

Remediação por extração multifásica de solo e água subterrânea contaminados com hidrocarbonetos de petróleo

Allini Klos Rodrigues de Campos⁽¹⁾; Fabiana Gallina⁽²⁾; Michelly dos Reis de Mello⁽³⁾

⁽¹⁾ Graduada em Tecnologia em Processos Químicos; Faculdade de Tecnologia Tupy – Curitiba – PR; alliniklos@gmail.com; ⁽²⁾ Geóloga; Professora do Curso de Tecnologia em Processos Químicos – Faculdade de Tecnologia Tupy – Curitiba – PR ⁽³⁾ Graduada em Tecnologia em Processos Químicos – Faculdade de Tecnologia Tupy – Curitiba – PR

RESUMO: A ideia de passivo ambiental ainda é nova entre a sociedade acadêmica atual, portanto para entender melhor este novo propósito ambiental, abordou-se neste trabalho inicialmente, questões comuns a vários estudos de âmbitos afins aos de contaminação de solos e águas subterrâneas por hidrocarbonetos de petróleo como ciclo hidrológico, composição do solo e técnicas de remediação de tais áreas. Para a realização deste trabalho estudou-se um caso para remediação de uma área contaminada por combustíveis derivados de petróleo na região sul de Curitiba, por intermédio da empresa Geoambiente – Geologia e Engenharia Ambiental, responsável pela recuperação e remediação da área degradada. A técnica de extração multifásica foi escolhida devido à contaminação simultânea do solo e da água subterrânea com hidrocarbonetos de petróleo. O sistema de remediação proposto para a área foi eficaz, porém, em função de algumas concentrações excederem os valores de referência da SMMA – Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba – recomendou-se a continuidade do processo de remediação.

Termos de indexação: Passivos ambientais; Monitoramento; BTEX

INTRODUÇÃO

A questão de contaminação em águas e solos está cada vez mais em evidência e poucos são os profissionais que conhecem e atuam desenvolvendo métodos de investigação e avaliação deste problema. De acordo com CONAMA (1997) fica instituído que os empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, são obrigados a passar pelo processo de Licenciamento Ambiental, o que configura um procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de tais empreendimentos. Para os casos de regularização do empreendimento, renovação da Licença de Operação, reforma do posto,

solicitação de órgão ambiental ou qualquer indício de contaminação é necessário fazer a Investigação de Passivo Ambiental.

Baird (2002) afirma que a poluição de águas naturais por contaminantes químicos é um problema de âmbito mundial, o mesmo autor ainda comenta que a maioria das áreas povoadas sofre de uma maneira ou de outra com poluições de diversos tipos.

Spiro & Stigliani (2009) revelam que um dos maiores problemas relacionados às contaminações é a demora na detecção do vazamento, o que pode ocasionar a contaminação dos solos e nos piores casos, a contaminação dos lençóis freáticos. Rocha et al. (2009) afirmam que no caso da contaminação de águas subterrâneas há um agravante, pois estas são utilizadas de forma direta para consumo humano, o que pode ocasionar problemas graves ao ecossistema local, bem como à população humana residente do entorno da contaminação.

No Brasil e no mundo a industrialização proporcionou e ainda proporciona um legado na forma de passivos ambientais, grandes sítios contaminados e poluídos capazes de afetar diretamente a saúde humana, animal e vegetal no local do derramamento e em muitos casos para ser recuperado e saneado corretamente necessitam de grande quantidade de recursos financeiros, de acordo com Silva (2002).

O objetivo da pesquisa foi acompanhar um estudo de caso de investigação de passivo ambiental, analisar o comportamento dos poluentes no meio físico, seja em água ou solo, e relacionar os passivos ambientais com os agentes contaminantes derivados de petróleo agrupados basicamente em compostos voláteis: Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos, conhecidos como BTEX, compostos semi-voláteis: hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, os PAH.

MATERIAL E MÉTODOS

A investigação de Diagnóstico Ambiental foi realizada no Posto S/A, localizado na região sul da cidade de Curitiba, estado do Paraná, as investigações executadas entre os anos de 2009 a 2011. As informações em relação ao histórico

do empreendimento foram obtidas por meio de entrevista realizada com o responsável pelo estabelecimento.

As atividades desenvolvidas no local que apresentam algum potencial de aporte de hidrocarbonetos de petróleo ao meio ambiente são referentes à descarga, armazenamento, distribuição e abastecimento de veículos com combustíveis líquidos, troca e armazenamento de óleo lubrificante e lavagem de veículos. As instalações do posto contam com sistemas de detecção e proteção contra vazamentos estabelecidos pela norma ABNT NBR 13.786/2005.

Caracterização da área

A área do empreendimento localiza-se em uma feição geomorfológica de um antigo terraço aluvionar, constituído por depósitos de retrabalhamento do Rio dos Miller em fundo de vale plano. O perfil típico da área do posto de abastecimento é caracterizado geotecnicamente por argila vermelha seguida de argila plástica com areia fina. O perfil litológico é associado a antigos depósitos de origem aluvionar.

O nível freático na área do empreendimento varia de 1,03 m a 3,52 m de profundidade, em relação ao nível do terreno, podendo sofrer variações de acordo com as circunstâncias climáticas. A direção preferencial do fluxo subterrâneo apresenta a componente direcional do quadrante de Sul - Sudoeste (S - SW) para Norte - Nordeste (N - NE), como é exposto na

Figura 1:

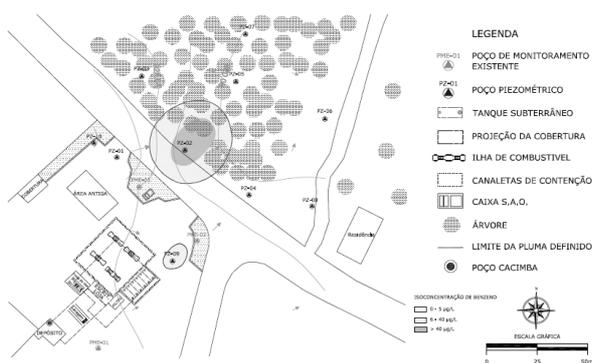


Figura 1 – Mapa de fluxo do lençol freático

Fonte: Geoambiente

Metodologia de campo

Foram realizadas sondagens e medições qualitativas de vapores orgânicos no solo superficial, com objetivo de verificar a presença ou não de compostos orgânicos voláteis no solo superficial, sob a área de tancagem e a pista de abastecimento. Para avaliar a qualidade do solo

local, foram coletadas amostras para análise química dos parâmetros BTEX e PAH.

Para as análises físicas de caracterização granulométrica, densidade aparente e real, porosidade efetiva e total e pH do solo, foram coletadas amostras de poços piezométricos situados próximos ao sistema de tancagem do posto de combustíveis.

Os poços de monitoramento foram construídos de acordo com a ABNT/NBR 15.495/2007 (Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares: Projeto e Construção).

Na área do empreendimento foram executadas 10 sondagens até ultrapassar o nível de água (para caracterização geológica), instalados 5 poços provisórios para monitoramento do lençol freático e seis poços provisórios a jusante do foco de contaminação da área. Os poços de monitoramento foram construídos para monitorar o nível de água do aquífero freático alojado nos sedimentos arenosos inconsolidados. O procedimento foi inicialmente realizado com sondagem a trado manual, com diâmetro de 4", até atingir o lençol freático e depois foi realizada a instalação do poço.

Plano de remediação

Em decorrência das características geológicas e hidrogeológicas locais e também pela contaminação simultânea do solo e da água subterrânea, foi implantado na área o sistema de remediação por extração multifásica ou MPE – *Multi Phase Extraction*, que é capaz de remediar os compostos orgânicos voláteis do solo bem como extrair combustíveis nas fases dissolvida e livre na água subterrânea.

Realizou-se um pré-tratamento com a caixa separadora de água e óleo, seguidos de filtros de carvão ativado em série para pós-tratamento e polimento final da água. Os gases extraídos passaram também por sistema de filtro de carvão ativado antes de serem liberados para atmosfera.

O sistema foi constituído por uma combinação de extração da água subterrânea contaminada juntamente com a geração de vácuo nos locais de extração, promovendo a extração conjunta de água e de vapores presentes ao redor dos pontos de extração. Em decorrência da extração simultânea de contaminantes na água e no solo, este processo acaba promovendo o arraste e a volatilização de compostos orgânicos de baixa pressão de vapor em conjunto com a injeção e aeração passiva do meio, originando os processos de biodegradação dos compostos orgânicos.

Por meio da aplicação do vácuo nos poços de

extração criou-se um gradiente de pressão dirigido para estes pontos, nos quais foram extraídos os vapores e fase dissolvida do contaminante. O gradiente de pressão é diretamente proporcional ao vácuo aplicado, logo, a eficiência na extração das diferentes fases do contaminante foi função do sistema a ser implantado. O vapor extraído foi direcionado para um sistema de carvão ativado e em seguida lançado na atmosfera.

O sistema continha um dispositivo de auto operação a partir de *timers*, os quais foram ajustados para intervalos de tempo de operação que aperfeiçoaram a extração do contaminante da zona não saturada. A remoção de compostos orgânicos utilizando carvão ativado foi baseada na capacidade de adsorção do carvão ativado, no qual os compostos foram adsorvidos sobre a superfície interna e externa dos grãos de carvão, devido a sua grande área superficial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Tabela 1** são apresentados os resultados analíticos laboratoriais das concentrações dos compostos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX) e presentes no solo, comparados com os Valores Orientadores de Referência para uso do solo Residencial, segundo o “Termo de Referência para Execução de Trabalhos de Investigação/Diagnóstico Ambiental” de 2004 da SMMA. O limite de detecção deve ser menor ou igual a 0,001 mg/Kg

Tabela 1 - Resultado analítico para BTEX no solo

Composto	Amostras (mg/kg)				
	PZ-01	PZ-02	PZ-07	PZ-08	PZ-09
Benzeno	nd	nd	nd	nd	nd
Tolueno	nd	<1,0	nd	nd	nd
Etilbenzeno	nd	18	nd	nd	nd
m,p Xileno	nd	1,2	nd	nd	nd
o Xileno	nd	nd	nd	nd	nd

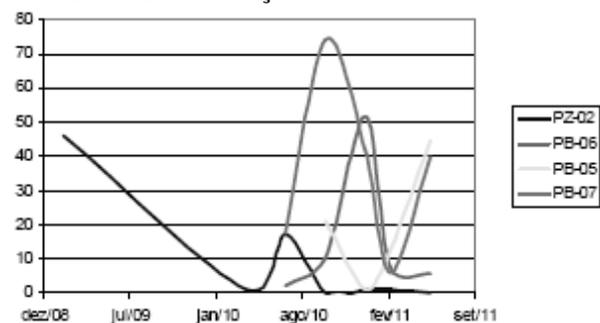
Na **Tabela 2** são apresentados os resultados analíticos laboratoriais das concentrações dos compostos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos – BTEX presentes na água subterrânea, comparados com os Valores Orientadores de Referência para uso do solo Residencial, segundo as “Diretrizes para Elaboração de Estudos de Identificação de Passivos Ambientais” de 2003 do Instituto Ambiental do Paraná - IAP. O limite de detecção é igual a 0,1 µg/L.

Tabela 2 - Resultado analítico para BTEX na água

Composto	Amostras (mg/kg)				
	PZ-01	PZ-02	PZ-03	PZ-04	PZ-05
Benzeno	nd	nd	nd	nd	nd
Tolueno	nd	nd	nd	nd	nd
Etilbenzeno	nd	nd	nd	nd	nd
Xilenos	nd	nd	nd	nd	nd

No **Gráfico 1** é possível verificar que há pequenas oscilações nas concentrações de Benzeno durante as campanhas de amostragem, estas variações se devem ao regime de chuvas ocorrido na área durante a coleta das amostras. Isto porque quanto maior é o índice pluviométrico, maior será a dissolução dos contaminantes na água subterrânea. Portanto, os picos de concentração ocorridos em alguns poços de monitoramento é consequência da falta de precipitação no local durante o estudo.

Gráfico 1: Concentrações de Benzeno



CONCLUSÕES

O sistema de remediação implantado na área do Posto S/A, entrou em operação no dia 06 de maio de 2010, totalizando 446 dias, com finalidade de efetuar o rebaixamento do aquífero freático, remover contaminantes nas fases livre e dissolvida da água subterrânea e de hidrocarbonetos nas fases adsorvida e gasosa do solo, através das extrações realizadas nos poços PB-01 ao PB-09.

Desde o início do processo, em maio de 2010, a massa total de contaminantes removidas pelo sistema de remediação foi de 201,4 kg contendo compostos orgânicos voláteis, entre eles BTEX e PAH

De acordo com os resultados analíticos, pode-se observar redução dos compostos BTEX nos poços PB-01 em 65% e PB-06 em 12%. Vale ressaltar que nos poços PZ-02, PZ-03, PZ-04, PZ-10, PME-01, PME-02, PME-03/PB-09, PM-04, PM-05, PM-06, PB-02, PB-03, PB-04, PB-08 e no poço cacimba as concentrações se mantiveram abaixo dos limites quantificáveis pelo método do laboratório para o parâmetro BTEX.



O aumento das concentrações de alguns compostos nos poços de monitoramento é um fator que pode estar relacionado com a atuação do sistema de remediação, porém a tendência de redução nas concentrações durante as próximas campanhas de monitoramento refere-se ao tempo de atuação do sistema.

A partir dos dados expostos acima é possível concluir que o sistema de remediação proposto para a área contaminada foi realizado com eficácia, porém, em função de algumas concentrações estarem acima dos valores de referência da SMMA recomendou-se a continuidade do processo de remediação adotado.

AGRADECIMENTOS

Geoambiente – Geologia e Engenharia Ambiental Ltda

Faculdade de Tecnologia Tupy – Curitiba.

REFERÊNCIAS

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

_____. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília, 1997.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental**. 2ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SILVA, J. A. F. **Sistematização a avaliação de técnicas de investigação aplicadas à caracterização e diagnóstico da área contaminada por hidrocarbonetos de petróleo**. Rio Claro, 2002.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química Ambiental**. 2ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.