

### III-396 - GANHOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS SOBRE O USO DA AREIA DESCARTADA DE FUNDIÇÃO (ADF) EM ASSENTAMENTO E RECOBRIMENTO DE TUBULAÇÕES

#### **Raquel Luísa Pereira Carnin<sup>(1)</sup>**

Química Industrial pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Doutora em Química Inorgânica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Pesquisadora da Tupy.

#### **Rodrigo Amaral Silveira<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

#### **Thiago Zschornack<sup>(3)</sup>**

Graduado em Administração (FCJ), Ciências Contábeis (UNISUL) e Sistemas de Informação (UDESC). Graduando em Engenharia de Produção (UNICESUMAR). Especialista em Engenharia de Suprimentos (IST), Engenharia de Seg. do Trabalho (UCAM), Engenharia de Produção (IST), Gestão da Qualidade (PUC-PR), Agronegócio (UFPR), MBA em Gestão Ambiental (UNOPAR) e Lean Six Sigma (PUC-PR). Mestre em Saúde e Meio Ambiente (UNIVILLE). Analista econômico-financeiro na Companhia Águas de Joinville e professor universitário (UNIVILLE).

#### **Marilena Valadares Folgueras<sup>(4)</sup>**

Engenheira de materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Doutora em Engenharia Mecânica, com temática voltada a Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora e Pesquisadora da Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua: Victor Konder, 600 – Bairro: Iriirú - Joinville – Santa Catarina - CEP: 89.227-240 - Brasil - Tel: +55 (47) 4009-8851 - Fax: +55 (47) 4009-8641 - e-mail: [raquel@tupy.com.br](mailto:raquel@tupy.com.br)

#### **RESUMO**

A reciclagem, que busca transformar os resíduos em produtos úteis para a sociedade, tem se apresentado como uma das alternativas viáveis à redução dos impactos ambientais e dos custos de produção, assim como, as leis que disciplinam a preservação do meio ambiente representam o incentivo ao emprego de materiais reciclados, em todos os segmentos das atividades humanas. A utilização da areia descartada de fundição como material de recobrimento e assentamento de tubulações da rede de esgotamento sanitário pode contribuir tanto para reduzir o volume de material descartado quanto para atender à grande demanda de obras de esgoto sanitário. Este estudo sobre o aproveitamento da areia descartada de fundição (ADF) em assentamento e recobrimento de tubulações de esgotamento sanitário tem como objetivo avaliar a compactação do material alternativo na construção de um trecho experimental localizado na Rua Douglas William Martins do bairro João Costa, em Joinville, Estado de Santa Catarina.

**PALAVRAS-CHAVE:** Areia descartada de fundição, teste de compactação, trecho experimental.

#### **INTRODUÇÃO**

O país vem dando passos significativos com relação aos resíduos sólidos tendo aprovada a Lei 12.305/2010 sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada em dezembro, por meio do Decreto n.º 7404/2010.

A PNRS é considerada uma lei moderna, especialmente por vir acompanhada de instrumentos inovadores, como planos de gerenciamento de resíduos, integrados aos planos de gestão, com o propósito de não gerar, minimizar e aproveitar materiais de descarte.

Além disso, a PNRS em seu Art. 9º cita que na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, sendo que este veio reforçar as diretrizes para

a realização de uma pesquisa para mostrar a viabilidade da utilização do resíduo de ADF em obras de saneamento.

No setor de saneamento com as grandes extensões de redes de esgotos a serem construídas e mantidas, somados a recursos financeiros cada vez mais escassos, observa-se a necessidade de se encontrar formas alternativas que possibilitem a execução deste tipo de obra tão importante para a sociedade. Obras sustentáveis, viáveis economicamente, que preservem o meio ambiente e tragam benefícios para a sociedade.

O Brasil gera aproximadamente 3 milhões de toneladas por ano de areia descartada de fundição e que poderiam ser utilizadas na construção civil como acontece em muitos países da Europa e dos Estados Unidos. A fundição é o método mais curto para se obter peças metálicas acabadas. Consiste, principalmente em verter (vazamento) metal líquido em caixas de moldagem (Figura 1), com machos montados em seu interior, que caracterizará a peça após a solidificação do metal. Em síntese, os moldes conformam as faces externas ao passo que os machos conformam as faces internas da peça metálica. A fundição emprega nos seus processos modelos, moldes e machos que promovem às peças fundidas a sua conformação, de acordo com as etapas existentes de moldagem, fusão e acabamento.



Figura 1: O vazamento do metal no molde.

A areia de moldagem é uma mistura de areia base (sílica), bentonita (argila), pó de carvão mineral e água. Na Figura 2 é possível visualizar as matérias primas constituintes da areia de moldagem.

O processo de moldagem é do tipo regenerativo. O material que chega ao final do ciclo de trabalho retorna através de correias transportadoras ao início do processo, reutilizando a mesma areia. Pelos motivos de perda de volume e da descaracterização dos componentes da mistura, torna-se necessário o descarte de parte da areia de moldagem, gerando a Areia Descartada de Fundição (ADF). A Figura 3 ilustra o aspecto físico da ADF.

O resíduo de ADF é classificado segundo a ABNT NBR 10.004 como um resíduo não perigoso e que possui características semelhantes a uma areia convencional usada em obras de saneamento, conforme verifica-se nas Tabelas 1 e 2. Os ensaios de caracterização física foram realizados no Laboratório de Solos da Universidade do Estado de Santa Catarina e abrangeram os ensaios pertinentes à sua classificação dentro das normas brasileiras, Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) e Highway Research Board (HRB). A Tabela

1 indica os parâmetros físicos dos constituintes da infra-estrutura de pavimentos em Joinville, bem como da ADF.

Os ensaios de compactação (três energias), expansibilidade e Índice de Suporte Califórnia (ISC), utilizando amostras não trabalhadas, atenderam as exigências normativas, visando a sensibilidade de resistência à penetração caso a ADF seja considerada como base, sub-base e até comparativo com o sub-leito local. Os resultados desse estudo estão indicados na Tabela 2.

Os ensaios de expansibilidade e Índice de Suporte Califórnia (ISC) atenderam as exigências normativas, visando a sensibilidade de resistência à penetração caso a ADF seja considerada como base, sub-base e até comparativo com o sub-leito local (PEREIRA, 2004).



**Areia base (Sílica)      Bentonita (Argila)      Pó de carvão mineral**  
**Figura 2: Matérias primas da Areia de Moldagem.**



**Figura 3: O aspecto físico da ADF.**

**Tabela 1: Parâmetros físicos dos materiais analisados (PEREIRA, 2004).**

Material	Gs	K (cm/s)	Composição Granulométrica (%) – ABNT						Limites Atterberg (%)			SUCS	HRB
			Arg.	Silte	Areia			Pedreg.	LL	LP	IP		
					fina	média	grossa						
Argila	2,58	$3 \times 10^{-6}$	37	15	43	5	-	-	65,2	38,2	27	CH	A 7-5
ADF	2,54	$10^{-7}$	0,5	-	1	98,5	-	-	-	-	-	SP	A3

Onde: G = massa específica dos grãos; K = coeficiente de permeabilidade; LL = limite de liquidez; LP = limite de plasticidade; IP = índice de plasticidade; CH = solo argiloso de alta compressibilidade; SP = solo arenoso mal graduado.

**Tabela 2: Comparativo entre índices físicos de compactação, expansão e ISC entre matéria-prima alternativa e solo natural (argila) (PEREIRA, 2004).**

Material	Energia de compactação	$\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	hót (%)	Expansão (%)	I.S.C. (%)
ADF	Normal	1,78	9,8	0,4	30
	Intermediária	1,91	9,1	0,3	38
	Modificada	2,12	7,4	0,1	45
Solo natural (argila)	Normal	1,41	29,6	0,4	4,5

Onde  $\gamma_d$  = massa específica do solo seco; hót = teor de umidade ótimo de compactação; I.S.C. = Índice de Suporte Califórnia.

No ano de 2011 a ADF foi usada em assentamento e recobrimento de tubos de esgoto sanitário numa construção de um trecho experimental da Rua Alberto Felippi Bairro Vila Nova – Joinville\SC para avaliar a possível alteração de qualidade ambiental causada pela aplicação da ADF através de monitoramentos ambientais.

A escolha do local deste trecho foi realizada levando-se em conta alguns critérios como o cronograma das obras, histórico de uso do solo, intensidade de ocupação atual, e outros critérios geotécnicos e ambientais como perfil do solo, profundidade e direção preferencial de fluxo do aquífero raso.

Este estudo foi desenvolvido em parceria com a Companhia Águas de Joinville e foi realizado conforme as seguintes etapas:

- Elaboração do Plano de Monitoramento, o qual definiu os trechos a serem avaliados, detalhando os parâmetros analíticos, quantidades e localização dos pontos de amostragem, além da periodicidade, período de estudo e as datas das campanhas de coleta e análise;
- Instalação da Rede de Monitoramento, composta por 08 poços de amostragem de águas subterrâneas durante todo o período de estudo, 4 em cada área;
- Estudo do Background para o conhecimento da qualidade natural dos solos e águas subterrâneas nos trechos experimentais, principalmente com relação aos parâmetros analíticos associados às areias de fundição. Esta etapa foi fundamental para a interpretação dos resultados obtidos após a aplicação das camadas, compreendeu a uma amostragem inicial dos solos e de águas subterrâneas;
- Campanhas de Monitoramento periódicas realizadas após a avaliação do background da área. Foram realizadas 4 campanhas de amostragem e análises das águas subterrâneas;
- Ensaios hidrogeológicos para a determinação de parâmetros do aquífero freático e mapa potenciométrico;
- Análises químicas das amostras coletadas para a quantificação dos compostos de interesse;
- Interpretação dos resultados obtidos e elaboração de relatórios de Monitoramento Ambiental Confirmatório;
- Apresentação dos resultados para os Órgãos Ambientais, Prefeitura Municipal de Joinville, Companhia Águas de Joinville e Conselho Estadual de Meio Ambiente de Santa Catarina.

O estudo preliminar do projeto realizado em 2011 foi desenvolvido conforme a descrição abaixo:

- Avaliação preliminar (visitas e inspeções de campo, análise de processos e dos estudos de lixiviação e solubilização da areia descartada de fundição);
- Apresentação do Plano de Amostragem;
- Validação dos pontos de sondagem e instalação de poços;
- Sondagens e amostragem de solos em 08 pontos;
- Instalação de 08 poços para monitoramento para amostragem das águas subterrâneas;
- Ensaios hidrogeológicos;
- Levantamento topográfico dos Poços de Monitoramento;
- Análises químicas das amostras coletadas para a quantificação dos compostos de interesse - Os parâmetros analíticos foram escolhidos com base nos resultados de lixiviação e solubilização de amostras de areia de moldagem;
- Elaboração de relatório de Investigação Ambiental para Estudo do Background.

As atividades foram realizadas conforme as metodologias e orientações da CETESB (Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas) e (Decisão de Diretoria N° 103-2007-CE).

Para verificação da qualidade da água subterrânea, foram instalados 08 poços de monitoramento (PMs), sendo 6 PMs a jusante do trecho experimental e 2 PMs à montante, totalizando 48 metros instalados. Tratou-se de um trecho com extensão aproximada de 200 metros, sendo que 100 metros da rede de esgotamento foram recobertas com ADF. Com base nos resultados do levantamento topográfico e nas observações de campo, foi determinado que o sentido preferencial de fluxo das águas subterrâneas é de oeste para leste. Nos dias 3 e 4 de Novembro de 2011 foi executada a construção do trecho experimental, com a fiscalização da Fundação Municipal de Meio Ambiente – FUNDEMA. Foram utilizadas 150 toneladas de Areia Descartada de Fundição em 100 metros de recobrimento da vala de esgoto sanitário da Rua Alberto Felippi.

Os principais resultados da Avaliação Ambiental do background do trecho experimental permitiram as seguintes conclusões (CARNIN, 2013):

- ✓ A composição da água subterrânea é influenciada pelo material geológico na qual se insere. As características químicas das águas subterrâneas dependem, inicialmente, da composição, em seguida, de sua evolução química, influenciada diretamente pelas litologias (CETESB, 2001);
- ✓ Os valores de background encontrados para os metais em solo do trecho experimental estudado não apresentaram nenhum enriquecimento anômalo, estando abaixo dos limites para Área de Proteção Máxima (APMax) sugeridos pela CETESB (2005) e CONAMA (2009). Na água subterrânea, apesar de apresentarem valores acima dos limites para águas subterrâneas da CETESB e CONAMA, os metais encontrados são oriundos da dissolução do metal presente nos solos, pois devido ao histórico de ocupação da área, não houve aporte antropogênico destes compostos. Sendo assim, os resultados analíticos dos poços que apresentaram concentrações de alumínio, ferro e de manganês, indicam que a presença desses minerais ocorre de maneira natural por toda a região;
- ✓ Os níveis de background encontrados para compostos fenólicos nos solos e na água subterrânea do trecho experimental estudado não apresentaram nenhum enriquecimento anômalo, estando abaixo dos limites de intervenção sugeridos pela CETESB (2005) e CONAMA (2009).

As principais conclusões deste estudo estão apresentadas abaixo:

- ✓ Comparando-se os resultados analíticos do Estudo de Background (FATOR AMBIENTAL, 2011) e das 1a, 2a e 3a Campanhas de Monitoramento (FATOR AMBIENTAL, 2012) com a 4a campanha de monitoramento, algumas concentrações de Ferro e Manganês mantiveram-se acima dos Valores Orientadores.
- ✓ No estudo de Background foram obtidas concentrações de Alumínio Chumbo, Ferro e Manganês acima dos valores orientadores, provenientes da combinação da solvatação e dissolução, aliada com a baixa capacidade de troca catiônica do solo estudado, sendo naturais da litologia da área.
- ✓ De acordo com o estudo de Background, o alumínio é o metal mais abundante da crosta terrestre, com sua abundância crustal estimada em 8,3%. Pela alta concentração encontrada, os solos são naturalmente enriquecidos, principalmente em solos de regiões tropicais.
- ✓ Verificou-se que, quando comparadas às campanhas de background e de 1° e 2° monitoramentos, as concentrações nos resultados da 4° campanha não superaram aos limites estabelecidos, mantendo o mesmo resultado obtido na 3ª campanha, afirmando uma tendência de redução. No entanto, a variação destas concentrações para mais ou menos é natural visto que este composto apresentou-se com a origem do solo local, o que será uma fonte permanente.
- ✓ O chumbo ocorre naturalmente na crosta terrestre, geralmente como sulfeto de chumbo PbS (galena). No entanto, como um resultado da atividade humana, na atmosfera hoje em dia o chumbo é encontrado principalmente como  $PbSO_4$  e  $PbCO_3$ .
- ✓ O composto Chumbo apresentou concentrações acima dos limites de intervenção no estudo de background, enquanto nas quatro Campanhas posteriores, as concentrações deste metal não ultrapassaram os Valores Orientadores adotados (CONAMA, 2009 e CETESB, 2005).
- ✓ O Ferro é o segundo metal mais abundante da crosta terrestre, com abundância média de 5%. Assim como o Alumínio, o ferro também é abundante em solos tropicais, presente na estrutura cristalina dos cristais formadores das rochas e dos solos.



- ✓ Os metais ferro e manganês apresentam comportamento semelhante ao longo dos estudos realizados, com variações para mais ou para menos, em todos os pontos de coleta, com destaque para os poços de monitoramento PM-05 e PM-08, que apontaram as concentrações mais altas.
- ✓ No caso do chumbo, cujas concentrações no estudo de background estavam acima dos limites de comparação, nas quatro campanhas posteriores não foram detectadas concentrações superiores as estabelecidas pelo limite de intervenção adotado.
- ✓ Na quarta campanha foram obtidas concentrações de Níquel acima do valor de orientação, ressalta-se que este resultado se deu como fato isolado, somente no PM-06, sendo anômalo da área e não representativo, podendo ser proveniente de uma fonte antrópica não associada à areia de fundição.
- ✓ Ressalta-se que na 4ª campanha, assim como nas anteriores, não foram detectadas concentrações de Fenóis Totais acima do Limite de Quantificação estabelecido pelo laboratório responsável pelas análises, permanecendo abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 420/2009.

## MATERIAIS E MÉTODOS

No ano de 2016 foi realizada uma parceria de estudo com a Companhia Águas de Joinville para verificar a compactação da ADF aplicada em assentamento e recobrimento de uma rede de esgoto sanitário do trecho experimental localizado na Rua Douglas William Martins do bairro João Costa, em Joinville, Estado de Santa Catarina.

Para a construção do trecho foi necessário obter a autorização do órgão ambiental de Santa Catarina e para isso foi necessário realizar as análises de caracterização da ADF conforme Resolução Consema 026/2013. As análises foram realizadas pelo Laboratório Acquaplant, localizado em Joinville/SC. As Tabelas 3, 4, 5 e 6 mostram os resultados da caracterização da ADF de acordo com a Resolução Consema 026/2013.

## RESULTADOS

Os resultados da caracterização da ADF de acordo com a Resolução Consema 026/2013 podem ser observados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6.

**Tabela 3: Parâmetros químicos no lixiviado, solubilizado da ADF pela NBR 10.004.**

Parâmetros	Lixiviado (mg/L)			Solubilizado (mg/L)		
	NBR 10005			NBR 10006		
	Resultado	LQ <sup>(1)</sup>	VMP <sup>(2)</sup>	Resultado	LQ <sup>(1)</sup>	VMP <sup>(2)</sup>
Alumínio				0,070	0,05	0,2
Arsênio	< 0,005	0,005	1	< 0,005	0,005	0,01
Bário	0,236	0,003	70	< 0,005	0,003	0,7
Cádmio	< 0,001	0,03	0,5	< 0,001	0,004	0,005
Chumbo	0,034	0,2	1	< 0,010	0,003	0,01
Cloretos				18,08	1	250
Cobre				< 0,005	0,01	2
Cromo Total	0,019	0,08	5	< 0,005	0,013	0,05
Fenóis totais				< 0,005	0,001	0,01
Ferro				0,039	0,02	0,3
Fluoretos	< 0,30	0,07	150	0,34	0,07	1,5
Manganês				< 0,005	0,02	0,1
Mercúrio	0,0010	0,0002	0,1	< 0,0001	0,0002	0,001
Nitrato (expresso em N)				< 0,2	0,3	10
Prata	< 0,005	0,05	5	< 0,005	0,01	0,05
Selênio	< 0,005	0,005	1,0	< 0,005	0,007	0,01
Sódio				42,240	0,1	200
Sulfato (expresso em SO <sub>4</sub> )				100	1	250
Zinco				< 0,005	0,01	5

<sup>(1)</sup> LQ= Limite de Quantificação. <sup>(2)</sup> VMP = Valor Máximo Permitido.

**Tabela 4: Parâmetros do Extrato Aquoso conforme Resolução Consema 026/2013.**

Parâmetros	Extrato Aquoso (mg/L)			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	VMP*
Cianeto Total	< 0,020	< 0,020	< 0,020	2,0
Cloreto	39,00	39,00	37,22	2500,0
Cobre	< 0,005	< 0,005	< 0,005	2,5
Fenóis Totais	0,005	< 0,005	0,008	3,0
Ferro	0,260	0,294	0,224	15,0
Fluoretos	< 0,30	< 0,30	< 0,30	14,0
Manganês	0,013	0,005	< 0,005	0,50
Níquel	< 0,006	< 0,006	< 0,006	2,0
Sódio	8,039	7,437	8,275	2500,0
Sólidos Dissolvidos Totais	740,0	281,0	278,0	5000,0
Sulfato	< 38	< 38	56	2500,0
Sulfeto	< 0,03	< 0,03	< 0,03	5,0
Teor de Sólidos Secos	100,00 %	100,00 %	100,00 %	-
Zinco	0,165	0,112	0,109	25,0

\*VMP = Valor Máximo Permitido.

**Tabela 5: Parâmetros do Extrato Lixiviado conforme Resolução Consema 026/2013.**

Parâmetros	Extrato Lixiviado (mg/L)			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	VMP*
Arsênio	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,50
Bário	0,388	0,388	0,336	0,10
Cádmio	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,10
Chumbo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,50
Cromo total	< 0,005	< 0,005	0,008	0,50
Mercurio	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,02
Selênio	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,10

\*VMP = Valor Máximo Permitido.

**Tabela 6: Parâmetro de Ecotoxicidade conforme Resolução Consema 026/2013.**

Análise	Equipamento	Resultado	Método	LD*	VMP**
Determinação de Ecotoxicidade aguda com <i>Vibrio fischeri</i>	Luminômetro Biotec - Sinergy 2 - 427	1,0 FTb	Ecotoxicologia aquática segundo ABNT NBR15411-3:2012: Determinação do efeito inibitório a emissão da Bioluminescência de <i>Vibrio fischeri</i> , parte 3: utilizando bactérias liofilizadas. PO POT 37.	1 FTb	FTb = 8

\*LD = Limite de Detecção

\*\*VMP = Valor Máximo Permitido.

Segundo a Resolução Consema nº 026, de utilizada deverá apresentar os seguintes critérios:

- ✓ Ser classificada como resíduo classe II;
- ✓ Apresentar concentrações de poluentes no extrato lixiviado, obtido conforme a norma NBR 10005, menores ou iguais às concentrações constantes do Anexo E tabela 1;
- ✓ Apresentar concentrações de poluentes no extrato aquoso, obtido conforme metodologia descrita no Anexo constantes da Tabela 2;
- ✓ Não deve apresentar toxicidade mais que FT 8 para aplicações de assentamento e recobrimento de tubulações e FT 16 para demais aplicações.

Após a realização das análises verificou-se que a ADF atendia todas as exigências da Resolução Consema Nº 026/2013. Posteriormente encaminhou-se uma solicitação para a Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA) para obtenção da autorização ambiental para a construção do trecho experimental.

Na data de 15/08/2016 o órgão ambiental de Santa Catarina concedeu a autorização ambiental nº 2713 para a construção do trecho experimental.

No dia 02 de Setembro de 2016 foi construído 54,27 metros de um trecho experimental com aproximadamente 70 toneladas de ADF. As Figuras 4, 5, 6, 7 e 8 ilustram a execução desta obra.

Na prática observou-se que a ADF compactou de forma adequada, atendendo as expectativas para usar a ADF em obras de saneamento.



**Figura 4: Entrega da ADF na obra.**





**Figura 5: Preparação do berço de areia para assentamento da tubulação.**



**Figura 6: Assentamento da Tubulação.**



**Figura 7: Reaterro de vala com adensamento hidráulico.**



**Figura 8: Trecho experimental executado com ADF.**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A substituição em escala real do material de construção da camada de recobrimento e assentamento das tubulações por ADF proporcionará ganhos ambientais e econômicos.

O ganho ambiental ficará por conta do emprego da ADF como material de construção, representando mais um passo importante rumo ao objetivo de encontrar soluções para o aproveitamento da ADF em aplicações na engenharia. Além disso, o uso da ADF, ou seja, a substituição de um material “novo” por e por subproduto do processo de fundição evita a lavra de material arenoso e, conseqüentemente, evita a degradação de novas áreas de exploração mineral. Estima-se que em 1 quilômetro de recobrimento de tubos pode-se utilizar 1.000 toneladas de ADF.

Outro aspecto a ser considerado é o ganho econômico da utilização da ADF. A atratividade vem por conta da significativa representatividade do custo do material de recobrimento das tubulações (areia média) em relação ao custo total da obra. Segundo análise da planilha orçamentária fornecida pela Companhia Águas de Joinville, referente ao projeto de esgoto das Bacias 8.1 e 9, que envolve dez bairros da zona sul da cidade, a economia geral decorrente do uso de ADF é de aproximadamente 14% do orçamento total do mesmo. Ou seja, esta diferença permitirá a aplicação de mais recursos em outras obras de saneamento no município.

Cabe ressaltar que o uso da ADF em obras de esgoto sanitário, mostra o atendimento à Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 - que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos que estabelece, em seu art. 9º, que na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, utilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Além disso, esta aplicação pode ser considerada um exemplo de boas práticas ambientais, a serem adotadas por toda a coletividade, incentivando o desenvolvimento sustentável e a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 15495-1:2007. Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares. Rio de Janeiro, 2007.
2. CARNIN, R. L. P., FARIAS, D. F.V., ANDRADE, L. B., FOLGUERAS, M. V. Estudo da Viabilidade do Uso da Areia Descartada de Fundição em Assentamento e Recobrimento de Tubulações: Monitoramento Ambiental do Trecho Experimental do Bairro Vila Nova. In: CBESA – Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27., 2013, Goiânia. Anais... Goiânia: ABES, 2013.
3. CETESB, 1988. Guia de Coleta e Preservação de amostras de água. São Paulo, 150 p.
4. CETESB, 2001. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. São Paulo. 2ª edição, 389 p.
5. CETESB, 2001. Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Água Subterrânea no Estado de São Paulo. São Paulo, 232 p.
6. CETESB, 2005. DECISÃO DE DIRETORIA Nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005.
7. CETESB. DECISÃO DE DIRETORIA No 152/2007/C/E - Dispõe sobre procedimentos para gerenciamento de areia de fundição. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007.
8. CONAMA, 2009. Resolução nº420, de 28 de dezembro de 2009.
9. CONSEMA, 2013. Resolução 026. Estabelece as diretrizes sobre a utilização das Areias Descartadas de Fundição – ADF e adota outras providências. Secretaria de Desenvolvimento Sustentável. Florianópolis.
10. PEREIRA, R. L. P. Reaproveitamento do Resíduo de Areia Verde de Fundição como Material de Infra-Estrutura para Pavimentação e Agregado em Misturas Asfálticas. In: GEOSUL – Congresso Brasileiro de Geotecnia, 2004, Curitiba. Anais, 2004.