, Al e Fe. O resultado para fenol excedendo o limite permitido no extrato solubilizado confere com os trabalhos realizados por Cunha e Scheunemann et al. ^(5,26), visto este composto fazer parte da matéria-prima que compõe a AF, no caso, a resina fenólica.

Os resultados para Fe e Al podem ser justificados pela ocorrência destes compostos na areia natural e pelo contato dos moldes com as peças metálicas. Para o valor encontrado de fluoreto no solubilizado sugere-se a hipótese de que algum dos componentes utilizados como matéria-prima na AF possa conter flúor na sua formulação.

Nas condições do trabalho, as amostras analisadas foram classificadas pela NBR 10004:2004 como Resíduo Classe II-Não Inertes nos ensaios de classificação de resíduos, pois nenhuma substância excedeu os limites da norma para lixiviação e quatro substâncias (Fenol, Fluoreto, Fe e Al) excederam os limites da norma para solubilização.

3.2 Caracterização do Solo

3.2.1. Resultado para investigação de BFA, fenol e formaldeído no solo

A investigação para ocorrência de BFA, Fenol e Formaldeído não detectou a presença destes compostos nas amostras de solo. Os limites utilizados para detecção foram: 0,05mg/Kg (BFA) baseado no EPA 8270, 0,003mg/kg (Fenol) e 1,1mg/Kg (Formaldeído), sendo os dois últimos baseados na ABNT NBR 10004:2004

3.2.2 Análises ambientais.

Nos resultados do extrato lixiviado (Tabela 4), de acordo com a NBR 10005:2004 os parâmetros encontram-se dentro dos limites estipulados pela referida norma. Restrição deve ser feita para Al, Fe e o Fluoreto, destacados em negrito que excederam o parâmetro limite para o solubilizado (Tabela 5).

Tabela 4. Resultados para Lixiviado conforme NBR 10005:2004

LIXIVIADO	UNID	LD	Muro	Divisa	Referência	NBR 10005 (mg/L)-F
Prata	mg/L	0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	5
Arsênio	mg/L	0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	1
Bário	mg/L	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	70
Cádmio	mg/L	0,0008	<0,0008	<0,0008	<0,0008	0,5
Chumbo	mg/L	0,04	0,589	<0,04	<0,04	1
Cromo total	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	5
Mercúrio	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,1
Selênio	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	1
Fluoreto	mg/L	0,05	1,41	1,22	7,35	150

Tabela 5. Resultados para Solubilizado conforme NBR 10006:2004

Solubilizado	UNID.	LD	Solo (Muro)	Solo (Divisa)	Solo (Referência)	NBR 10006 (mg/L)-F
Parâmetro						
Prata	mg/L	0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	0,05
Cloretos	mg/L	1,5	13,7	10,3	13,7	250
Nitratos	mg/L	0,2	<0,20	1,58	0,284	10
Fenol	mg/L	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,01
Sulfatos	mg/L	2	<, 2,0	<2,0	<2,0	250
S.Surfactantes	mg/L	0,06	<0,06	<0,06	<0,006	0,5
Alumínio	mg/L	0,1	5,72	171	13,3	0,2
Arsênio	mg/L	0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	0,01
Bário	mg/L	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,7
Cádmio	mg/L	0,0008	<0,0008	<0,0008	<0,0008	0,005
Chumbo	mg/L	0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,01
Cobre	mg/L	0,0016	<0,0016	<0,0016	<0,0016	2
Cromo total	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05
Ferro total	mg/L	0,07	1,73	3,1	3,41	0,3
Manganês	mg/L	0,0006	<0,0006	<0,0006	<0,0006	0,1
Mercúrio	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,001
Selênio	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01
Sódio	mg/L	0,2	8,9	7,65	32,7	200
Zinco	mg/L	0,005	0,047	0,006	0,005	5
Cianeto	mg/L	0,025	<, 025	<0,025	<0,025	0,07
Fluoreto	mg/L	0,05	1,11	3,8	1	1,5

Na caracterização ambiental, o resultado do extrato lixiviado para as amostras de solo, mostrou que os parâmetros encontram-se dentro dos limites estipulados de acordo com a ABNT NBR 10005:2004⁽²⁴⁾. Já no extrato solubilizado os parâmetros de Al, Fe e Fluoreto excederam o limite preconizado pela ABNT NBR 10006:20004⁽²⁵⁾. A concentração de fluoreto acima de 1,5mg/L no solubilizado foi detectado somente na amostra de solo Divisa, local onde ocorreu a maior disposição de resíduos de fundição ao longo do tempo.

Os valores encontrados de Fluoreto acima dos padrões estabelecidos pela NBR 10006:2004 podem sugerir contaminação de origem industrial, já que o ponto amostral Divisa teve valores bem acima dos valores orientadores para Fluoreto. Este ponto recebeu resíduo de ADF e outros resíduos industriais ao longo dos anos, o que justificaria a presença deste composto em maior quantidade para as amostras coletadas neste ponto. O Fluoreto é o único parâmetro entre os analisados que permite sugerir que o resíduo de AF contribuiu para contaminação da área avaliada, visto que os resultados para todas as amostras de AF apresentaram os valores para Fluoreto superiores aos valores preconizados pela NBR 10006:2004⁽²⁵⁾ nos resultados dos solubilizados.

3.3 Caracterização da Água

A avaliação da qualidade da água foi realizada através dos dados obtidos durante o período amostral, que foram utilizados para o cálculo do IQA mensal⁽²⁷⁾ (Figura 3). Os valores obtidos classificam os pontos amostrais como Ruim (Montante e Jusante) e Péssimo (Cano).

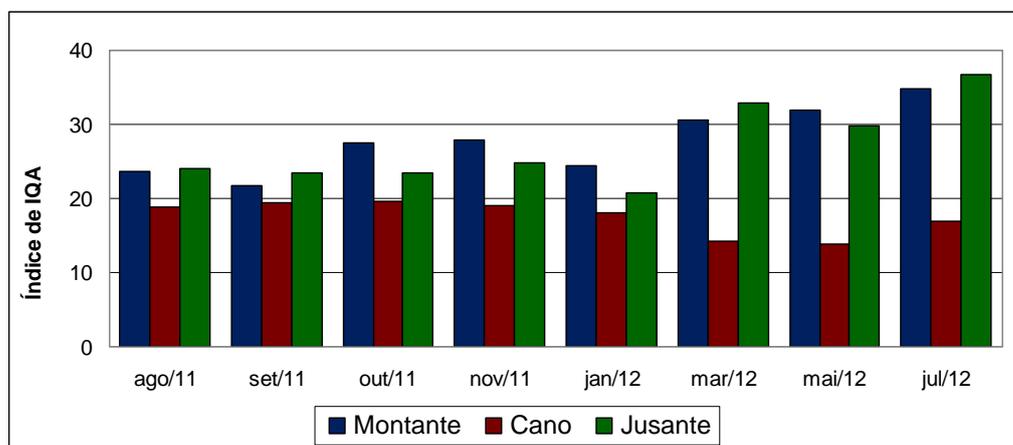


Figura 3. Valores de IQA mensal para os pontos amostrados.

Levando-se em conta os parâmetros analisados e a análise microbiológica, o corpo de água estudado pode ser classificado como Classe 4 de acordo com a Resolução Conama 357:2005,⁽²⁸⁾ que limita em 4.000mg/L a presença de *E. coli* em águas superficiais para os pontos Montante e Jusante. Já para o ponto Cano, os parâmetros analisados apontam como sendo local de lançamento de efluente sanitário, com altas concentrações de *E.coli*.

4 CONCLUSÕES

Na caracterização ambiental, a AF não foi considerada um resíduo Classe I - perigoso nas condições do presente trabalho. Já o extrato solubilizado das amostras em estudo apresentou alguns valores que excederam os limites da ABNT NBR 10006:2004.⁽²⁵⁾ São eles: Fenol, Fluoreto, Al e Fe, permitindo classificar o resíduo como Classe IIA – Não Inerte.

Nas análises químicas, o percentual de matéria orgânica diminui gradativamente da amostra de areia preparada (alta concentração de resina com fenol) para a amostra destorroada e regenerada (baixa concentração de resina) sugerindo, que o fenol, presente nos moldes, com o aquecimento é transferido para a atmosfera por gaseificação.

Para o solo na caracterização ambiental, o resultado do extrato lixiviado mostrou que os parâmetros encontram-se dentro dos limites estipulados de acordo com a ABNT NBR 10005:2004. Já no extrato solubilizado os parâmetros de Al, Fe e Fluoreto excederam o limite preconizado pela ABNT NBR 10006:2004.

A avaliação da qualidade da água foi realizada através dos dados obtidos durante o período amostral, que foram utilizados para o cálculo do IQA mensal. Os valores obtidos classificam os pontos amostrais como Ruim (Montante e Jusante) e Péssimo (Cano).

A investigação para verificar presença de Fenol, Formaldeído e BFA nas amostras de água e solo não detectou a presença destes compostos.

Além da degradação da área, outro impacto associado ao resíduo de AF é a presença de Fluoreto em concentrações acima do permitido pela legislação vigente na amostra de solo Divisa. Os valores encontrados de Fluoreto acima dos padrões estabelecidos pela NBR 10006:2004 no extrato solubilizado das amostras de solo podem sugerir contaminação de origem industrial, já que o ponto amostral Divisa teve valores bem acima dos valores orientadores para Fluoreto. Este ponto recebeu resíduo de AF e outros resíduos industriais ao longo dos anos, o que justificaria a presença deste composto em maior quantidade para as amostras coletadas neste ponto.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Capes, Fapergs e CNPq pelo financiamento das bolsas de pesquisa dos autores.

REFERENCIAS

- 1 CILLA, M. S.; MORELLI, M. R. Uso de Resina Poliuretano Vegetal como Aglomerante para Moldes de Areia do Sistema de Cura a Frio. *Revista da ABIFA- Fundição & Matérias- Primas* - Ano XI- Ed.137. P. 80-87, 2011.
- 2 ADEGAS, Roseane Gonçalves; BERNARDES, Andrea Moura. Avaliação do gerenciamento das areias geradas nas fundições de ferro do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. FEPAM em Revista, Porto Alegre, v.2, n.1, p.4-10, jan./dez. 2008
- 3 JI. S.; L.WAN ; Z. FAN. The toxic compounds and leaching characteristics of spent foundry . *Water, Air, and Soil Pollution* v. 132 p.347–364, 2001.
- 4 MOREIRA, Maria Teresa P. O. T. Contaminação Ambiental Associada às Areias de Fundição. 2004. 235 f. Portugal. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal. 2005.
- 5 CUNHA, Andréia Brito. 2005. 113f. Estudo da Contaminação por compostos Fenólicos de uma área Impactada por Resíduo de Areia de Fundição. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola de Engenharia e Materiais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2005.
- 6 LOPES, Luis Rogério Natividade .Avaliação dos Resíduos Sólidos de Areia Resinada em Fundição de Aço Através da Recuperação Térmica. 2009. 111 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais. Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, 2009.
- 7 FAGUNDES, A. B.; VAZ, C. R.; OLIVEIRA, I. L. O fortalecimento do setor de fundição através da aplicação de conceitos e metodologias ambientais: os excedentes de areia de fundição em foco. *Revista ADMpg Gestão Estratégica*. V. 2, n. 2, p.27-34. 2009
- 8 ABIFA- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO. *Revista da ABIFA- Fundição e Matérias Primas*. Ed. 77. 26p. Ano 2006.
- 9 AMERICAN FOUNDRY SOCIETY – AFS. Disponível em: <<http://www.afslibrary.com/>> Acesso em: 18 de out. 2011.
- 10 DAYTON et al. Characterization of physical and chemical properties of spent foundry sands pertinent to beneficial use in manufactured soils. *Plant Soil* 329:27–33, 2010. DOI 10.1007/s11104-009-0120-0
- 11 MORAES, C. A. M. ; KIELING, A. G. ; CALHEIRO, D. ; PIRES, D. C. ; AREND, C. O. . Elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos em uma empresa de fundição. In: 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2010, Bento Gonçalves. CD-ROM 2 CITMA. Caxias do Sul: A&S Criação, 2010. v. 1. p. 1-8.

- 12 SCHEUNEMANN, Ricardo. Regeneração de areia de fundição através de tratamento químico via processo Fenton. 2005. 85 f. Florianópolis, SC. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química . Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2005.
- 13 ANDRADE, Ricardo M. et al. Foundry sand recycling in the troughs of blast furnaces: a technical note. *Journal of Materials Processing Technology* 159 125–134. 2005. doi:10.1016/j.jmatprotec.2003.10.021
- 14 SILVA, Marcio Luis Busi. et al..Biorremediação de Aquífero Contaminado Com Fenol Utilizando Bioestimulação Aeróbia. CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO. 1., SÃO PAULO, SP,2009.
- 15 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites. Office of Emergency and Remedial Response. USEPA. Disponível em: <http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/pdfs/ssg_main.pdf>. Acesso: 03 abr. 2011.
- 16 GUERRA, Sidney Cesar Silva. Direito ambiental: legislação. 3. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2007. xvi, 640 p. ISBN 978-85-375-0101-6.
- 17 FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. Curso de direito ambiental brasileiro. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2006. 428 p. ISBN 85-02-04590-3
- 18 LEMOS, Mara Magalhães Gaeta. A Experiência de São Paulo no Estabelecimento de Valores Referência.In. SEMINÁRIO SUL-BRASILEIRO DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS.1.2012, Porto Alegre. Anais.... Porto Alegre, RS, 2012. p.17-34.
- 19 MARGESIN, R.; SCHINNER, F. Manual for Soil Analysis –Monitoring and AssessingSoil Bioremediation. 370p. Ed. Springer, Berlin, Alemanha, 2005.
- 20 ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro. 2004. 21 p.
- 21 AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION (Ed.) Standard methods for examination of water and wastewater. 21. ed. Washington: APHA, 2005.
- 22 ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10004: Resíduos sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004, 71 p.
- 23 OLIVEIRA, Alex Sandro Viana. Avaliação da Regeneração de Areia Usada de Fundição a Base de Resina Fenólica. 2011.77f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia) Curso de Engenharia Mecânica. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2011.
- 24 ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004. 16 p.
- 25 ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 3 p.
- 26 SCHEUNEMANN, Ricardo et al., Recuperação Térmica de Areia Fenólica Utilizada em Moldes de Fundição: Resultados Preliminares do Estudo de Viabilidade Econômica. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, ICTR, Costão do Santinho, Florianópolis, SC., 2004.
- 27 ANA. Agencia Nacional de águas. Portal da Qualidade de águas. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndexQA.aspx>> Acesso em: 26 nov.2011.
- 28 BRASIL, CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de março de 2005.