



## III-023 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

### **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.

### **Daniela Finder Vilela de Farias<sup>(2)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE).

### **Leonardo de Brito Andrade<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor Adjunto II do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Coordenador do Grupo de Pesquisa REAGRO Aproveitamento de Resíduos Industriais e Agroindustriais em Novos Materiais de Construção.

### **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: Iririú - 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 em assentamento e recobrimento de tubulações de esgotamento sanitário tem como objetivo avaliar a possível alteração de qualidade causada pela aplicação da areia descartada de fundição através de monitoramentos ambientais num trecho experimental na Rua Alberto Felippi Bairro Vila Nova, em Joinville, Estado de Santa Catarina. Nas análises de monitoramento ambiental não foram detectadas evidências de alterações na qualidade da água subterrânea decorrentes da lixiviação de possíveis contaminantes a partir da areia descartada de fundição.

**PALAVRAS-CHAVE:** Areia descartada de fundição, monitoramento.

## **INTRODUÇÃO**

Este projeto é uma parceria de pesquisa entre a Tupy S.A, Prefeitura Municipal e a Companhia Águas de Joinville, tratando-se de um projeto estratégico sobre o aproveitamento da areia descartada de fundição (ADF) em assentamento e recobrimento de tubulações de esgotamento sanitário. O estudo do trecho experimental avaliará a possível alteração de qualidade causada pela aplicação da areia descartada de fundição através de monitoramentos ambientais periódicos no trecho.

Importante destacar que esta pesquisa está sendo acompanhada pela Fundação Estadual de Meio Ambiente de Santa Catarina – FATMA, com a fiscalização da Fundação Municipal de Meio Ambiente de Joinville – FUNDEMA.

O presente estudo mostra os resultados do monitoramento analítico ambiental da qualidade das águas subterrâneas no trecho experimental da Rede de Esgotamento Sanitário, localizado na Rua Alberto Felippi (entre as ruas dos Suíços e Reinoldo Melzer), Bairro Vila Nova, em Joinville, Estado de Santa Catarina. A escolha do local do 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.

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 reaproveitamento da ADF em aplicações na engenharia. Além disso, o reaproveitamento 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 Secretaria Regional do Vila Nova, o custo do material está em aproximadamente 10% do orçamento do projeto, ou seja, R\$ 1,8 milhão.

O estudo será desenvolvido conforme as seguintes etapas:

- Elaboração do Plano de Monitoramento, o qual define os trechos a serem avaliados, detalha 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, fundamental para a interpretação dos resultados obtidos após a aplicação das camadas, compreende a uma amostragem inicial dos solos e de águas subterrâneas;
- Campanhas de Monitoramento periódicas realizadas após a avaliação do *background* da área. Está prevista 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 escopo da proposta foi elaborado com base nos dados e informações obtidos durante as visitas de campo realizadas no dia 25/10/2010 e 16/06/2011, e segue o mesmo conceito do estudo do trecho experimental da SC402, projeto da aplicação da ADF em base e sub base de rodovias, em parceria com o Departamento de Infraestrutura de Santa Catarina - DEINFRA.

### **Estudo Preliminar**

O estudo preliminar do projeto foi desenvolvido conforme as seguintes etapas:

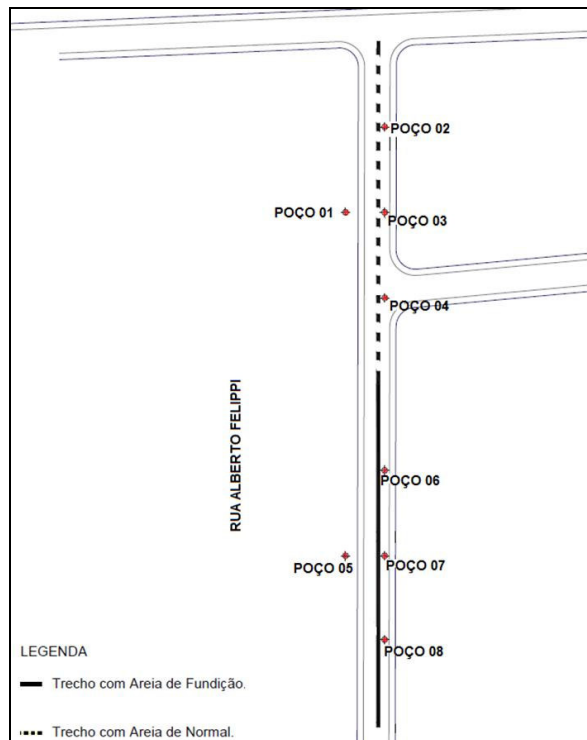
- Avaliação preliminar (visitas e inspeções de campo, análise de processos e dos estudos de lixiviação e solubilização da areia descartada de fundição);
- Apresentação do Plano de Amostragem;
- Validação dos pontos de sondagem e instalação de poços;

- 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. Trata-se de um trecho com extensão aproximada de 200 metros, sendo que 100 metros da rede de esgotamento foram recobertas com areia descartada de fundição. Na Figura 01 é possível visualizar a localização dos poços de monitoramento da água subterrânea.

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.



**Figura 01. Localização dos Poços de Monitoramento Instalados.**

### **Estudo de *Background***

Consideram-se como *background* da área as concentrações naturais dos compostos encontrados nos meios (solo e águas subterrâneas). Este diagnóstico da qualidade do aquífero antes da intervenção da construção do trecho é fundamental para o sucesso da interpretação dos dados obtidos durante o período de monitoramento (após a aplicação das camadas com areia de fundição) e validação da viabilidade ambiental da aplicação da areia fundição nos trechos ambientais.

### Sondagem e Amostragem de Solo

Foram determinados 08 pontos prioritários no trecho experimental para sondagem e amostragem de solo, que também foram utilizados para a instalação dos Poços de Monitoramento.

As sondagens foram realizadas entre os dias 22 e 23 de agosto de 2011, a trado manual de 4". No caso das sondagens para amostragem de solo a perfuração foi executada até 2 metros, de acordo com a composição pedológica do local amostrado.

O horizonte escolhido para a amostragem dos solos foi o mais representativo do local, evitando-se horizontes contendo muita matéria orgânica.

### Instalação dos Poços de Monitoramento

Foram instalados 08 poços de monitoramento utilizando-se as sondagens para a coleta dos solos. O objetivo desta etapa foi determinar as concentrações de *background* das águas subterrâneas e determinar alguns parâmetros hidrogeológicos locais, tais como profundidade do nível d'água, sentido do fluxo das águas subterrâneas e condutividade hidráulica do meio.

O acabamento dos poços de monitoramento foi feito de acordo com os padrões da Prefeitura Municipal de Joinville (Figura 02).



Figura 02. Acabamento do Poço de Monitoramento 04.

### Amostragem das Águas Subterrâneas

As coletas das amostras de água seguiram as recomendações do Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água (CETESB, 1998), da Norma ABNT NBR 13895 - Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem e a metodologia de Baixa Vazão, de acordo com os procedimentos estabelecidos pela EPA (1995) – *Low*

(*Minimal Drawdown*) *Ground- Water Sampling Procedures*, Robert W. Puls e Michael J. Barcelona. As Figuras 03 e 04 mostram a coleta das amostras de água. As Figuras 03 e 04 mostram a coleta das amostras de água.





**Figura 03. Amostragem do Poço de Monitoramento 02.**



**Figura 04. Amostragem do Poço de Monitoramento 01.**

### **RESULTADOS DE BACKGROUND**

Os resultados analíticos foram comparados ao padrão de qualidade dos solos e águas subterrâneas vigente para o Estado de São Paulo e os constantes na Resolução nº 420 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA 420/2009).

Os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo da CETESB de 2005 - DECISÃO DE DIRETORIA Nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005 dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001.

Para os **Valores de Prevenção**, a CETESB diz: “é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Este valor indica a qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas. Foi determinado para o solo com base em ensaios com receptores ecológicos. Deve ser utilizado para disciplinar a introdução de substâncias no solo e, quando ultrapassado, a continuidade da atividade será submetida a nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução das cargas poluentes proceder o monitoramento dos impactos decorrentes”.

Já para os **Valores de Intervenção**, a CETESB considera como sendo “a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição genérico. Para o solo, foi calculado utilizando-se procedimento de avaliação de risco à saúde humana para cenários de exposição Agrícola-Área de Proteção Máxima – APM<sub>ax</sub>, Residencial e Industrial. Para a água subterrânea, considerou-se como valores de intervenção as concentrações que causam risco à saúde humana listadas na Portaria 518, de 26 de março de 2004, do Ministério da Saúde - MS, complementada com os padrões de potabilidade do Guia da Organização Mundial de Saúde - OMS de 2004, ou calculados segundo adaptação da metodologia da OMS utilizada na derivação destes padrões. Em caso de alteração dos padrões da Portaria 518 do MS, os valores de intervenção para águas subterrâneas serão consequentemente alterados. A área será classificada como Área Contaminada sob Investigação quando houver constatação da presença de contaminantes no solo ou na água subterrânea em concentrações acima dos Valores de Intervenção, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco”.

A **Resolução CONAMA Nº420/2009**, dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

De acordo com os resultados analíticos, os parâmetros analisados para as 08 amostras de solo foram detectados abaixo dos Padrões de Referência de Comparação (CETESB, 2005 e CONAMA 420, 2009). A **Tabela 01** apresenta os resultados analíticos para o parâmetro metais e a **Tabela 02** apresenta os valores de fenóis.

Conforme Manual de Valores Orientadores da CETESB (págs. 47-48), as concentrações encontradas para os metais no solo do trecho experimental estão dentro da média calculada após análise de 84 amostras de solo, que geraram os valores orientadores CETESB (2005) e CONAMA 420 (2009), inclusive para os metais que não possuem limites estabelecidos (Alumínio, Ferro e Manganês), pois estes metais estão presentes naturalmente em solos tropicais e em grandes concentrações (CETESB, 2001 – pág. 84). Sendo assim, as concentrações encontradas caracterizam o *background* da região.

Os resultados das análises de metais em água mostraram concentrações de alguns elementos acima dos limites sugeridos pela CETESB e CONAMA 420, indicados na **Tabela 03** e podem ser visualizados na **Figura 05**.

Foram identificadas concentrações acima dos valores de comparação para os metais Alumínio, Chumbo, Ferro e Manganês. De acordo com o Manual de Valores Orientadores, os metais Alumínio, Ferro e Manganês estão presentes em grande quantidade nos solos tropicais e, por conseguinte, presentes também na água subterrânea, porém não oferecem risco à saúde humana, ficando restrito apenas às mudanças nas características organolépticas da água.

Não foram identificados compostos fenólicos nas análises das águas subterrâneas, conforme **Tabela 04.**

**Tabela 01. Resultados Analíticos para as Amostras de Solo – Metais.**  
(Background)

| Metais   | Amostra             |      | SO-01         | SO-02         | SO-03         | SO-04         | SO-05         | SO-06         | SO-07         | SO-08         | Valores Orientadores (APMax) |               |                     |
|----------|---------------------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------------|
|          | Data de Coleta      |      | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11                | Valor (mg/Kg) | Lista de Referência |
|          | Profundidade Coleta |      | 1,80 m        | 1,90 m        | 1,80 m        | 1,80m         | 2,00 m        | 1,70 m        | 1,80 m        | 1,90 m        |                              |               |                     |
|          | Unidade             | L.Q. |               |               |               |               |               |               |               |               |                              |               |                     |
| Alumínio | mg/kg               | 2,50 | 7.997,85      | 9.440,74      | 3.920,43      | 11.288,63     | 7.103,23      | 5.604,41      | 1.762,11      | 4.870,30      | -                            | (2)           |                     |
| Chumbo   | mg/kg               | 0,50 | 6,77          | 19,20         | 3,57          | 20,57         | 4,34          | 3,28          | 4,38          | 4,26          | 180                          | (1)           |                     |
| Cobre    | mg/kg               | 0,25 | 18,67         | 29,85         | 5,06          | 32,83         | 3,23          | 2,25          | 4,90          | 2,09          | 200                          | (1)           |                     |
| Ferro    | mg/kg               | 2,50 | 12.016,29     | 36.374,80     | 2.254,57      | 35.939,99     | 13.374,79     | 3.739,80      | 2.057,91      | 1.600,77      | -                            | (2)           |                     |
| Manganês | mg/kg               | 0,50 | 133,14        | 3.686,07      | 78,87         | 1.055,76      | 60,99         | 74,75         | 16,93         | 22,82         | -                            | (2)           |                     |
| Níquel   | mg/kg               | 0,50 | 3,30          | 12,47         | 1,07          | 21,72         | 2,33          | 0,84          | 1,71          | 1,07          | 70                           | (1)           |                     |
| Zinco    | mg/kg               | 0,50 | 49,62         | 29,80         | 11,52         | 58,42         | 15,44         | 9,69          | 6,66          | 7,46          | 2.000                        | (1)           |                     |

Observações:

(1) Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009 e/ou Decisão de Diretoria nº 195 de 23/11/2005 da CETESB.

(2) Composto não consta dos padrões de referência CETESB e/ou CONAMA 420.

L.Q. – Limite de Quantificação.

APMax - Área de proteção ambiental máxima.

**Tabela 02. Resultados Analíticos para as Amostras de Solo – Fenóis**  
(Background)

| Parâmetros              | Amostra             |      | SO-01         | SO-02         | SO-03         | SO-04         | SO-05         | SO-06         | SO-07         | SO-08         | Valores Orientadores (APMax) |               |                     |
|-------------------------|---------------------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|---------------|---------------------|
|                         | Data de Coleta      |      | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11 | 22 e 23/08/11                | Valor (mg/Kg) | Lista de Referência |
|                         | Profundidade Coleta |      | 1,80 m        | 1,90 m        | 1,80 m        | 1,80m         | 2,00 m        | 1,70 m        | 1,80 m        | 1,90 m        |                              |               |                     |
|                         | Unidade             | L.Q. |               |               |               |               |               |               |               |               |                              |               |                     |
| Fenol                   | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | 5                            | (1)           |                     |
| 2-Metilfenol            | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | -                            | (2)           |                     |
| 3-Metilfenol            | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | -                            | (2)           |                     |
| 4-Metilfenol            | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | -                            | (2)           |                     |
| 2-Clorofenol            | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | 0,5                          | (1)           |                     |
| 2,4-Dimetilfenol        | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | -                            | (2)           |                     |
| 4-Cloro-3-metilfenol    | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | -                            | (2)           |                     |
| 2,6-Diclorofenol        | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | -                            | (2)           |                     |
| 2,4-Diclorofenol        | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | 1,5                          | (1)           |                     |
| 2-Nitrofenol            | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | -                            | (2)           |                     |
| 2,4,6-Triclorofenol     | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | 3                            | (1)           |                     |
| 4-Nitrofenol            | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | -                            | (2)           |                     |
| 2,4,5-Triclorofenol     | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | -                            | (2)           |                     |
| 2,3,4,6-Tetraclorofenol | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | 1                            | (1)           |                     |
| Pentaclorofenol         | mg/kg               | 0,02 | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | < 0,02        | 0,35                         | (1)           |                     |

Observações:

(1) Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009 e/ou Decisão de Diretoria nº 195 de 23/11/2005 da CETESB.

(2) Composto não consta dos padrões de referência CETESB e/ou CONAMA 420

L.Q. –Limite de Quantificação.

**Tabela 03. Resultados Analíticos para as Amostras de Água Subterrânea – Metais  
(Background)**

| Metais   | Sondagem       |       | Poço 01  | Poço 02  | Poço 03  | Poço 04  | Poço 05  | Poço 06  | Poço 07  | Poço 08  | Poço 08<br>(réplica) | Valores Orientadores (APMax) |                     |
|----------|----------------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------|------------------------------|---------------------|
|          | Amostra        |       | AS-01    | AS-02    | AS-03    | AS-04    | AS-05    | AS-06    | AS-07    | AS-08    | AS-09                | Valor (µg/L)                 | Lista de Referência |
|          | Data de Coleta |       | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11             |                              |                     |
|          | Unidade        | L.Q.  |          |          |          |          |          |          |          |          |                      |                              |                     |
| Alumínio | µg/L           | 0,050 | 194      | 1.694    | 121      | 58       | 70       | 120      | 69       | 201      | 104                  | 200                          | (1)                 |
| Chumbo   | µg/L           | 0,010 | 14       | 14       | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010              | 10                           | (1)                 |
| Cobre    | µg/L           | 0,005 | 82       | 107      | 22       | 29       | 22       | 28       | 29       | 46       | 25                   | 2.000                        | (1)                 |
| Ferro    | µg/L           | 0,050 | 1.1689   | 4.014    | 8.097    | 223      | 231      | 1.811    | 1.787    | 1.891    | 1.967                | 300                          | (1)                 |
| Manganês | µg/L           | 0,010 | 1.164    | 767      | 1.504    | 107      | 1.181    | 116      | 101      | 116      | 104                  | 400                          | (1)                 |
| Níquel   | µg/L           | 0,010 | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010  | < 0,010              | 20                           | (1)                 |
| Zinco    | µg/L           | 0,100 | 2703     | 1864     | 1500     | 1344     | 1095     | 864      | 651      | 651      | 579                  | 5.000                        | (1)                 |

Observações:

L.Q. – Maior Limite de Quantificação do Método Encontrado nos Laudos;

XXX - Composto e valores de concentração acima dos limites de comparação

(1) Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009 e Decisão de Diretoria nº 195 de 23/11/2005 da CETESB.

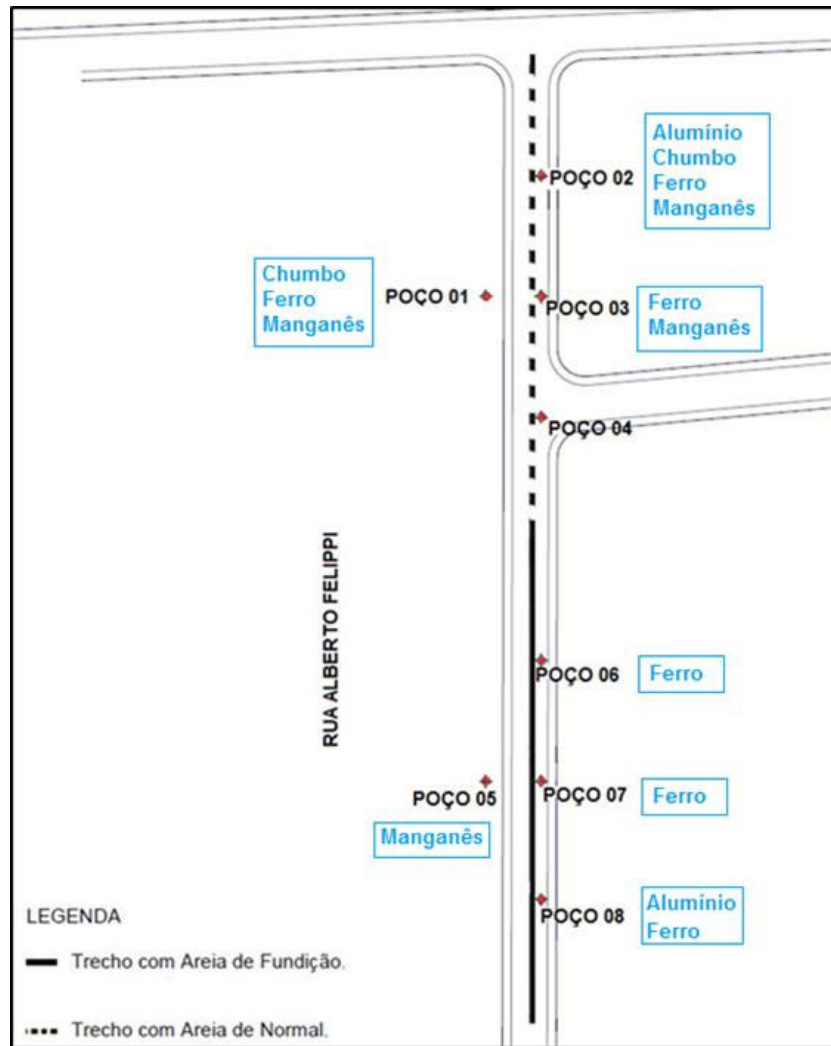


Figura 05. Resultados de Metais em Águas Subterrâneas – Estudo de Background.



**Tabela 04. Resultados Analíticos para as Amostras de Água Subterrânea – Fenóis.**  
(Background)

| Parâmetros              | Amostra        |      | SO-01    | SO-02    | SO-03    | SO-04    | SO-05    | SO-06    | SO-07    | SO-08    | Valores Orientadores (APMax) |               |                     |
|-------------------------|----------------|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------------------|---------------|---------------------|
|                         | Data de Coleta |      | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11 | 26/08/11                     | Valor (mg/Kg) | Lista de Referência |
|                         | Unidade        | L.Q. |          |          |          |          |          |          |          |          |                              |               |                     |
| Fenol                   | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | 140           | (1)                 |
| 2-Metilfenol            | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | -             | (2)                 |
| 3-Metilfenol            | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | -             | (2)                 |
| 4-Metilfenol            | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | -             | (2)                 |
| 2-Clorofenol            | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | 10,5          | (1)                 |
| 2,4-Dimetilfenol        | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | -             | (2)                 |
| 4-Cloro-3-metilfenol    | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | -             | (2)                 |
| 2,6-Diclorofenol        | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | -             | (2)                 |
| 2,4-Diclorofenol        | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | 10,5          | (1)                 |
| 2-Nitrofenol            | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | -             | (2)                 |
| 2,4,6-Triclorofenol     | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | 200           | (2)                 |
| 4-Nitrofenol            | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | -             | (2)                 |
| 2,4,5-Triclorofenol     | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | 10,5          | (1)                 |
| 2,3,4,6-Tetraclorofenol | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | 10,5          | (1)                 |
| Pentaclorofenol         | µg/L           | 0,02 | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02   | < 0,02                       | 9             | (1)                 |

(1) Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009 e/ou Decisão de Diretoria nº 195 de 23/11/2005 da CETESB.

(2) Composto não consta dos padrões de referência CETESB e/ou CONAMA 420.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO DE BACKGROUND DO TRECHO EXPERIMENTAL

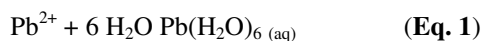
A primeira etapa deste estudo visa à avaliação do *background* do trecho escolhido, pois a quantificação das condições físico-químicas do solo e da água subterrânea, antes da aplicação da ADF, serão necessárias as próximas campanhas de monitoramento das águas subterrâneas, onde serão comparados os resultados de amostragem da água após a aplicação da ADF nas valas de esgotamento sanitário.

O bairro Vila Nova, onde o trecho escolhido está inserido, encontra-se na região oeste de Joinville, e cuja ocupação é majoritariamente residencial, compreendendo 88% da ocupação total.

Localmente, a topografia é marcada pelo Pico Jurapê, porém este encontra-se fora dos limites urbanos. O solo da área corresponde com a presença de argissolos e cambissolo característicos com ausência de horizonte O. O horizonte A apresenta grande quantidade de argila e silte, com pouca ou nenhuma areia identificável ao tato, característica de solos jovens (~ 2-3 m de espessura) e a presença de argila bem definida no horizonte inferior (~7-8 metros de profundidade). Estes fatores corroboram a grande quantidade de alumínio, ferro e manganês que foram encontrados nos solos analisados.

A presença de metais em água é regida por dois processos principais:

- Solvatação: Este processo, cujo mecanismo está descrito na **Equação 1**, envolve a solubilização do composto iônico pela ligação de moléculas de água de acordo com o seu número de coordenação, formando um “envelope” de solvente ao redor do metal, capaz de dissolver o composto. Não há transformação química, apenas a solubilização do metal.



Após solvatado, o metal pode ligar-se a partículas micrométricas presentes na água subterrânea (fase coloidal) em um processo chamado co-precipitação. Apesar de estar em fase sólida, a análise de água subterrânea contendo colóides com co-precipitação de metais pode ser interpretada como se apresentasse metais dissolvidos, uma vez que a fase coloidal (1 nm a 1 µm) atravessa os filtros utilizados na amostragem de campo (0,45 µm).

- Dissolução: Este processo cinético designa a capacidade de um composto de solubilizar-se a partir de um sólido. No caso de águas subterrâneas, os metais solubilizam-se a partir do solo. A dissolução é regida pela constante de solubilidade ( $K_{sp}$ ) de cada elemento, que quantifica o equilíbrio entre o soluto (metal) e o solvente (água), e é dependente da forma química do elemento. Os metais de interesse deste estudo podem solubilizar-se para o meio aquoso uma vez que estão presentes no solo em quantidades significativas e em contato permanente com a água.

A combinação destes dois fatores, aliadas com a baixa capacidade de troca catiônica do solo estudado, pode explicar a presença dos metais na água subterrânea (Alumínio, Manganês, Ferro e Chumbo). Vale salientar que os valores encontrados são **naturais** e constituem **background** da área, não constituindo um aporte antropogênico dos metais no local.

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.

O **manganês** ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 950 mg/kg. Na água seu teor é extremamente variável, de 0,002 a 4 mg/L. Quanto a concentração em águas subterrâneas, na Rússia, os níveis variam de 1 a 250 µg/L. Nos EUA, encontrou-se água de abastecimento, concentrações entre não detectável a 1,1 mg/L, com média de 5 µg/L e na Alemanha variou de 1 a 63 µg/L. O ciclo de oxidação-redução é importante no controle da dinâmica do manganês, semelhante ao ferro. Na interface água-sedimento, quando o oxigênio dissolvido é zero ocorre sua redução para a forma dissolvida ( $Mn^{+2}$ ) retornando para a coluna d'água. Altos potenciais redox também reduzem o manganês. A taxa de oxidação no sedimento aumenta na presença de bactérias oxidativas de manganês.

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.

O **chumbo** ocorre naturalmente na crosta terrestre, geralmente como sulfeto de chumbo PbS (galena).

## PRINCIPAIS CONCLUSÕES DO ESTUDO DE BACKGROUND

O estudo da Avaliação Ambiental do *background* do trecho experimental permitiram as seguintes conclusões:

- ✓ 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).

## CONSTRUÇÃO DO TRECHO EXPERIMENTAL

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.

A amostra de ADF foi proveniente da Fundação de Blocos da Linha E0.

Foram utilizadas **150 toneladas** de Areia Descartada de Fundação em 100 metros de recobrimento da vala de esgoto sanitário da Rua Alberto Felippi. Nas Figuras 06, 07, 08 e 09 são visualizadas as etapas da construção do trecho.



**Figura 06. Abertura da Vala de Esgoto.**



**Figura 07. Transporte da ADF até o Local de Construção do Trecho.**



**Figuras 08 e 09. Etapas da Construção do Trecho.**



**Figuras 10 e 11. Trecho Experimental Construído.**

A primeira campanha de monitoramento ambiental foi realizada nos dias 27 e 28 de Março de 2012, para monitorar a qualidade da água subterrânea após a aplicação da ADF na camada de recobrimento da vala de esgotamento sanitário. Os resultados da qualidade da água subterrânea foram comparados com os valores de *background* da área e com os Valores Orientadores de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo da CETESB (2005) e CONAMA 420 (2009).

Os resultados analíticos de metais dissolvidos indicaram concentrações superiores as estabelecidas pelo limite de intervenção adotados para os compostos mostrados na Tabela 05.

O Estudo de *Background* forneceu principalmente a quantificação das condições físico-químicas do solo e da água subterrânea no trecho experimental (amostragem realizada em 26/08/2011), antes do recobrimento das valas da rede de esgotamento sanitário com ADF.

Os resultados analíticos para água subterrânea obtidos no presente Monitoramento Ambiental, realizado após a aplicação da ADF nas valas da rede do esgotamento sanitário (amostragem efetuada em 28/03/2012), são comparados com os valores de *background* através da **Tabela 07**, com a finalidade de verificar eventuais alterações (acréscimo ou decréscimo de concentrações) na qualidade ambiental da área de estudo.

## **PRINCIPAIS CONCLUSÕES DA PRIMEIRA CAMPANHA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL**

Comparando-se os resultados analíticos do Estudo de *Background* realizado anteriormente com o Monitoramento atual, as concentrações de Alumínio, Ferro e Manganês mantiveram-se acima dos Valores Orientadores, com exceção do Chumbo cujas concentrações nesta presente campanha não ultrapassaram os Valores Orientadores adotados (CETESB 2005 e CONAMA 420 de 2009).

De acordo com o Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Água Subterrânea no Estado de São Paulo (CETESB, 2001) os metais Ferro e Manganês encontram-se naturalmente nos solos tropicais em altas concentrações e, por conseguinte, também na água subterrânea.

Os resultados de *background* encontrados para metais no solo e na água subterrânea do trecho experimental estudado apresentaram valores acima dos limites estabelecidos pela CETESB (2005) e pelo CONAMA (2009) para Alumínio, Ferro e de Manganês, porém devido à caracterização do entorno e ao histórico de ocupação da área ausente de atividades industriais e/ou comerciais, não houve aporte antropogênico destes compostos, indicando que os metais encontrados são provenientes da dissolução do metal presente nos solos, fazendo parte do *background* natural da região.

De forma geral, pode-se observar um decréscimo nas concentrações de Alumínio e um acréscimo nas concentrações de Ferro e Manganês. Estas variações podem ser consideradas sazonais, uma vez que este monitoramento foi conduzido em regime hidrológico de cheia, onde há uma maior mobilização de colóides no meio aquoso. No caso do chumbo, cujas concentrações no estudo de *background* estavam acima dos limites de comparação, neste estudo não foram detectadas concentrações superiores as estabelecidas pelo limite de intervenção adotado.

Nesta primeira campanha de monitoramento ambiental não foram detectadas evidências de alterações na qualidade da água subterrânea decorrentes da lixiviação de possíveis contaminantes a partir da areia descartada de fundição.

**Tabela 05. Resultados Analíticos para as Amostras de Água Subterrânea – Metais.  
PRIMEIRA CAMPANHA DE MONITORAMENTO – MARÇO/2012.**

| Metais              | Sondagem |      | Poço 01                      | Poço 02 | Poço 03 | Poço 04 | Poço 05                      | Poço 06 | Poço 07 | Poço 08 | Poço 04 (réplica) | Valores Orientadores |     |
|---------------------|----------|------|------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|----------------------|-----|
|                     |          |      | TRECHO SEM AREIA DE FUNDIÇÃO |         |         |         | TRECHO COM AREIA DE FUNDIÇÃO |         |         |         | µg/L              | Lista de Referência  |     |
|                     | Unidade  | L.Q. |                              |         |         |         |                              |         |         |         |                   |                      |     |
| Alumínio Dissolvido | µg/L     | 30   | 154                          | 85      | < 30    | < 30    | 805                          | 73      | 271     | 372     | < 30              | 200                  | (1) |
| Bário Dissolvido    | µg/L     | 10   | 50                           | 283     | 34      | 341     | 22                           | < 10    | 189     | 343     | 341               | 700                  | (1) |
| Cádmio Dissolvido   | µg/L     | 4    | < 4                          | < 4     | < 4     | < 4     | < 4                          | < 4     | < 4     | < 4     | < 4               | 5                    | (1) |
| Chumbo              | µg/L     | 9    | < 9                          | < 9     | < 9     | < 9     | < 9                          | < 9     | < 9     | < 9     | < 9               | 10                   | (1) |
| Ferro               | µg/L     | 30   | 73                           | 17.200  | 1.860   | 21.600  | 8.030                        | 1.180   | 260     | 28.000  | 22.300            | 300                  | (1) |
| Manganês            | µg/L     | 10   | 56                           | 1.320   | 86      | 1.270   | 1.290                        | 112     | 884     | 2.200   | 1.310             | 400                  | (1) |
| Níquel              | µg/L     | 5    | < 5                          | < 5     | < 5     | < 5     | < 5                          | < 5     | < 5     | < 5     | < 5               | 20                   | (1) |
| Zinco               | µg/L     | 100  | 115                          | 105     | 71      | 97      | 58                           | 125     | 55      | 51      | 101               | 5.000                | (1) |

(1) - Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009 e Decisão de Diretoria nº 195 de 23/11/2005 - CETESB.

L.Q. - Limite de Quantificação.

Azul - Valores de concentrações acima dos limites de comparação.

**Tabela 06. Resultados Analíticos para as Amostras de Água Subterrânea – Fenóis.  
PRIMEIRA CAMPANHA DE MONITORAMENTO – MARÇO/2012.**

| Fenol         | Sondagem |      | Poço 01                      | Poço 02 | Poço 03 | Poço 04 | Poço 05                      | Poço 06 | Poço 07 | Poço 08 | Poço 04 (réplica) | Valores Orientadores |     |
|---------------|----------|------|------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|---------|-------------------|----------------------|-----|
|               |          |      | TRECHO SEM AREIA DE FUNDIÇÃO |         |         |         | TRECHO COM AREIA DE FUNDIÇÃO |         |         |         | µg/L              | Lista de Referência  |     |
|               | Unidade  | L.Q. |                              |         |         |         |                              |         |         |         |                   |                      |     |
| Fenóis Totais | µg/L     | 30   | < 30                         | < 30    | < 30    | < 30    | < 30                         | < 30    | < 30    | < 30    | < 30              | 140                  | (1) |

(1) - Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009 e Decisão de Diretoria nº 195 de 23/11/2005 - CETESB.

L.Q. - Limite de Quantificação.

### SEGUNDA CAMPANHA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DO TRECHO EXPERIMENTAL

Foi realizada a segunda campanha de monitoramento ambiental nos dias 14 e 15 de Agosto de 2012. Os resultados da qualidade da água subterrânea foram comparados com os Valores Orientadores de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo da CETESB (2005) e CONAMA 420 (2009).

Os resultados analíticos de metais dissolvidos indicaram concentrações superiores às estabelecidas pelo limite de intervenção adotados para os compostos mostrados na Tabela 07.

Os resultados analíticos para água subterrânea obtidos no segundo Monitoramento Ambiental, realizado após a aplicação da ADF nas valas da rede do esgotamento sanitário foram comparados com os valores de *background* e com os resultados da primeira campanha (Tabela 09).

**Tabela 07. Resultados Analíticos para as Amostras de Água Subterrânea – Metais.  
SEGUNDA CAMPANHA DE MONITORAMENTO – AGOSTO/2012.**

| Metais              | Sondagem                     |      | Poço 01 | Poço 02 | Poço 03                      | Poço 04 | Poço 05 | Poço 06 | Poço 07 | Poço 08 | Poço 02 (réplica) | Valores Orientadores |                     |
|---------------------|------------------------------|------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|----------------------|---------------------|
|                     |                              |      | AS-05   | AS-07   | AS-09                        | AS-06   | AS-01   | AS-03   | AS-02   | AS-04   | AS-08             |                      |                     |
|                     | TRECHO SEM AREIA DE FUNDIÇÃO |      |         |         | TRECHO COM AREIA DE FUNDIÇÃO |         |         |         |         |         |                   |                      |                     |
|                     | Unidade                      | L.Q. |         |         |                              |         |         |         |         |         |                   | µg/L                 | Lista de Referência |
| Alumínio Dissolvido | µg/L                         | 30   | < 30,0  | 44      | < 30,0                       | < 30,0  | 45      | < 30,0  | 1.330   | < 0,030 | < 30,0            | 200                  | (1)                 |
| Bário Dissolvido    | µg/L                         | 10   | 81      | 88      | 61                           | 215     | 53      | 16      | 189     | 411     | 95                | 700                  | (1)                 |
| Cádmio Dissolvido   | µg/L                         | 4    | < 4,0   | < 4,0   | < 4,0                        | < 4,0   | < 4,0   | < 4,0   | < 4,0   | < 4,0   | < 4,0             | 5                    | (1)                 |
| Chumbo Dissolvido   | µg/L                         | 9    | < 9,0   | < 9,0   | < 9,0                        | < 9,0   | < 9,0   | < 9,0   | < 9,0   | < 9,0   | < 9,0             | 10                   | (1)                 |
| Ferro Dissolvido    | µg/L                         | 30   | 1.220   | 5.180   | 1.470                        | 11.800  | 16.900  | 61      | 9.650   | 46.100  | 4.490             | 300                  | (1)                 |
| Manganês Dissolvido | µg/L                         | 10   | 67      | 232     | 39                           | 859     | 1.760   | 39      | 1.520   | 2.960   | 162               | 400                  | (1)                 |
| Níquel Dissolvido   | µg/L                         | 5    | < 5,0   | < 5,0   | < 5,0                        | < 5,0   | < 5,0   | < 5,0   | < 5,0   | < 5,0   | < 5,0             | 20                   | (1)                 |
| Zinco Dissolvido    | µg/L                         | 100  | 201     | 95      | 59                           | 64      | 131     | 57      | 292     | 80      | 77                | 5.000                | (1)                 |

(1) - Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009 e Decisão de Diretoria nº 195 de 23/11/2005 - CETESB.

L.Q. - Limite de Quantificação.

Azul - Valores de concentrações acima dos limites de comparação.

**Tabela 08. Resultados Analíticos para as Amostras de Água Subterrânea – Fenóis.  
SEGUNDA CAMPANHA DE MONITORAMENTO – AGOSTO/2012.**

| Fenol         | Sondagem                     |      | Poço 01 | Poço 02 | Poço 03                      | Poço 04 | Poço 05 | Poço 06 | Poço 07 | Poço 08 | Poço 02 (réplica) | Valores Orientadores |                     |
|---------------|------------------------------|------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------------|----------------------|---------------------|
|               |                              |      | AS-05   | AS-07   | AS-09                        | AS-06   | AS-01   | AS-03   | AS-02   | AS-04   | AS-08             |                      |                     |
|               | TRECHO SEM AREIA DE FUNDIÇÃO |      |         |         | TRECHO COM AREIA DE FUNDIÇÃO |         |         |         |         |         |                   |                      |                     |
|               | Unidade                      | L.Q. |         |         |                              |         |         |         |         |         |                   | µg/L                 | Lista de Referência |
| Fenóis Totais | µg/L                         | 30   | < 30    | < 30    | < 30                         | < 30    | < 30    | < 30    | < 30    | < 30    | < 30              | 140                  | (1)                 |

(1) - Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009 e Decisão de Diretoria nº 195 de 23/11/2005 - CETESB.

L.Q. - Limite de Quantificação.



**Tabela 09. Comparação dos Resultados de *Background* e das 1ª e 2ª Campanhas de Monitoramento.**

| Metais   | Unidade | Valores Orientadores (µg/L) <sup>(1)</sup> | Poço de Monitoramento |                | Comparação dos Resultados |             |             |
|----------|---------|--|-----------------------|----------------|---------------------------|-------------|-------------|
|          |         |  |                       |                | <i>Background</i>         | 1ª Campanha | 2ª Campanha |
| Alumínio | µg/L    | 200  | PM 01                 | TRECHO SEM ADF | 194                       | 154         | < 30,0      |
|          |         |  | PM 02                 |                | 1.694                     | 85          | 44          |
|          |         |  | PM 03                 |                | 121                       | < 30        | < 30,0      |
|          |         |  | PM 04                 |                | 58                        | < 30        | < 30,0      |
|          |         |  | PM 05                 | TRECHO COM ADF | 70                        | 805         | 45          |
|          |         |  | PM 06                 |                | 120                       | 73          | < 30,0      |
|          |         |  | PM 07                 |                | 69                        | 271         | 1.330       |
|          |         |  | PM 08                 |                | 201                       | 372         | < 0,03      |
| Ferro    | µg/L    | 300  | PM 01                 | TRECHO SEM ADF | 11.689                    | 73          | 1.220       |
|          |         |  | PM 02                 |                | 4.014                     | 17.200      | 5.180       |
|          |         |  | PM 03                 |                | 8.097                     | 1.860       | 1.470       |
|          |         |  | PM 04                 |                | 223                       | 21.600      | 11.800      |
|          |         |  | PM 05                 | TRECHO COM ADF | 231                       | 8.030       | 16.900      |
|          |         |  | PM 06                 |                | 1.811                     | 1.180       | 61          |
|          |         |  | PM 07                 |                | 1.787                     | 260         | 9.650       |
|          |         |  | PM 08                 |                | 1.891                     | 28.000      | 46.100      |
| Manganês | µg/L    | 400  | PM 01                 | TRECHO SEM ADF | 1.164                     | 56          | 67          |
|          |         |  | PM 02                 |                | 767                       | 1.320       | 232         |
|          |         |  | PM 03                 |                | 1.504                     | 86          | 39          |
|          |         |  | PM 04                 |                | 107                       | 1.270       | 859         |
|          |         |  | PM 05                 | TRECHO COM ADF | 1.181                     | 1.290       | 1.760       |
|          |         |  | PM 06                 |                | 116                       | 112         | 39          |
|          |         |  | PM 07                 |                | 101                       | 884         | 1.520       |
|          |         |  | PM 08                 |                | 116                       | 2.200       | 2.960       |

<sup>(1)</sup> Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas - Resolução CONAMA nº 420 de 28/12/2009 e Decisão de Diretoria nº 195 de 23/11/2005 - CETESB.

**Azul** = Valores de concentrações acima dos limites de referência CETESB (2005) e CONAMA 420 (2009).

## PRINCIPAIS CONCLUSÕES DA SEGUNDA CAMPANHA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Comparando-se os resultados analíticos da Primeira Campanha com o Monitoramento atual, observa-se que as concentrações de Alumínio, Ferro e Manganês mantiveram-se acima dos Valores Orientadores (CETESB 2005 e CONAMA 420 de 2009).

Cabe ressaltar que o Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Água Subterrânea no Estado de São Paulo (CETESB, 2001) mostra que os metais Ferro e Manganês encontram-se naturalmente nos solos tropicais em altas concentrações e, por conseguinte, também na água subterrânea.

Evidenciou-se o mesmo fato ocorrido na primeira campanha, ou seja, ocorreu um decréscimo nas concentrações de Alumínio e um acréscimo nas concentrações de Ferro e Manganês.

Nesta campanha de monitoramento ambiental também não foram detectadas evidências de alterações na qualidade da água subterrânea decorrentes da lixiviação de possíveis contaminantes a partir da areia descartada de fundição.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente no Brasil o aproveitamento da ADF só é possível em artefatos de concreto sem função estrutural e agregado para misturas asfálticas através da Decisão de Diretoria CETESB 152 (2007) e através da Resolução Estadual CONSEMA 011 (2008). Estas atividades são normatizadas pela NBR 15.702 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2009). E atualmente uma comissão de Estudos de Resíduos de Fundação ABNT/CB-59, procura encontrar novos padrões de referência para que outras aplicações para o resíduo também possam ser utilizadas (ABNT, 2011).

O interesse em utilizar a ADF em obras de esgotamento sanitário é de proporcionar uma economia de recursos naturais e financeiros para o estado de Santa Catarina, sendo uma atitude ecologicamente correta. A utilização criteriosa da ADF pode contribuir para o aumento da vida útil dos aterros sanitários e industriais, bem como para a preservação de recursos naturais.

No Estudo de *Background* da área, foram encontradas concentrações de Alumínio, Ferro e Manganês presentes no solo e na água subterrânea, indicando que a presença destes compostos é natural na região.

No caso do chumbo, cujas concentrações no estudo de *background* estavam acima dos limites de comparação, nas duas campanhas de monitoramentos não foram detectadas concentrações superiores às estabelecidas pelo limite de intervenção adotado.

Os resultados analíticos encontrados para o Fenol na água subterrânea do trecho experimental estudado não apresentaram nenhum enriquecimento anômalo, estando abaixo dos Valores Orientadores estabelecidos pela CETESB (2005) e pelo CONAMA 420 (2009).

Embasado nos resultados obtidos das campanhas de monitoramentos ambientais do trecho experimental, pode-se concluir que o aproveitamento da ADF em obras de esgotamento sanitário é viável do ponto de vista ambiental.

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. CETESB, 1988. Guia de Coleta e Preservação de amostras de água. São Paulo, 150 p.
3. CETESB, 2001. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. São Paulo. 2ª edição, 389 p.
4. CETESB, 2001. Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Água Subterrânea no Estado de São Paulo. São Paulo, 232 p.
5. CETESB, 2005. DECISÃO DE DIRETORIA Nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005.





6. 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
7. CONAMA, 2009. Resolução nº420, de 28 de dezembro de 2009.
8. CONSEMA. RESOLUÇÃO Nº 011-1. Estabelece critérios para a utilização da Areia Descartada de Fundição de materiais ferrosos na produção de concreto asfáltico e artefatos de concreto sem função estrutural. Conselho Estadual de Meio Ambiente. , 2008