

## Remediação de Solo Contaminado por BTEX – Estudo de Caso

Letícia de Souza Silva

Engenheira Química, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil, leesouzas@gmail.com

Raíssa Barros Vieira Andrada

Estudante, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil, raissa.andrada@icloud.com

Marcelo Sabino Costa

Estudante, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil, marcelosabino96@gmail.com

Eduardo Antônio Maia Lins

Engenheiro Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil, eduardomaialins@gmail.com

**RESUMO:** O aumento da utilização de combustíveis fósseis tem sido uma das grandes causas da poluição ambiental, uma vez que postos revendedores de combustíveis configuram-se como empreendimentos efetiva ou potencialmente poluidores e capazes de gerar impactos ambientais. Por causa do grande número de acidentes com derramamento de combustíveis, os quais ocasionam contaminações de solos e águas por hidrocarbonetos derivados de petróleo, faz-se necessário o uso de técnicas de remediação do solo contaminado. O Posto de Combustível, objeto de estudo, está localizado na cidade de Feira de Santana/BA e ocupa uma área de aproximadamente 8.000 m<sup>2</sup>. O estudo de caso visa o detalhamento de procedimentos de biorremediação ambiental, por biopilhas, e demonstração de sua aplicação. Ao final da aplicação da técnica as análises químicas das amostras de solo e água não apresentaram concentrações dos parâmetros analisados acima dos valores de investigação. Todos os resultados foram comparados com os valores da Resolução 420 do CONAMA 2009. Após a aplicação da técnica de remediação, no terceiro mês de tratamento, todos os compostos de TPH e BTEX apresentaram concentração abaixo dos valores permitidos. Com o sucesso do tratamento do solo anteriormente contaminado, o mesmo foi reaproveitado como aterro na área de jardins do empreendimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Posto de combustível, Hidrocarbonetos, Biorremediação, Biopilhas.

**ABSTRACT:** The increased use of fossil fuels has been a major cause of environmental pollution, since fuel retailers are either effective or potentially polluting ventures and are capable of generating environmental impacts. Due to the large number of accidents with fuel spills, which cause contamination of soils and waters by oil-derived hydrocarbons, it is necessary to use soil remediation techniques. The Fuel Station, place of study, is located in the city of Feira de Santana / BA and occupies an area of approximately 8,000 m<sup>2</sup>. The study aims at detailing the procedures of environmental bioremediation, with biopiles, and demonstration of its application. At the end of the process of the technique applied, the chemical analysis of the soil and water samples did not show concentrations of the analyzed parameters above the investigation values. All the results were compared with the values of 420 CONAMA 2009's Resolution. After the application of the remediation technique, in the third month of treatment, all TPH and BTEX compounds presented concentration below the allowed values. With the successful treatment of previously contaminated soil, it was reclaimed as a landfill for gardening in the enterprise.

**KEYWORDS:** Fuel station, Hydrocarbons, Bioremediation, Biopiles.

## 1 Introdução

Durante o processo de armazenamento do petróleo existe grande possibilidade de ocorrer falhas, e os componentes do petróleo são transferidos ao meio ambiente por meio de derramamentos acidentais, que culminam na contaminação do solo e aquíferos, que muitas vezes são utilizados como fonte de abastecimento de água para consumo humano (VASCONCELOS et al; 2014). estima-se que a principal fonte de contaminação seja de pequenos e contínuos vazamentos que ocorrem em tanques de armazenamento de combustível em postos de abastecimento (SANTOS et al., 2017).

As contaminações subsuperficiais com derivados de petróleo constituem um dos acidentes ambientais mais sérios na atualidade, por três motivos: inicialmente, porque postos de abastecimento de combustível fazem parte da vida das cidades, são encontrados espalhados em vários locais; segundo, porque apesar do Brasil ser um país privilegiado em volume de águas superficiais para abastecimento das cidades, sua poluição tem sido tão devastadora, que a necessidade de uso de águas subterrâneas tem aumentando muito na última década; e por fim, porque a contaminação subsuperficial é difícil de ser detectada. Esses fatores contribuem para que o risco envolvido neste tipo de contaminação seja bastante alto.

A detecção da contaminação torna-se muito importante, a fim de que se tome providências para contê-la, evitando o espalhamento no ambiente. O que tem motivado o desenvolvimento de técnicas que tem por objetivo principal a descontaminação dessas matrizes. Com este cenário, técnicas físicas, químicas e biológicas vem sendo aperfeiçoadas para extração ou degradação in-situ ou ex-situ de petróleo derramado e diminuição dos efeitos tóxicos (ANDRADE et al., 2010).

Dentre as diversas técnicas, tem-se considerado “biorremediação” como alternativa viável e promissora no tratamento de solos contaminados. Isto porque a biorremediação fundamenta-se na degradação dos compostos orgânicos perigosos aos seres humanos e transforma-los em substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade, através da atividade de microrganismos (fungos e bactérias) presentes ou adicionados na área contaminada (ANDRADE et al., 2010; COUTINHO & GOMES, 2014).

Das técnicas de biorremediação pode-se destacar as biopilhas, que vem se destacando por ser uma técnica simples, de baixo custo e ecologicamente indicada, uma vez que os contaminantes são destruídos e a matriz do solo é preservada. Envolve a organização do solo contaminado em pilhas e o estímulo da atividade aeróbica microbiana através de aeração e/ou adição de nutrientes e aumento da umidade do solo (BFU, 2016).

## 2 Localização

Ocupando aproximadamente 8.000m<sup>2</sup>, o posto está localizado na BR 116, no Km 425, Maria Quitéria – Feira de Santana/ BA. Encontrado em uma área levemente plana com ocupação residencial e comercial na zona urbana.

O Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustível (SASC) em uso é constituído por 02 tanques subterrâneos (TQ 01 e TQ 02), cada um com capacidade de 30.000 L. No TQ 01 é armazenado gasolina comum, etanol comum e diesel S10. No tanque TQ 02 é armazenado diesel S500. O controle de estoque é realizado por meio de graduada.

Para abastecimento dos veículos são utilizadas 05 bombas de abastecimento. O Empreendimento também possui 03 filtros de óleo diesel, todos apresentando estado de conservação adequado. Na Tabela 01 são apresentadas as características dos tanques de armazenamento de combustível e das bombas da área.

Os efluentes do posto são direcionados para a rede coletora de esgotos, não há a presença de Caixa Separadora de Água e Óleo (CSAO).

Tabela 01. Características dos tanques de armazenamento subterrâneo e das bombas

Características	Tanque				
	TQ 01		TQ 02		
Tipo	Subterrâneo		Subterrâneo		
Material	Jaquetado		Jaquetado		
Capacidade (L)	30.000		30.000		
Produto	Gasol. Comum/ Etan. Comum/ Diesel S10		Diesel S500		
Status	Operante		Operante		
Compartimentos	Tripartido		Simples		

  

Características	Bombas				
	B01	B02	B03	B04	B05
Câmara de contenção	Existe	Existe	Existe	Existe	Existe
Produto	Gasol. Comum/ Etan. Comum	Gasol. Comum/ Etan. Comum	Diesel S10/ Diesel S500	Diesel S500	Diesel S500
Status	Operante	Operante	Operante	Operante	Operante

### 3 Amostras

Todas as amostras analisadas foram amostras compostas, formadas pela coleta de subamostras em diversos pontos das Biopilhas formadas. Em cada amostragem foram formadas 02 (duas) amostras compostas, formadas por 12 (doze) subamostras coletadas em pontos diferentes (base, meio e topo) de todas as Biopilhas por um amostrador tipo Trier de aço inox penetrando obliquamente nas Biopilhas e colocadas sobre uma lona plástica. Essas amostras foram homogeneizadas de forma que a amostra resultante apresentasse características de todos os pontos de amostragem. Após a homogeneização, foi realizado o quartearamento da amostra até a obtenção do volume final necessário para as análises químicas.

As Biopilhas foram divididas verticalmente com fitas zebreadas, em ambos os lados, em seções equidistantes. Adotou-se como procedimento que a largura de cada seção corresponda à largura da Biopilha (neste caso, 3,0 m).

Com o objetivo de caracterizar o posto e as cercanias, foram realizadas sondagens com medição de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) ao longo da perfuração; e a amostragem do solo para avaliação dos compostos de interesse (BTEX e PAH). Também houve a instalação de 07 poços de monitoramento (03 provisórios e 04 permanentes), e a coleta de água subterrânea por meio dos poços de monitoramento instalados e existentes no empreendimento para análise química de BTEX e PAH.

Na avaliação dos poços foi verificada a presença de indícios visuais de contaminação (fase livre) nos poços PB 01 (11,00 cm), PM 02 (6,00 cm) e PM 03 (5,00 cm). As medições de VOC na boca dos poços apresentaram variações entre 0 ppm e > 11.000 ppm (PM 01, PM 03 e PB 01).

Nos resultados analíticos das amostras de solo coletadas não foram identificadas concentrações superiores aos respectivos Valores de Investigação para uso residencial do solo descritos na Resolução CONAMA No 420 de 2009.

Em relação aos resultados analíticos das amostras de água subterrânea coletadas, foram identificadas concentrações de Benzeno (PM 25 e PM 26) e Naftaleno (PM 01, PM 26 e PP 02) superiores aos respectivos Valores de Investigação estabelecidos pela Resolução CONAMA No 420.

Foi executado sondagens com 3,85m de profundidade que identificaram o solo como sendo predominantemente formado por argila com cascalho e indicaram um nível d'água médio subterrâneo de 1,30 m de profundidade, e o sentido do fluxo de água subterrânea apresentado foi de sudoeste para nordeste.

### **3.1 Procedimento Experimental**

#### **3.1.1 Escavação do Solo**

Antes da realização da escavação do solo foi, primeiramente, realizada a preparação da área, seguido da investigação do solo contaminado, com coleta de amostragem e consequente realização de análises químicas de amostras localizadas na cava após a retirada do solo contaminado, evitando possíveis acidentes.

#### **3.1.2 Implantação da técnica de biorremediação do solo com o uso de biopilhas e surfactante**

Para a implantação da técnica de biorremediação do solo com uso de biopilhas e surfactante foi realizado o preparo da área onde as biopilhas seriam instaladas. A área era plana, possuía piso em concreto e foi revestida com uma manta plástica de PEAD (Polietileno de Alta Densidade). Também foi realizada limpeza no entorno da área a fim de evitar a presença de vegetação ou obstáculos que pudessem atrapalhar a execução das atividades. Após a instalação de mantas plásticas foi montado o sistema de aeração formado por um conjunto de tubos de PVC, ligados a uma bomba. O solo foi, então, arrumado sobre o conjunto de tubos, no formato de uma pilha, com largura de três metros e altura de aproximadamente um metro e cinquenta centímetros. O comprimento da biopilha poderia variar, de acordo com o volume final de solo a ser tratado.

As análises laboratoriais das amostras das pilhas foram: granulometria, nutrientes (COT, N, P e K), pH, umidade, BTEX, PAH, TPH Fingerprint, comunidade microbiana e nutrientes. As análises físico-químicas foram realizadas por laboratórios de qualidade analítica reconhecida, credenciados pelo INMETRO e as análises da comunidade microbiana foram realizadas pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM – RJ).

Após esse processo, ocorreu a aplicação do surfactante OS-200 nas biopilhas, a manutenção das condições de umidade e aeração das biopilhas durante o tratamento do solo seguido de campanha mensal de amostragem das biopilhas para análise de pH, umidade, BTEX, TPH Fingerprint e PAH.

O solo tratado será utilizado na área do empreendimento em um local previamente estabelecido (jardim a ser construído para harmonização paisagística), após serem atingidos os Valores de Investigação para uso residencial do solo descrito na Resolução CONAMA N° 420/2009 no Procedimento para identificação de Passivos Ambientais em Estabelecimento com Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC), estabelecido pela CETESB (2007).

Ressalta-se que para o monitoramento do decaimento das concentrações dos parâmetros químicos nos solos contaminados, foram realizadas campanhas de amostragem para análises de BTEX e Estireno, PAH e TPH Fingerprint. Já para a caracterização inicial da amostra do solo foram realizadas as análises de pH, Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Carbono Orgânico Total, umidade e granulometria, além de bactérias heterotróficas e degradadoras de óleo (hidrocarbonoclasticas).

### **3.2 Análises**

#### **3.2.1 Análises Químicas**

As amostras de solo coletadas foram acondicionadas, identificadas e armazenadas em frascos específicos (caixas térmicas à temperatura de 4°C) para as respectivas análises. O acondicionamento e a preservação das amostras foram realizados conforme descrito nas Orientações Gerais para Coleta de Amostras Sólidas e Líquidas da Proposta Técnica do Laboratório Innolab do Brasil.

As análises de BTEX e Estireno, PAH, TPH Fingerprint, pH, Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Carbono Orgânico Total, umidade e granulometria foram realizadas no Laboratório Innolab do Brasil Ltda. (RJ), que possui certificação ABNT ISO/IEC 17025 (Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração) pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

As análises foram realizadas com base nos seguintes métodos:

- BTEX e Estireno – EPA Methods 8260C:2006 e 5021A:2003;
- PAH: Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(k)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Benzo(a)pireno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Naftaleno – EPA Methods 8270D:2007 e 3550C:2007;
- TPH Fingerprint – ISO Method 16703:2004 e EPA Method 8015D:2003; pH – EPA Method 9045C;
- Nitrogênio – MA-024-L2 (baseado nos métodos SM 4500B e SM 4500F);
- Fósforo – SM 4500-P (E) e Potássio – MA-070-L2 (baseado nos métodos EPA 3050 e EPA 6010);
- Carbono Orgânico Total – DIN EN 13137 (Oxidação por Combustão Catalítica);
- Umidade – EMBRAPA (1997) e Granulometria – ABNT NBR 6502 (1995); EMBRAPA (1997).
- Análises Microbiológicas

As determinações quantitativas de bactérias heterotróficas e hidrocarbonoclasticas (degradadoras de óleo) foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM – RJ) com as técnicas de pour-plate (UFC/g de solo) e placas de polietileno com 24 cavidades (NMP/g de solo), com base nos métodos citados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005) e adaptação de Ururahy (1998).

## 4 Resultados e discussão

### 4.1 Valores de Referência

Para referência foram utilizados os Valores de Investigação para Uso Residencial do Solo e para Águas Subterrâneas da Resolução CONAMA Nº 420 de 28 de dezembro de 2009 que 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 e o Valor de Intervenção para TPH descrito no Procedimento para Identificação de Passivos Ambientais em Estabelecimentos com Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC), estabelecido pela CETESB (2007).

### 4.2 Resultados da caracterização da amostra composta de solo

De acordo com a EPA (2004), a faixa ideal de pH para tratamento por biopilhas é de 6,0 a 8,0. O resultado inicial do pH do solo foi de 7,7. Desse modo, optou-se apenas pelo monitoramento do valor de pH do solo das Biopilhas durante o tratamento, sem a necessidade de ajustes iniciais com corretivos do pH do solo. O resultado da umidade do solo de 7,7 % foi ajustado com a aplicação do surfactante diluído, e, durante os monitoramentos realizados, ainda adicionada água ao solo contaminado. A adição do surfactante diluído é um método bastante conhecido para diluir derivados de petróleo.

Com relação aos nutrientes, optou-se apenas pela aplicação do surfactante – composto por extratos vegetais em cuja composição podem ser encontrados sais minerais e celulose – e acompanhamento do decaimento dos contaminantes por meio das análises químicas.

Tabela 02 - Resultados da caracterização da amostra composta de solo das Biopilhas

Parâmetros	Resultado Biopilha 01
pH	7,77
Umidade (%)	7,7
Nitrogênio Total (mg/ Kg)	263,898
Fósforo total (mg/Kg)	113,67
Potássio total (mg/Kg)	429,759
Carbono Orgânico Total (COT) (mg/Kg)	4.461,00

Fonte: Adaptado BFU, 2016.

Quanto a granulometria, os resultados são importantes para a efetividade no processo de tratamento, pois não é recomendado esse tipo de remediação em amostras com granulometria muito fina, como é o caso de solos muito argilosos. Com relação à amostra estudada, há predominância da fração de areia (64 %), não tendo sido necessária a adição de material estruturante ao solo que seria tratado.

Na contagem da população microbiana heterotrófica, o resultado da contagem total foi de  $2,74 \times 10^7$  UFC/g de solo. O resultado da contagem de microrganismos degradadores de óleo cru foi de  $2,30 \times 10^5$  NMP/g de solo.

O valor de microrganismos heterotróficos estava de acordo com o recomendado pela EPA (2004) para a aplicação do tratamento de biorremediação com biopilhas, onde o ideal é que a contagem deva ser de, no mínimo, 1 000 UFC/g de solo. O valor da contagem de microrganismos degradadores de óleo (hidrocarbonoclasticos) indicou a existência de uma comunidade microbiana específica bem adaptada ao solo contaminado por hidrocarbonetos, de grande importância no processo de biorremediação de compostos orgânicos.

Para controle do processo de biorremediação foram verificadas as condições de umidade do solo, pH e temperatura. Durante o tratamento os valores de pH monitorados oscilaram entre 7,5 a 8,0. Quanto aos valores de umidade medidos após a adição de água nas Biopilhas ficavam próximos a 60%. A temperatura média do solo no interior das Biopilhas foi de aproximadamente 28 °C. A temperatura ambiente na área do Posto manteve-se alta durante todo o tratamento.

#### 4.3 Resultados das análises químicas dos contaminantes de interesse

Para a determinação da eficiência do tratamento do solo foram realizadas análises em laboratório para as concentrações de TPH (Hidrocarbonetos Totais do Petróleo), PAH (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos), BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos) e Estireno. Após tratamento, os resultados de BTEX e Estireno ficaram abaixo do limite de detecção (0,0005 mg/Kg) e os resultados de TPH Total que era de 453,000 mg/Kg também ficou inferior ao Valor de Intervenção da CETESB que é de 1.000 mg/Kg.

Quanto aos resultados dos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH) estão abaixo dos limites de detecção ou quantificação reportados pelo laboratório. Apenas o resultado de Criseno da amostra II (0,024 mg/kg) mostrou-se acima do limite de quantificação de 0,010 mg/kg. Destacando-se que não há Valor de Investigação de Criseno para uso residencial do solo e que a concentração reportada está abaixo do Valor de Prevenção de 8,1 mg/kg descrito na Resolução CONAMA No 420/2009.

A variação de eficiência se deve às características dos contaminantes, ao seu grau de intemperismo, ao tipo de solo, entre outros fatores. Os produtos mais leves como o óleo diesel foram mais biodegradados do que produtos mais pesados (óleo lubrificante). Os resultados aqui apresentados, diferem do trabalho realizado por Cyr e colaboradores (1997), que mesmo para um contaminante como óleo diesel, obtiveram eficiência de degradação baixa. A possível explicação seria o tipo de solo tratado, silte arenoso, que dificultaria o transporte de oxigênio pela pilha. Porém, quando o contaminante conter um óleo intempérico, o nível de degradação alcançado tenderá a ser baixo, conforme analisado por HAYES et al., (1995) & MCMILLEN et al., (1996). Isto se explica pela baixa biodisponibilidade das frações residuais (resíduos de ligação) em contaminações antigas, conforme analisados pelos autores.

## 5 Conclusões

O solo foi tratado na própria área do empreendimento, sem a necessidade de seu transporte para ser tratado em outro local. Durante o tratamento do solo; campanhas de amostragem e análises laboratoriais das amostras do solo das Biopilhas – granulometria, nutrientes, pH, umidade, BTEX e Estireno, PAH – método Fingerprint e comunidade microbiana (Bactérias Heterotróficas e Hidrocarbonoclasticas).

Os resultados das amostras compostas do solo das Biopilhas coletadas no terceiro mês de tratamento, mostraram que os valores de BTEX e Estireno estavam abaixo do limite de detecção e os resultados de TPH Total estavam abaixo do Valor de Intervenção da CETESB.

Os resultados dos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH) também estavam abaixo dos limites de detecção ou quantificação reportados pelo laboratório e apenas o resultado de Criseno da amostra II – único resultado reportado acima do limite de quantificação – estava abaixo do Valor de Prevenção descrito na Resolução CONAMA No 420/2009 (não há Valor de Investigação de Criseno para uso residencial do solo).

Desse modo, as metas de remediação (atendimento aos Valores de Investigação para uso residencial do solo descritos na Resolução CONAMA No 420/2009 e ao Valor de Intervenção para Hidrocarbonetos Totais do Petróleo (TPH) foram atendidas e as Biopilhas foram desmobilizadas.

Com o sucesso do tratamento do solo anteriormente contaminado, o mesmo foi reaproveitado como aterro na área de jardins do empreendimento.

## 6 Referências Bibliográficas

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21. ed. Washington D.C.: APHA, AWWA, WEF, 2005.

Andrade, J. A.; Augusto, F.; Jardim, I. C. S. F.; *Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados*. Eclética Química, v.35, nº 3, 2010.

BFU do Brasil Serviços Ambientais LTDA. *PO-03: Procedimento operacional da BfU: Biorremediação in situ de solos por biopilhas*. Rio de Janeiro, 2015.

BFU do Brasil Serviços Ambientais LTDA. *IT-04: Instrução técnica da BfU: monitoramento e amostragem de solo em biopilha*. Rio de Janeiro, 2015.

BFU do Brasil Serviços Ambientais LTDA. *Relatório de Investigação Ambiental, JMF Comércio de Combustíveis Ltda*. Rio de Janeiro, 2015.

BFU do Brasil Serviços Ambientais LTDA. *Plano de Remediação, JMF Comércio de Combustíveis Ltda*. Rio de Janeiro, 2015.

BFU do Brasil Serviços Ambientais LTDA. *Relatório de Acompanhamento Técnico da Escavação de Solo Contaminado, JMF Comércio de Combustíveis Ltda*. Rio de Janeiro, 2015.

BFU do Brasil Serviços Ambientais LTDA. *Relatório de Biorremediação de Solo com Biopilhas, JMF Comércio de Combustíveis Ltda*. Rio de Janeiro, 2016.

CETESB, Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. *Manual de Gerenciamento de áreas contaminadas*. 2007.

Coutinho, R. C. P.; Gomes, C. C.; *Técnicas para remediação de aquíferos contaminados por vazamentos de derivados de petróleo em postos de combustíveis*. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2014.

Cyr, G.G., Spieles, P.R., 1997, "Enhanced Biopile Aeration Using a Wind-Powered Ventilation System: Case Study". In: *In Situ and On-site Bioremediation: Volume 1*, [Pat. Int. In Situ On-Site Bioremediation. Symp., New Orleans, USA, April 28- May 1 1997], 4th, pp. 473-78. Alleman, B.C., Leeson, A. (eds), Battelle Press, Columbus, Ohio.



EPA - United States Environmental Protection Agency. *Chemical oxidation. In: How to evaluate alternative cleanup technologies for underground storage tank sites: a guide for corrective action plan reviewers.* 2004. Cap 13. (EPA 510-R-04-002). Disponível em: . Acesso em: setembro de 2018.

Vasconcelos, B. S *et al.*, *Áreas contaminadas por postos de combustível e medidas de remediação no município de São Bernardo do Campo.* Saúde e Meio Ambiente v.3, n. 1, p. 73-83. 2014

Santos, R. J. S. *A gestão ambiental em posto revendedor de combustíveis como instrumento de prevenção de passivos ambientais.* Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão do Meio Ambiente) Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.