



## ÁREAS CONTAMINADAS POR POSTOS DE COMBUSTÍVEL E MEDIDAS DE REMEDIAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO

*Bianca da Silva Vasconcelos<sup>1</sup>*

*Maria de Lourdes Ladislau Martins dos Santos<sup>2</sup>*

*Maria Manuela de Oliveira Porrão Vilela<sup>3</sup>*

*Tatiana Dias de Carvalho<sup>4</sup>*

*Fernando Luiz Affonso Fonseca<sup>5</sup>*

*Odair Ramos da Silva<sup>6</sup>*

*Virginia Berlanga Campos Junqueira<sup>7</sup>*

*Ligia Ajaime Azzalis<sup>8</sup>*

*Pedro Luiz Soldá<sup>9</sup>*

**RESUMO:** **Introdução:** A contaminação de solos e águas subterrâneas, especialmente por hidrocarbonetos, tem recebido grande destaque nos últimos anos, sobretudo pela frequência com que os episódios acontecem e pela forma desastrosa com que o meio ambiente é afetado. **Objetivo:** Identificar áreas contaminadas por derramamento de combustíveis e descrever as principais técnicas de remediação dessas áreas. **Métodos:** Para obter as informações referentes aos tipos de contaminantes, tipos de remediação, fontes de contaminação em postos de combustíveis foi realizada busca nas bases de dados Scielo, Lilacs, Bireme e Decs. No site da CETESB foram coletados dados relevantes, entre eles o Relatório Anual de Áreas Contaminadas (2012) e publicações de referência. **Resultados:** O Estado de São Paulo possui 4.572 áreas registradas na CETESB, destas áreas, 3.510 (77%) são postos de combustíveis. No município de São Bernardo do Campo existem 97 áreas cadastradas, sendo 63 postos de combustíveis. Dos 63 postos 23 apresentam contaminação no subsolo e na água subterrânea, ambos dentro da propriedade; 16 no subsolo dentro da propriedade e na água subterrânea dentro e

<sup>1</sup> Curso de Gestão em Saúde Ambiental, Faculdade de Medicina do ABC (FMABC) – Santo André (SP), Brasil. E-mail: [biancavasc@gmail.com](mailto:biancavasc@gmail.com)

<sup>2</sup> Curso de Gestão em Saúde Ambiental, Faculdade de Medicina do ABC (FMABC) – Santo André (SP), Brasil. E-mail: [mladislau@gmail.com](mailto:mladislau@gmail.com)

<sup>3</sup> Curso de Gestão em Saúde Ambiental, Faculdade de Medicina do ABC (FMABC) – Santo André (SP), Brasil. E-mail: [mporrao@gmail.com](mailto:mporrao@gmail.com)

<sup>4</sup> Gestão em Saúde Ambiental, Faculdade de Medicina do ABC, FMABC, Santo André, SP, Brasil. Departamento de Medicina, Disciplina de Cardiologia, Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: [carvalho.td1@gmail.com](mailto:carvalho.td1@gmail.com)

<sup>5</sup> Curso de Gestão em Saúde Ambiental, Faculdade de Medicina do ABC (FMABC) – Santo André (SP), Brasil. Faculdade de Medicina do ABC. Av. Príncipe de Gales, 821. 09060-650. Santo André, SP, Brasil. Telefone: +55 (11) 4993-5400. E-mail: [profferfonseca@gmail.com](mailto:profferfonseca@gmail.com)

<sup>6</sup> Gestão em Saúde Ambiental, Faculdade de Medicina do ABC, FMABC, Santo André, SP, Brasil. E-mail: [oramos@ibest.com.br](mailto:oramos@ibest.com.br)

<sup>7</sup> Instituto de Ciências Químicas, Ambientais e Farmacêuticas, Universidade Federal de São Paulo, Diadema, SP, Brasil. E-mail: [virginia.junqueira@gmail.com](mailto:virginia.junqueira@gmail.com)

<sup>8</sup> Instituto de Ciências Químicas, Ambientais e Farmacêuticas, Universidade Federal de São Paulo, Diadema, SP, Brasil. E-mail: [lazzalis@uol.com.br](mailto:lazzalis@uol.com.br)

<sup>9</sup> Gestão em Saúde Ambiental, Faculdade de Medicina do ABC, FMABC, Santo André, SP, Brasil. E-mail: [pedsolda@gmail.com](mailto:pedsolda@gmail.com)

fora; 15 na água subterrânea dentro. Quanto às remediações, 12 dos 63 postos tiveram apenas a extração multifásica como medida de remediação; 10 o bombeamento e tratamento; 4 a atenuação natural monitorada. **Conclusão:** O aumento considerável no número de áreas registradas pela CETESB é oriundo do surgimento de novas legislações. Apesar das diversas medidas de remediação e do processo de monitoramento ainda se tem poucas áreas reabilitadas.

**Palavras-chave:** Postos de combustível. Contaminação. Remediação. Gasolina.

## CONTAMINATED AREAS IN FILLING STATION AND REMEDIATION MEASURES IN THE MUNICIPALITY OF SÃO BERNARDO DO CAMPO

**ABSTRACT: Introduction:** Contamination of soil and groundwater, especially hydrocarbons, has received great attention in recent years, especially the frequency with which the episodes occur and the disastrous way in which the environment is affected. **Objective:** Identify areas contaminated by spillage of fuels and describe the main techniques for remediation of these areas. **Methods:** To obtain information regarding the types of contaminants, types of remediation, contamination sources at gas stations was carried out in searching databases SciELO, Lilacs, Bireme and DeCS. On the website of Cetesb relevant data were collected, including the Annual Report on Contaminated Sites (2012) and reference publications. **Results:** The State of São Paulo has 4,572 registered in Cetesb areas, these areas, 3,510 (77%) are gas stations. In São Bernardo do Campo there are 97 registered areas, 63 gas stations. 23 of the 63 stations have contaminated subsoil and groundwater, both within the property; 16 underground inside the property and groundwater inside and outside, 15 inside the groundwater. As for remedies, 12 of the 63 stations had only multiphase extraction as a measure of remediation; 10 pumping and treatment, 4 to monitored natural attenuation. **Conclusion:** The increase in the number of areas recorded by Cetesb comes from the emergence of new laws. Despite various measures of remediation and monitoring process still has a few areas rehabilitated.

**Key Words:** Filling station. Pollution. Remediation. Gasoline.

## INTRODUÇÃO

Mundialmente, com o aumento populacional e em consequência das atividades industriais, agravam-se os problemas ambientais, principalmente no que diz respeito à preservação das águas superficiais e subterrâneas. Em razão desse fato, a fiscalização vem se tornando mais presente assim como a legislação cada vez mais restritiva (TIBURTIUS; PERALTA-ZAMORA; LEAL, 2004).

No Brasil, as atividades das refinarias de petróleo e seus derivados vêm contribuindo para o processo de contaminação. O relatório da comissão mista para analisar o acidente na Petrobrás/Repar (CREA-PR) cita 33 acidentes ocorridos com derramamento de petróleo e seus derivados, no período de 1975 a 2001, somando milhões de litros que contaminaram solos, rios e mar. No ano de 2000, no mês de

julho, ocorreu um acidente no litoral de Santa Catarina durante a transferência de petróleo do terminal São Francisco do Sul para a refinaria de Araucária onde aproximadamente quatro milhões de litros de petróleo foram derramados atingindo os rios Barigui e Iguaçu. Após o evento, concentrações elevadas de benzeno, tolueno, etil-benzeno, xilenos e naftaleno foram detectadas, provocando significativos danos à flora e fauna aquáticas e sério risco à população humana que ali residia (FREIRE et al., 2000).

Vazamentos em postos de combustíveis provocam grandes problemas ao meio ambiente, principalmente no que diz respeito à contaminação de águas subterrâneas (PROMMER; BARRY; DAVIS, 1999). Os contaminantes benzeno, tolueno e xilenos (BTXs) são frequentemente encontrados em águas subterrâneas. Em função de muitos tanques terem mais de 25 anos de uso, acredita-se que a possibilidade de ocorrerem vazamentos é extremamente grande, principalmente pelo surgimento de rachaduras ou corrosão (TIBURTIUS; PERALTA-ZAMORA; LEAL, 2004).

Além do problema da contaminação das águas subterrâneas, nos deparamos também com a contaminação do solo. Dentro deste contexto, segundo Brito et al (2005), a contaminação de solos e águas subterrâneas, especialmente por hidrocarbonetos, tem recebido grande destaque nos últimos anos, sobretudo pela frequência com que os episódios acontecem e pela forma desastrosa com que o meio ambiente é afetado (BRITO et al., 2005). Apesar dos grandes vazamentos acidentais dos referidos produtos provocados pelo envelhecimento de tanques, de tubulações e de acessórios nos locais de armazenamento de combustível serem preocupantes, Tiburtius, Peralta-Zamora e Leal (2004) descrevem que os pequenos e contínuos vazamentos de combustível constituem fonte fundamental de contaminação.

O comportamento de derivados de petróleo no solo é influenciado por diferentes fatores que incluem características do solo, como propriedades químicas, físicas e mineralógicas e fatores ambientais como temperatura e precipitação (FATORELI, 2005). No solo, os componentes voláteis, como BTEX, podem ser volatilizados para a fase gasosa e, a seguir, podem ser perdidos para a atmosfera, ou adsorvidos nos sólidos dos solos, ou dissolvidos na solução do solo ou na água subterrânea (FERREIRA, 2003).

Outro agravante é o uso do etanol como ingrediente na formulação da gasolina com o objetivo de minimizar a poluição atmosférica oriunda da combustão. No Brasil, a gasolina é aditivada com aproximadamente 25% de etanol, fato que aumenta consideravelmente a probabilidade de contaminação de águas por BTEX devido ao seu efeito co-solvente quando presente na água (FAVERA, 2008).

A contaminação de águas subterrâneas e solos representa sérios problemas à saúde pública. Os maiores problemas das contaminações por derivados de petróleo são atribuídos aos hidrocarbonetos monoaromáticos (BTEX), que são os constituintes mais solúveis e mais móveis da fração da gasolina, sendo os primeiros a atingir o lençol freático. Estes compostos são depressores do sistema nervoso central, e apresentam toxicidade crônica, mesmo em pequenas concentrações (da

ordem de ppb), sendo o benzeno o mais tóxico e comprovadamente carcinogênico (SILVA, 2005).

Com o objetivo de proteger a água subterrânea, os órgãos ambientais exigem a avaliação do passivo ambiental de postos de combustíveis, o monitoramento e a quantificação dos hidrocarbonetos aromáticos no solo, incluindo os compostos BTEX. Se estas quantificações apontarem valores acima dos padrões aceitos pelos órgãos ambientais competentes, faz-se necessária a intervenção e utilização de técnicas de remediação para a correção destes valores, até que novamente estejam dentro dos limites aceitáveis. Para o caso da contaminação por hidrocarbonetos e, também, para o caso mais específico dos BTEXs citamos como exemplos das principais técnicas de remediação, Bombeamento e Tratamento, Extração de Vapores do Solo (SVE), *Air sparging*, *Biosparging*, *Bioventing*, Extração Multifásica, Oxidação e Redução Química, Remoção de Solo Resíduo, Recuperação Fase Livre e a Atenuação Natural Monitorada.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi identificar áreas contaminadas por derramamento de combustíveis e descrever as principais técnicas de remediação dessas áreas.

## MÉTODOS

Para obter as informações referentes aos tipos de contaminantes, tipos de remediação, fontes de contaminação, em postos de combustíveis foi realizada busca nas bases de dados Scielo, Lilacs, Bireme e Decs.

No site da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) foram coletados vários dados relevantes, entre eles o Relatório Anual de Áreas Contaminadas (2012) e publicações de referência sobre o tema. Abaixo está descrito o passo a passo de acesso a todas as informações obtidas no site.

[www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br) > Áreas Contaminadas > Relação de Áreas Contaminadas > Acesse aqui as Relações de Áreas Contaminadas e Reabilitadas > *download* do arquivo;

[www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br) > Áreas Contaminadas > Relação de Áreas Contaminadas > Texto explicativo > *download* do arquivo.

### Publicações

[www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br) > Gerenciamento de riscos > Emergências Químicas > Tipos de Acidentes > Postos de Combustíveis > Publicações.

### Legislação

[www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br) > Gerenciamento de riscos > Emergências Químicas > Tipos de Acidentes > Postos de Combustíveis > Legislação.

Dos dados obtidos através do Relatório Anual de Áreas Contaminadas foram desenvolvidas tabelas e gráficos para descrição do fenômeno estudado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Estado de São Paulo possui 4.572 áreas registradas na CETESB, destas áreas, 3.510 (77%) são postos de combustíveis. No município de São Bernardo do Campo existem 97 áreas cadastradas, sendo 63 postos de combustíveis (SÃO PAULO. ESTADO, 2013).

A contribuição de 77% do número total de áreas registradas atribuída aos postos de combustível é resultado do desenvolvimento do programa de licenciamento que se iniciou em 2001, com a publicação da Resolução CONAMA Nº 273, de 2000 (SÃO PAULO. ESTADO, 2013).

As áreas registradas são classificadas pela CETESB como: Contaminada sob investigação (AI); Contaminada (AC); Em processo de monitoramento para reabilitação (AMR); e Reabilitada (AR). Esta classificação é feita através do procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas consolidado pela Diretoria da CETESB por meio da Decisão de Diretoria Nº 103/2007/C/E, de 22 de julho de 2007 (SÃO PAULO. ESTADO, 2013).

No município de São Bernardo do Campo a distribuição das áreas quanto a sua classificação se dá da seguinte forma: 40 em processo de monitoramento para reabilitação; 21 como áreas contaminadas; 01 como reabilitada; e 01 como contaminada sob investigação.

A Tabela 1 mostra a distribuição dos meios impactados. Trazendo dados quanto à localização do impacto, se ocorreu na área de propriedade do posto de combustível ou se em áreas fora do domínio do posto.

Tabela 1 – Distribuição dos Meios Impactados

Meio Impactados (Propriedade)	Quantidade de Postos
Subsolo (Dentro)	44
Subsolo (Fora)	04
Água Subterrânea (Dentro)	61
Água Subterrânea (Fora)	21
Solo Superficial (Dentro)	03

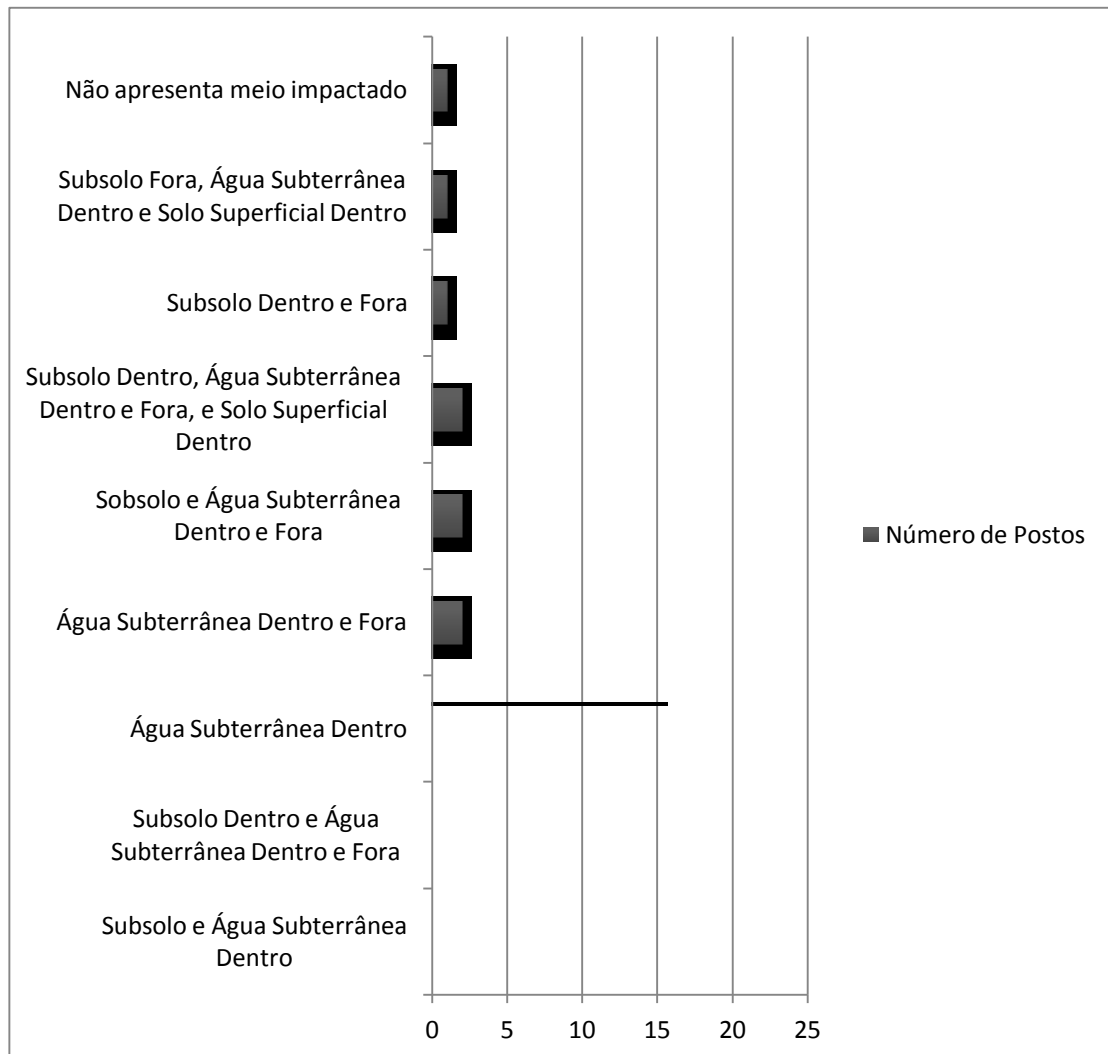
Os dados presentes na Tabela 1 mostram cada meio impactado individualmente, mas é importante ressaltar que a maioria dos postos apresenta mais de um meio.

Como um mesmo posto pode ter mais de um meio impactado, observou-se que: 23 postos apresentam contaminação no subsolo e na água subterrânea, ambos dentro da propriedade; 16 no subsolo dentro da propriedade e na água subterrânea dentro e fora; 15 na água subterrânea dentro; 2 na água subterrânea dentro e fora; 2

no subsolo e na água subterrânea, ambos dentro e fora da propriedade; 2 no subsolo dentro, na água subterrânea dentro e fora, e no solo superficial dentro da propriedade; apenas 1 apresenta impacto no subsolo dentro e fora da propriedade; 1 no subsolo fora, na água subterrânea dentro e no solo superficial dentro da propriedade; e 1 não apresenta esses dados.

Na figura 1 é possível observar essa distribuição a partir do cruzamento dos dados.

Figura 1 – Distribuição dos meios impactados nos 63 postos



Segundo o Relatório Anual de Áreas Contaminadas, dos 63 postos de combustível classificados como contaminados, 22 apresentam fase livre. Fase livre é a ocorrência de substância ou produto em fase separada e imiscível quando em contato com a água ou o ar do solo (Artigo 3º, Inciso XIII da Lei 13.577/09) (SÃO PAULO. ESTADO, 2009).

Ainda referente aos dados do relatório, são apresentados cinco tipos de contaminantes. São eles: Solventes aromáticos; Combustíveis líquidos; Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH's); Metais; e Solventes aromáticos halogenados. Uma característica observada na distribuição dos contaminantes é que raramente aparecem sozinhos, geralmente há integração de dois ou mais. Por isso os dados podem ser analisados de duas formas, considerando a distribuição por cada contaminante individualmente ou considerando a interação entre eles. A análise apresentada a seguir considerou cada contaminante individualmente. Os solventes aromáticos aparecem em 57 dos 63 postos analisados; os combustíveis líquidos em 38; os PAH's em 26; os metais em apenas 1; e os solventes aromáticos halogenados também em apenas 1.

A Tabela 2 apresenta como se distribuem as medidas de remediação nos postos presentes no estudo.

Tabela 2 – Distribuição das Medidas de Remediação

<b>Medidas de Remediação</b>	<b>Quantidade de Postos</b>
Bombeamento e tratamento	23
Extração de vapores do solo (SVE)	11
<i>Air sparging</i>	6
<i>Biosparging</i>	1
<i>Bioventing</i>	2
Extração multifásica	19
Oxidação e redução química	1
Remoção de solo/resíduo	2
Recuperação fase livre	8
Atenuação natural monitorada	6

É importante ressaltar, que assim como na Tabela 1, na Tabela 2 os dados são apresentados sem levar em conta o cruzamento de remediações para uma mesma área (um mesmo posto).

Ao cruzarmos os dados observaremos que algumas áreas receberam mais de um tipo de remediação, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Distribuição das remediações nos 63 postos





Os dados obtidos através do cruzamento de informações foram: 12 dos 63 postos tiveram apenas a extração multifásica como medida de remediação; 10 o bombeamento e tratamento; 4 a atenuação natural monitorada; 4 bombeamento e tratamento, e recuperação fase livre; 3 extração de vapores do solo e *airsparging*; 3 bombeamento e tratamento, e extração multifásica; 2 a extração de vapores do solo; 2 a remoção de solo/resíduo; 2 bombeamento e tratamento, e atenuação natural monitorada; 1 a recuperação fase livre; 1 a oxidação e redução química; 1 extração de vapores do solo e extração multifásica; 1 extração de vapores do solo e recuperação fase livre; 1 *airsparging* e extração multifásica; 1 bombeamento e tratamento, extração multifásica e recuperação fase livre; 1 bombeamento e tratamento, extração de vapores do solo e *airsparging*; 1 bombeamento e tratamento, extração de vapores do solo e extração multifásica; e 1 extração de vapores do solo, *airsparging* e *bioventing*.

Outro dado importante, 11 dos 63 postos não apresentaram nenhuma medida de remediação.

Analisando os meios impactados e as técnicas de remediação presentes no trabalho, foi observada a presença de uma importante ferramenta para que ambos os processos fossem desenvolvidos, os Poços de Monitoramento (PMs).

Segundo a CETESB, os poços de monitoramento são métodos eficientes para a detecção e aferição de contaminações, em fase livre no aquífero freático ou em fase adsorvida no solo, e são normatizados pela ABNT (SÃO PAULO. ESTADO, 2013).

Os principais grupos de contaminantes encontrados nas áreas contaminadas foram: solventes aromáticos (basicamente representados pelo benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos presentes na gasolina vazada nos postos de combustível), combustíveis líquidos, PAHs, metais e solventes halogenados (SÃO PAULO. ESTADO, 2013; 2009).

Segundo a CETESB, a remoção e redistribuição de solos é uma das práticas mais tradicionais entre aquelas empregadas na remediação de locais contaminados. Apesar de possibilitar a eliminação dos principais focos de contaminação na zona insaturada, esta prática deve ser realizada com precaução, pois pode propiciar o aumento de algumas vias de exposição ao risco (como a inalação de vapores e materiais particulados contaminados) e a transferência de passivo de um compartimento ambiental a outro (durante a escavação, o armazenamento, o transporte e a redistribuição dos solos contaminados). Este método deverá seguir um planejamento, que contemple os seguintes aspectos: Medidas de proteção individual dos trabalhadores, para evitar riscos de inalação, ingestão ou absorção dérmica de poluentes; Medidas de segurança, para evitar a emissão de contaminantes e a exposição da população vizinha a riscos, durante as operações de escavação, armazenamento intermediário e transporte de solos escavados ao local de disposição final, armazenamento intermediário de acordo com normas técnicas da ABNT; Tratamento e disposição final dos solos escavados em local adequado, previamente aprovado pelo órgão ambiental (SÃO PAULO. ESTADO, 2013; EGGLE, 2010; MILANI, 2008).

A Lei 13.577 do Governo do Estado de São Paulo, sancionada em 8 de julho de 2009, estabelece a obrigatoriedade de atualização contínua do cadastro de áreas contaminadas e reabilitadas, determina as condições para aplicação dos procedimentos para o gerenciamento de áreas contaminadas, enfatizando as ações relativas ao processo de identificação e remediação, a seleção das áreas mais importantes, a criação de instrumentos econômicos para financiar a investigação e remediação, além de apoiar as futuras iniciativas para a revitalização de regiões industriais abandonadas (SÃO PAULO. ESTADO, 2013; 2009; COUTINHO; GOMES, 2007).

## CONCLUSÃO

O aumento considerável no número de áreas registradas pela CETESB é oriundo do surgimento de novas legislações, sejam elas, federais, estaduais ou municipais. Pois através da legislação se tem base e diretrizes para uma maior e efetiva fiscalização.

Apesar das diversas medidas de remediação existentes e do processo de monitoramento ainda se tem poucas áreas de fato remediadas, as quais são classificadas como reabilitadas. No município de São Bernardo do Campo apenas 1,59% das áreas registradas é considerada reabilitada. No Estado de São Paulo estas áreas não ultrapassam 7%.

Contudo, entende-se que o sucesso de um programa de gerenciamento de áreas contaminadas depende do engajamento das empresas que apresentam potencial de contaminação, dos agentes financeiros, dos investidores, das empresas de consultoria ambiental, de todos os níveis do poder público (legislativo, executivo e judiciário), das universidades e da população em geral.

## REFERÊNCIAS

BRITO, F.V. *et al.* **Estudo da contaminação de águas subterrâneas por BTEX oriundas de postos de distribuição no Brasil.** 2005. 6 p.

COUTINHO, R.C.; GOMES, C.C. Técnicas para remediação de aquíferos contaminados por vazamentos de derivados de petróleo em postos de combustíveis. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 17. 2007.

EGLE, T. Área limpa: com técnicas corretas de remediação e rigoroso processo de aprovação, áreas contaminadas no passado podem receber empreendimentos. **Téchne**, v. 159, 2010.

FATORELI L. **Proposta de avaliação de risco ecológico para contaminações de petróleo e derivados:** estudo de caso, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005

FAVERA, C.H. **Sítios contaminados por hidrocarbonetos**: principais técnicas de remediação e exemplo de aplicação. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

FERREIRA, S.M. **Relação entre a espessura real e aparente da gasolina com etanol e da gasolina pura em colunas de laboratório**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

FREIRE, R.S. et al. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Química Nova**, v. 23, n. 4, 2000.

MILANI, A.S. **Tecnologias para remediação de solos e águas subterrâneas**. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

PROMMER, H.; BARRY, D.A.; DAVIS, G.B. A one-dimensional reactive multi-component transport model for biodegradation of petroleum hydrocarbons. **Env. Modelling Softw.**, v. 14, p. 213-223, 1999.

SÃO PAULO (ESTADO). Assembleia Legislativa. **Lei Nº 13.577, de 08 de julho de 2009**. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13577-08.07.2009.html>>. Acesso em: 03 set. 2013.

SÃO PAULO (ESTADO). Companhia Ambiental (CETESB). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em: 15 maio 2013.

SILVA, M.A. **Sistema de Classificação Fuzzy para Áreas Contaminadas**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

TIBURTIUS, E.R.L.; PERALTA-ZAMORA, P.; LEAL, E.S. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 441-446, 2004.

**Artigo recebido em:** 28/01/2014

**Artigo aprovado em:** 26/06/2014