

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

BOMBEAMENTO E TRATAMENTO DA FASE LIVRE EM AQUÍFERO SEDIMENTAR CONTAMINADO POR HIDROCARBONETOS

Priscyla A. de Campos Freire¹, Isabel Cristina de Barros Trannin² & Sílvio Jorge Coelho Simões³

Resumo – O elevado consumo de combustíveis e a idade avançada da maioria dos tanques de armazenamento justificam a preocupação brasileira com a poluição do solo e de aquíferos. Essa preocupação torna-se ainda maior com o aumento da exploração dos aquíferos para atender à crescente demanda por recursos hídricos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência e eficácia da técnica de bombeamento e tratamento aplicada à remediação do Aquífero Litorâneo com a retirada da fase livre e atenuação das concentrações de poluentes em fase dissolvida na área do Auto Posto Baía do Sol, localizado em São Sebastião (SP). Nesta técnica de remediação a água do aquífero no Hot Spot da contaminação é bombeada e direcionada para uma caixa separadora de água e óleo (SAO) e, posteriormente, para um filtro de carvão ativado, sendo que os poluentes separados da água têm um destino adequado e a água tratada é reinjetada no aquífero com padrões de potabilidade adequados. No caso do Auto Posto Baía do Sol Ltda., a técnica de bombeamento e tratamento mostrou-se eficiente, visto que os poluentes em fase livre foram totalmente retirados e as concentrações em fase dissolvida atenuadas. Por outro lado, a técnica apresentou baixa eficácia devido ao longo prazo de bombeamento.

Abstract – High fuel consumption and the advanced age of most Brazilian storage tanks justify the concern about the pollution of soil and aquifers. This concern becomes even greater with the increased exploitation of aquifers to attend the groundwater demand. The aim of this study was to evaluate the efficiency and effectiveness of the technique of pump and treat the water of Coastal Aquifer cleaning up plumes of free product and also dissolve plume at the Gas Station Auto Posto Baía do Sol Ltda., located in São Sebastião, in the north coast of São Paulo State. In this remediation technique, the Hot Spot of the contamination is pumped and the water is directed to water and oil separator box and then directed to an activated carbon filter, so the water is treated and it can be returned to the aquifer within potability levels. In the case of Auto Posto Baía do Sol Ltda., the technique of pump and treat was efficient, the plume of free product was completely removed and the concentrations of dissolved plume were attenuated. However, the effectiveness of this technique was low due to long time of the system operation.

Palavras-Chave – Águas subterrâneas; postos de combustíveis; remediação.

INTRODUÇÃO

Diante da crescente demanda por recursos hídricos, a exploração da água subterrânea é uma alternativa para o abastecimento público e para o desenvolvimento econômico da sociedade, pois

1 Engenheira Civil, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 - Pedregulho - Guaratinguetá - SP - CEP: 12.516-410 - Brasil - Tel/Fax: +55 (12) 3125-3235 - e-mail: priscyla_freire@hotmail.com

2 Engenheira Agrônoma, Dra. em Ciência do Solo, Professora nos Cursos de Graduação e Pós-Graduação, da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Tel: +55 (12) 3123-2826 - Fax: +55 (12) 3125-2466 - e-mail: isatranin@uol.com.br

3 Geólogo, Livre docente em Recursos Hídricos, Professor nos Cursos de Graduação e Pós-Graduação, da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Tel: +55 (12) 3123-2826 - Fax: +55 (12) 3125-2466 - e-mail: simões@feg.unesp.br

além de ser abundante, normalmente apresenta melhor qualidade comparada às águas superficiais (CETESB, 2005). Conforme Giampá (2010), neste aspecto, o consumo mundial de água subterrânea dobrou nas últimas quatro décadas e, atualmente, estima-se que cerca de 75 a 80% dos municípios do interior paulista são abastecidos por aquíferos, sendo que, para Ribeirão Preto, que abriga 605.114 habitantes (IBGE, 2010), essa dependência é total.

Por outro lado, o aumento do consumo de água subterrânea tem gerado preocupações relacionadas às principais fontes de poluição da água subterrânea, entre estas, as provocadas por vazamentos de tanques de armazenamento de combustíveis como gasolina, diesel e álcool. Estes combustíveis são importantes fontes de contaminação do solo e do lençol freático e têm sido alvo de inúmeras pesquisas, devido à complexidade dos fenômenos de interação destes poluentes com o solo e ao grande número de áreas contaminadas.

No Brasil, existem cerca de 36.730 postos de combustíveis e em 2009, o consumo de álcool, gasolina e diesel foi de 16; 25 e 49 milhões de metros cúbicos, respectivamente (ANP, 2009). De acordo com a Cetesb (2010), os postos de combustíveis são responsáveis por 79% das áreas contaminadas no Estado de São Paulo, sendo decorrente pelo fato da maioria ter sido construída na década de 1970, com uma vida útil média de 25 anos para tanques subterrâneos, o que indica que estes já estejam comprometidos.

De acordo com Texeira (2008), quando ocorre vazamento em tanques de armazenagem, o combustível percola no perfil do solo e atinge a zona saturada, onde parte se solubiliza em água, parte volatiliza entre os vazios do solo e parte se concentra na franja capilar da água subterrânea. Nos vazamentos e derrames por combustíveis, é comum encontrar contaminação em retida no solo, em fase livre (fase imiscível em água) e em fase dissolvida (fase miscível na água subterrânea). Em caso de derrame de gasolina, que é pouco solúvel em água, e contém mais de 400 componentes, esta inicialmente permanecerá no subsolo como líquido de fase não aquosa (NAPL - menos denso que a água), mas em contato com a água subterrânea se dissolverá parcialmente. Os componentes presentes na gasolina que possuem maior solubilidade em água e, portanto, são os primeiros contaminantes a atingir o freático são os hidrocarbonetos monoaromáticos: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos, os chamados BTEX, que são considerados perigosos. Além disso, a gasolina comercializada no Brasil é misturada com álcool em proporções que variam de 20% a 30%, de acordo com a legislação em vigor, e as interações entre etanol e BTEX podem aumentar a mobilidade e a solubilidade, além de dificultar a biodegradação natural destes compostos. Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH's) estão presentes em diesel e em óleos lubrificantes, que possuem cadeias mais longas e, portanto, menor mobilidade e solubilidade em água, quando comparados à gasolina.

A contaminação de solos e águas subterrâneas por postos de combustíveis oferece riscos à saúde humana de forma direta e indireta. Dentro do contato direto pode-se destacar a inalação, ingestão, contato com a pele e contato com os olhos, e no contato indireto a ingestão de alimentos e água contaminada com compostos presentes nos combustíveis, que em sua maioria, são cancerígenos.

Entre as técnicas de remediação de aquíferos contaminados, o bombeamento e tratamento (Pump and Treat) é uma das mais utilizadas atualmente (Tabela 1) e consiste no bombeamento da água subsuperficial contaminada à superfície para posterior tratamento externo e remoção de contaminantes (USEPA, 1996). Além das características físico-químicas inerentes ao contaminante, a eficiência do bombeamento na remoção ou atenuação da pluma, depende diretamente de fatores como a permeabilidade do solo, impedimentos físicos e extensão e profundidade da pluma, que devem ser considerados no processo de remediação (USEPA, 1996). O carvão ativado, normalmente empregado na etapa de tratamento, não é destrutivo, apenas transfere o poluente de uma fase para outra, conforme citado por Trovão (2005). Sistemas de bombeamento de águas subterrâneas bem executados podem controlar a migração da pluma para regiões mais afastadas, permitindo a remoção de fontes secundárias da contaminação, além de ser uma necessidade indiscutível antes da implementação da maioria das técnicas de remediação, em sites que apresentam fase livre de contaminante.

Tabela 1 – Técnicas de remediação implantadas no Estado de São Paulo (adaptação de CETESB, 2010)

Técnicas de Remediação	Nº de sistemas instalados no Estado de São Paulo
Bombeamento e Tratamento	712
Recuperação de fase livre	589
Extração multifásica	564
Remoção de solo e resíduo	259
Extração de vapores	251
Atenuação natural monitorada	225
Air sparging	146
Oxidação-redução química	67
Barreira hidráulica	60
Biorremediação	34
Cobertura resíduo-solo contaminado	20
Barreira física	9
Biosparging	8
Encapsulamento geotécnico	7
Bioventing	6
Decloração reativa	4
Barreiras reativas	4
Lavagem de solo	3
Fitorremediação	2
Outros	26

OBJETIVO

Avaliar a eficiência e eficácia da técnica de bombeamento e tratamento da pluma de hidrocarboneto em fase livre presente no Aquífero Litorâneo sedimentar contaminado por vazamentos e derrames de combustíveis na área do Auto Posto Baia do Sol Ltda., no município de São Sebastião, litoral Norte do Estado de São Paulo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O posto de revenda de combustíveis, de razão social, Auto Posto Baia do Sol Ltda., está localizado no município de São Sebastião, litoral norte, à Avenida Manoel Teixeira, nº 1.000, no bairro São Francisco. A região de entorno do Auto Posto é composta por estabelecimentos comerciais e residenciais, um corpo d'água e encontra-se a uma distância inferior a 200 m do oceano Atlântico (Figura 1).

O município de São Sebastião localiza-se a 209 km de São Paulo e compõe com Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba o litoral norte paulista. A população de cerca de 73.833 habitantes (IBGE, 2010), encontra-se distribuída em seus 403 km² de território montanhoso, coberto por Mata Atlântica, com 100 km de costa, constituída por mais de 30 praias.

A paisagem do litoral norte de São Paulo tem como elementos principais a Serra do Mar, a Mata Atlântica e a Costa Litorânea, fruto do encontro da serra com o mar. Nas encostas da Serra do Mar e em São Sebastião ocorrem, predominantemente, rochas cristalinas e, na planície litorânea, rochas sedimentares, constituídas de material arenoso e argiloso. As rochas cristalinas apresentam estrutura homogênea e são menos suscetíveis às alterações do meio físico que as rochas sedimentares (CONSTRUFER, 2010). O relevo se apresenta em três compartimentos principais: serrano costeiro, que contém as maiores altitudes e declividades; morraria costeira, com altitudes e declividades medianas e baixada litorânea, composta pela planície litorânea e várzeas de rios. Regionalmente existem três classes de solo significativas, representadas pelos solos que ocorrem nas encostas, com alta declividade, escarpas e serras restritas e apresentam pequenas espessuras; os que ocorrem em posições de meia encosta, com maiores espessuras e textura muito argilosa; e os solos característicos de baixadas e várzeas, geralmente mal drenados. A pluviosidade regional anual é de 1.300 a 1.500 mm.

De acordo com os levantamentos realizados na área de estudo, por meio de perfurações acompanhadas, e como pode ser observado na figura 2, na geologia local há predomínio de areia,

com textura variável de fina a grossa, com coloração escura e presença de sedimentos de rocha e pedriscos (CONSTRUFER, 2011).

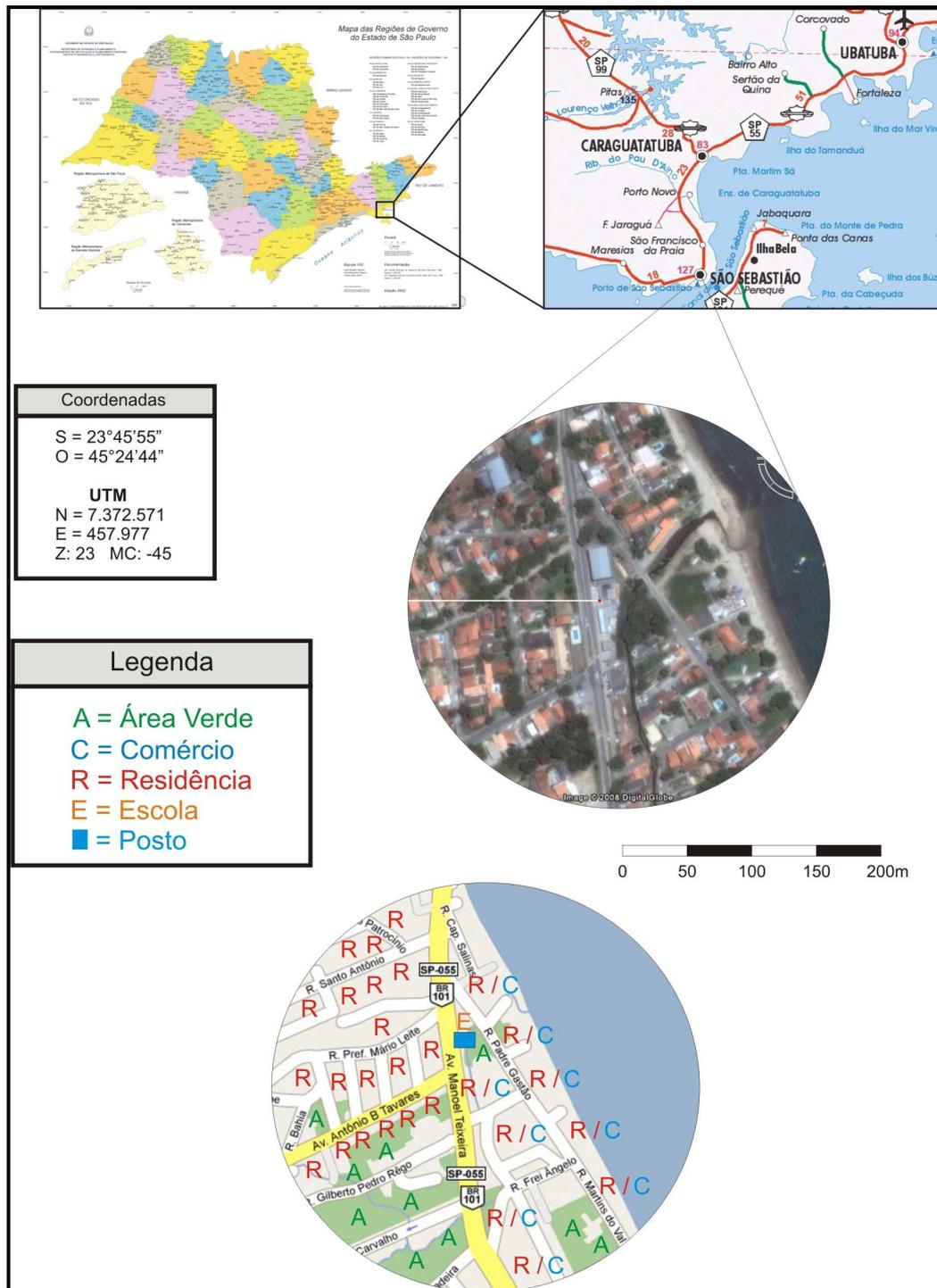


Figura 1 - Localização do Auto Posto Baía do Sol Ltda. no município de São Sebastião (Construfer, 2011)

No litoral norte do Estado de São Paulo há dois principais sistemas de aquífero: (1) o Aquífero Cristalino, que corresponde aos terrenos cristalinos da Serra do Mar, permeáveis por

fraturamento de rochas e (2) o Aquífero Litorâneo, permeável por porosidade granular, correspondendo a sedimentos ao longo das praias de acordo com Mello e Romeiro (2010).

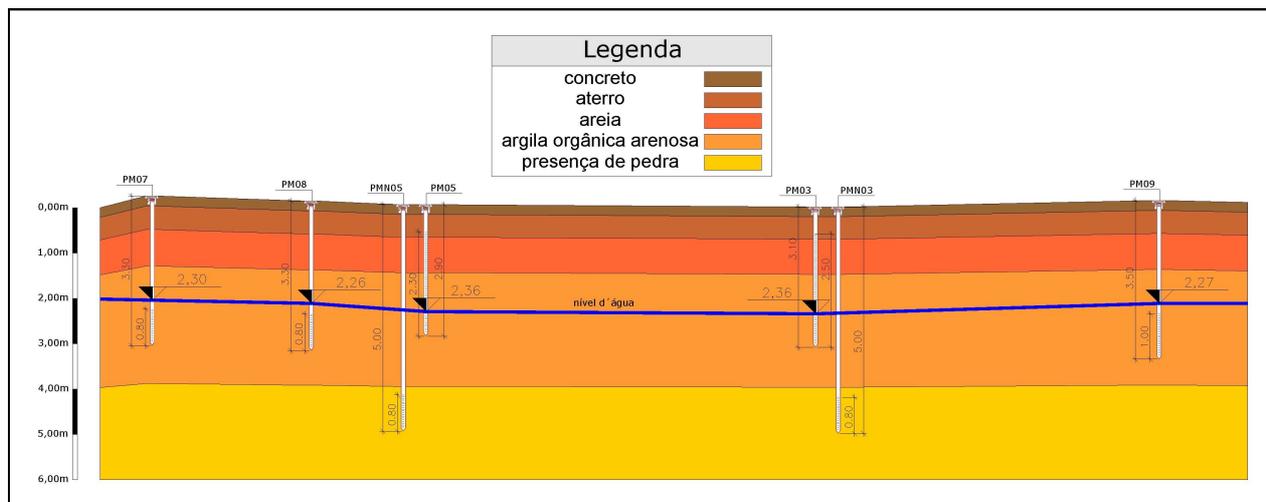


Figura 2 – Perfil estratigráfico da área do Auto Posto Baia do Sol Ltda. (Construfer, 2011)

A área em estudo está localizada no aquífero litorâneo, conforme figura 3 do Comitê de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte (CBH-LN). Segundo Iritani e Ezaki (2009), este é um aquífero sedimentar de extensão limitada, que se estende pela costa paulista, desde a região de Cananéia, ao sul, até Caraguatatuba e Ubatuba, ao norte. Formado há menos de 2 milhões de anos, este aquífero é composto por sedimentos de planície litorânea, variados e intercalados, que ocorrem como arenitos, siltitos e conglomerados depositados em ambiente fluvial constituídos por sedimentos depositados pela ação dos rios, ventos e mares, onde a água circula pelos poros existentes entre os grãos minerais. A qualidade das águas do Aquífero Litorâneo pode ser afetada por fontes de poluição como fossas negras, fossas sépticas mal construídas e tanques de armazenamento de combustível (MELLO E ROMEIRO, 2010).

Por meio de levantamentos na área do Auto Posto Baia do Sol Ltda. foram identificados poluentes em fase livre com até 18 cm de espessura, no poço de monitoramento identificado como PM 01, sendo adotada a técnica de remediação por bombeamento e tratamento da fase livre, que vem sendo desenvolvida desde setembro de 2008. Conforme o procedimento adotado pela Cetesb (Decisão de Diretoria nº 103/2007/C/E de 22 de junho de 2007) em episódios envolvendo contaminações por combustíveis decorrentes de vazamentos em empreendimentos que utilizam sistema de armazenamento subterrâneo de combustíveis e, de acordo com a Resolução CONAMA nº 273 de 29 de novembro de 2000, a área foi classificada como AC – área contaminada, definida como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural.

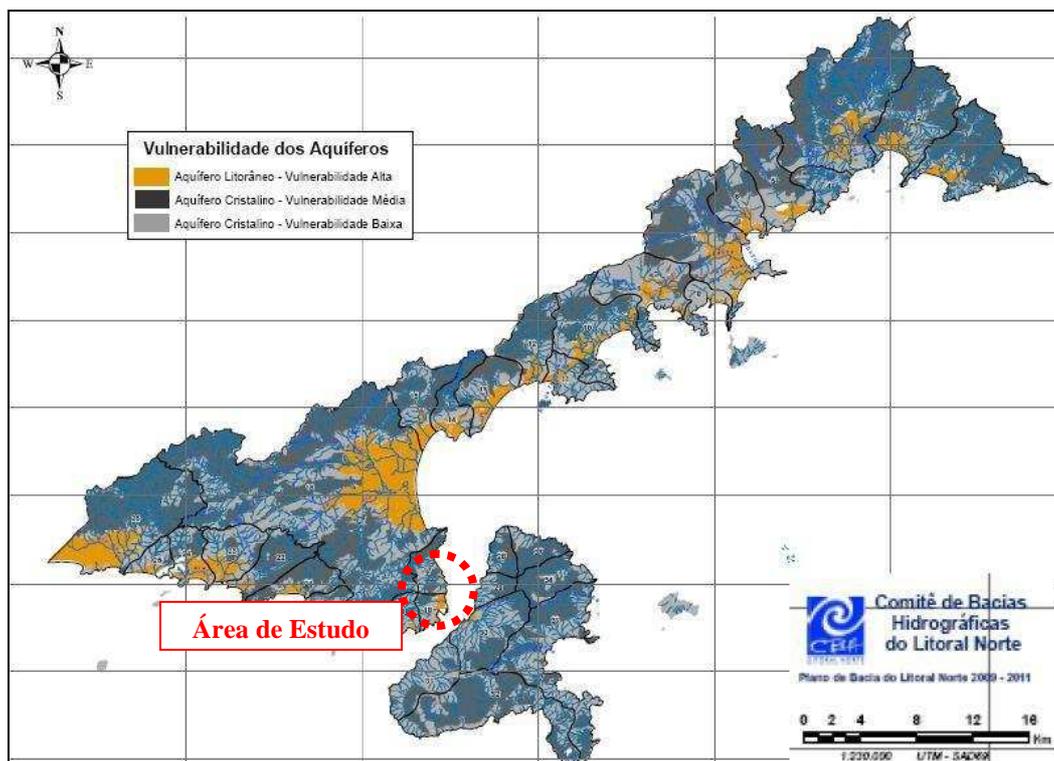


Figura 3 – Vulnerabilidade dos aquíferos do litoral norte do Estado de São Paulo
(Mello e Romeiro, 2010 apud CBH-LN, 2009)

A técnica do bombeamento e tratamento – “pump and treat”

A técnica de remediação por bombeamento e tratamento é usada para tratar águas contaminadas com substâncias orgânicas e inorgânicas. Para isso, um ou mais poços de extração são instalados, na altura da pluma de contaminação, em diferentes ângulos para otimizar a captura da água. Geralmente, os poços são instalados no centro da pluma, para a remoção de maior quantidade de massa contaminante e, nos limites da pluma, para evitar seu deslocamento. Esta tecnologia vem sendo aplicada há muitos anos em todo o mundo e seu custo é dependente da profundidade, da extensão e da largura da pluma contaminante, tendo como vantagens a praticidade e a possibilidade de ser utilizada em conjunto com outras técnicas de remediação.

Após o bombeamento, a água passa pela caixa separadora de água e óleo (SAO) que possui três compartimentos, onde grande parte dos contaminantes fica retida, sendo, em seguida, filtrada por carvão ativado para tratamento em superfície, sendo a água tratada, conduzida para poços de reinjeção (Figura 4).

Conforme apresentado na figura 5, para a implantação desta técnica na área do Auto Posto Baía do Sol Ltda., foi instalado um poço para a extração da água subterrânea, nomeado por PRFL 01, para posterior remoção do contaminante NAPL verificado em vistorias ao poço de monitoramento PM 01.

No Auto Posto Baia do Sol Ltda. o custo mensal para a manutenção do sistema de bombeamento e tratamento não ultrapassa R\$3.000,00 (três mil reais), que incluem a locação dos equipamentos, vistorias, manutenções e monitoramento do sistema.

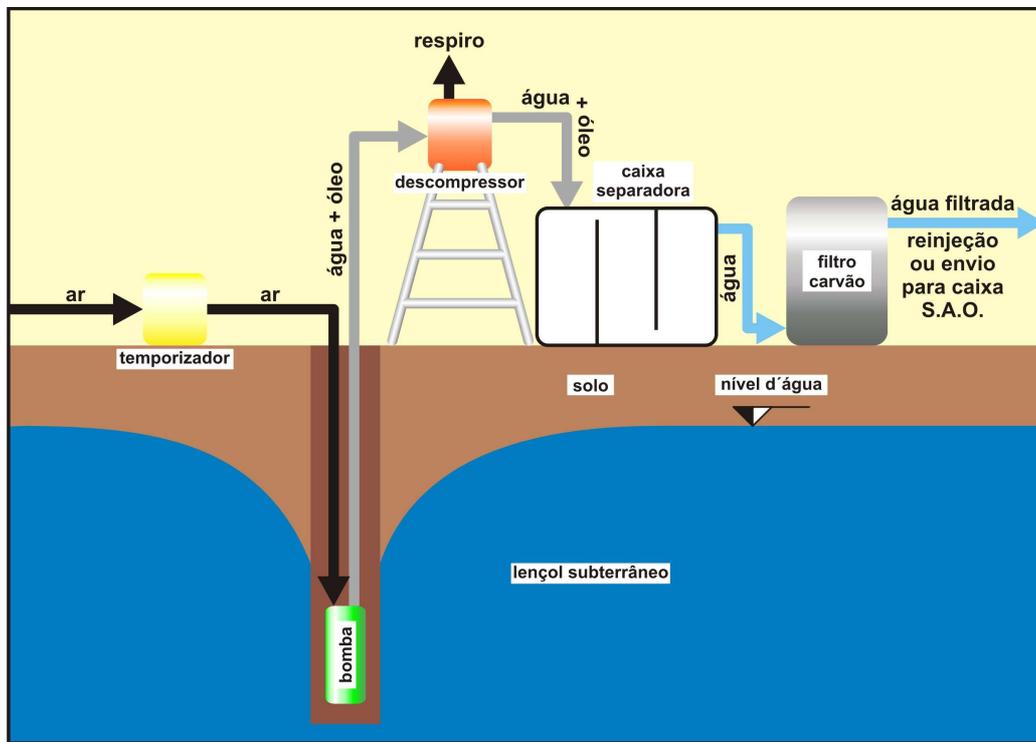


Figura 4 - Sistema de remediação por bombeamento e tratamento (fonte: Construferr, 2011).

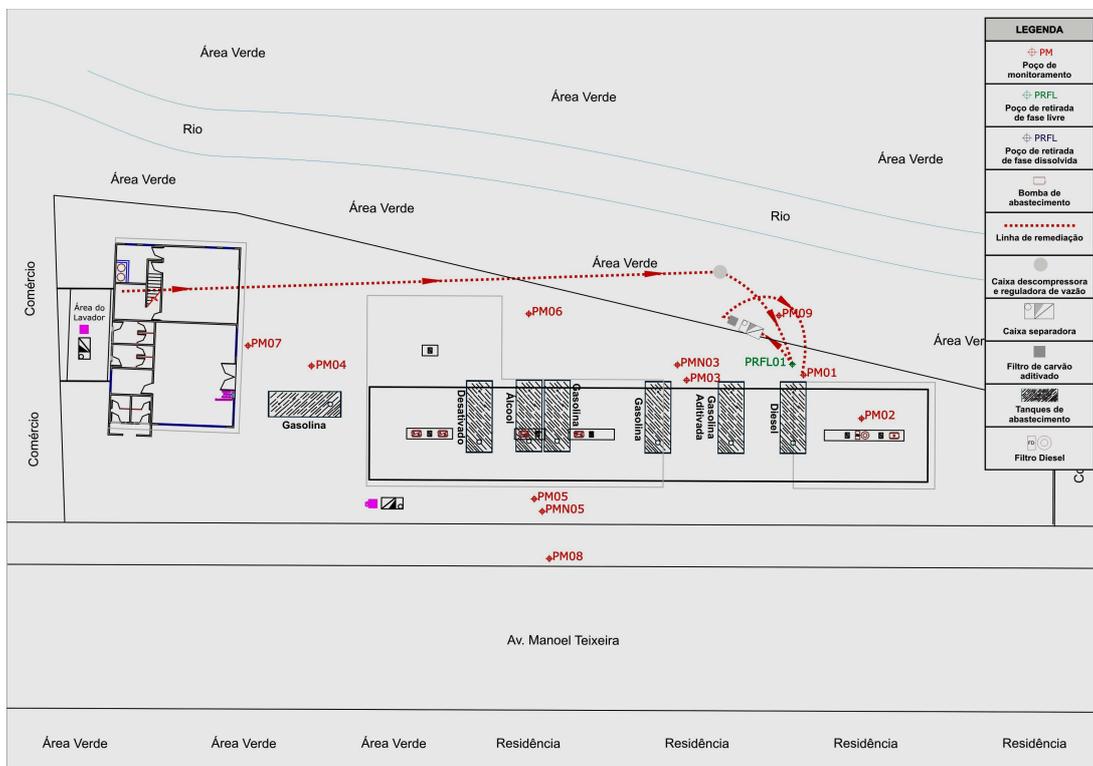


Figura 5 - Croqui da área do Auto Posto Baia do Sol Ltda., em São Sebastião (SP), com a localização dos poços de monitoramento (PM) e do poço de retirada da fase livre (PRFL) (fonte: Construferr, 2011).

Avaliação do sistema de remediação

Para a avaliação da eficiência e eficácia do sistema de remediação por bombeamento e tratamento da fase livre, os poços de monitoramento (PM) e as espessuras da pluma de contaminação foram inspecionados quinzenalmente, sendo verificadas as alterações causadas pelo bombeamento e o tempo necessário para tais alterações. O poço de monitoramento PM 01 foi o único poço de monitoramento que apresentou fase livre.

Para a avaliação da pluma de fase dissolvida foram realizadas análises químicas da água subterrânea em laboratório certificado (ISO 17.025) e as amostragens seguiram os procedimentos descritos pela Cetesb (Decisão de Diretoria nº. 103/2007/C/E de 22 de junho de 2007). Amostras da água subterrânea bombeada e tratada também foram analisadas quimicamente antes de serem enviadas ao poço de injeção (PI), identificado como caixa separadora de água e óleo (SAO). Também foram coletadas amostras de água do PM 01 (em processo de remediação direta, identificado como Hot Spot do local) e dos poços dos pontos delimitantes: PM 02 e PM 09. O PMN 03 é um poço de monitoramento profundo, constituindo um conjunto multinível com o PM 03, sendo ambos amostrados e as análises químicas da água foram empregadas na avaliação do comportamento da pluma de contaminação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 2 são apresentadas as espessuras da fase livre obtidas no PM 01 no período de 03/09/2008 a 26/12/2010. De acordo com estes dados verificou-se que houve persistência da fase livre no período de 18 meses, porém, nos primeiros seis meses a espessura da pluma diminuiu de 5 cm para 1 cm, indicando que a técnica de bombeamento e tratamento foi eficiente para controlar a pluma de fase livre. No entanto, é preciso considerar que, embora esta técnica tenha sido eficiente para controlar a pluma de fase livre, não foi eficaz, devido ao longo período de bombeamento, de 18 meses, mesmo o solo da área sendo arenoso.

Este longo período necessário para a total remediação da contaminação em fase livre pode ser atribuído a elevada variação do lençol freático (Tabela 2), pois a bomba do sistema precisou ser ajustada constantemente à altura do lençol freático para que a contaminação em fase livre, com pequenas espessuras pudesse ser bombeada. Desta forma, as visitas dos técnicos ambientais foram intensificadas para evitar possíveis atolamentos das bombas e o bombeamento de águas subterrâneas abaixo da zona contaminada.

Ainda de acordo com a tabela 2, verificou-se um aumento significativo nas espessuras de fase livre entre novembro de 2009 e fevereiro de 2010, data que houve pausas no bombeamento devido a obra de reforma sofrida no Auto Posto.

De acordo com os resultados apresentados na tabela 3, as concentrações de BTEX do poço de monitoramento PM 01 e de seus delimitantes, PM 02 e PM 09, bem como do PM 03 e PMN 03, não apresentaram concentrações destes contaminantes acima dos limites de detecção do laboratório (L.D.). Foram verificadas concentrações de PAHs nos poços de monitoramento PM 01, PM 02, PM 03 e PMN 03, no entanto, somente o PM 01 apresentou concentração de naftaleno acima dos valores de intervenção da CETESB (2005). Os resquícios de contaminantes PAHs encontrados nos poços de PM 02, PM 03 e PMN 03 favorecem a idéia de contaminação por vazamentos e derrames de combustível diesel.

Tabela 2: Espessuras da fase livre, obtidas no ponto de monitoramento – PM 01, no período de 03/09/2008 a 26/12/2010, após a implantação da técnica de bombeamento e tratamento

Dia da visita	PRFL 01		Tempo entre golpes da bomba	Volume bombeado por período (água + óleo) (L)	Volume total bombeado (água + óleo) (L)	Volume de fase livre removido por período (óleo sem água) (L)	Volume total de fase livre removido (óleo sem água) (L)
	Nível d'água (N.A.) (m)	Espessura fase livre (cm)					
3-set-08	2,30	5,00	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19-set-08	2,23	1,00	10,0	11059,2	11059,2	2,0	2,0
3-out-08	2,00	0,00	10,0	9676,8	20736,0	0,0	2,0
13-out-08	2,55	1,00	5,0	13824,0	34560,0	0,0	2,0
27-out-08	2,61	2,00	10,0	9676,8	44236,8	5,0	7,0
7-nov-08	2,49	1,00	15,0	16128,0	36864,0	0,0	7,0
8-dez-08	2,43	2,00	10,0	38707,2	73267,2	3,0	10,0
22-jan-09	2,40	2,00	10,0	60134,4	104371,2	4,0	14,0
7-abr-09	2,60	4,00	10,0	104371,2	141235,2	9,0	23,0
28-abr-09	2,14	1,00	10,0	97459,2	170726,4	2,0	25,0
17-mai-09	2,00	1,00	10,0	79488,0	183859,2	2,0	27,0
17-jun-09	2,28	1,00	15,0	32716,8	173952,0	0,0	27,0
28-jul-09	2,10	1,00	10,0	62899,2	233625,6	5,0	32,0
26-ago-09	2,15	1,00	10,0	69811,2	253670,4	0,0	32,0
21-out-09	2,54	3,00	15,0	58060,8	232012,8	0,0	32,0
20-nov-09	2,25	18,00	15,0	52992,0	286617,6	3,0	35,0
16-dez-09	2,30	14,00	10,0	77414,4	331084,8	3,0	38,0
18-fev-10	2,40	13,00	10,0	82944,0	314956,8	1,0	39,0
11-mar-10	2,34	4,00	10,0	76723,2	363340,8	1,0	40,0
26-mai-10	2,34	filme	10,0	111283,2	442368,0	1,5	41,5
22-jul-10	2,33	0,00	10,0	106444,8	421401,6	0,0	41,5
10-set-10	2,22	0,00	10,0	126489,6	489830,4	0,0	41,5
30-set-10	2,32	0,00	10,0	87782,4	530150,4	0,0	41,5
16-nov-10	2,35	0,00	10,0	80870,4	502272,0	0,5	42,0
13-dez-10	2,37	0,00	10,0	64972,8	554803,2	0,0	42,0
26-dez-10	2,38	0,00	10,0	60134,4	590284,8	0,0	42,0

Geralmente os PAHs são persistentes no meio ambiente e possuem baixa solubilidade em água, com exceção do naftaleno, que é relativamente solúvel (32 mg L⁻¹), no entanto, bem menos móvel quando comparado ao benzeno, por exemplo. Ainda na tabela 3, verifica-se que houve uma pequena diferença entre as concentrações do conjunto de poço multinível, PM 03 e PMN 03, sendo que a concentração de naftaleno, por exemplo, se encontra inferior na região próxima ao lençol freático, fato este que pode ser atribuído ao comportamento dos PAHs que tendem a não se estabelecerem próximo ao lençol freático, como ocorre com os BTEX, e sim alcançar águas mais profundas.

De uma maneira geral, pode-se afirmar que a pluma manteve-se pontual na área do PM 01 e com concentrações abaixo das concentrações máximas aceitáveis (CMA) pela CETESB (2009), para a área do Auto Posto.

A água que foi bombeada do PM 01, que passou por tratamento pela caixa SAO, pelo carvão ativado e posteriormente foi injetada no PI, não apresentou concentrações de contaminantes BTEX e, portanto, foi devolvida ao aquífero livre de poluentes.

Com base nestes resultados, pôde-se observar que a contaminação foi remediada nesse ponto do Aquífero Litorâneo, tendo em vista que não foi mais identificada pluma de fase livre e a pluma de fase dissolvida apresentou baixas concentrações de poluentes e estes foram pontuais, pois foi verificada apenas concentrações de Naftaleno acima dos valores de intervenção da CETESB (2005) no PM 01.

Apesar de sua baixa produtividade, o aquífero litorâneo contribui com o abastecimento de cidades como Ubatuba e Caraguatatuba, entre outras, sendo importante garantir a qualidade dessa água subterrânea. A vulnerabilidade do Aquífero Litorâneo é alta devido à porosidade granular e por ser um aquífero livre. No entanto, o sistema de remediação se mostrou eficiente para a remediação desse tipo de aquífero, bem como não permitiu que a contaminação atingisse áreas à jusante, assegurando áreas próximas a contaminação.

Tabela 3: Concentrações de BTEX em água subterrânea e valores de referência da CETESB/2005
(Construfer, 2011)

Parâmetros		Pontos amostrados					Limite de detecção do laboratório (LD)	Valores de intervenção CETESB (2005)	
		PM 01	PM 02	PM 03	PMN 03	PM 09			CAIXA SAO
		dez/10	dez/10	dez/10	dez/10	dez/10			dez/10
BTEX µg/L	Benzeno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,7997	5
	Tolueno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,4025	700
	m,p-xileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,8954	-
	o-xileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,5193	-
	Xileno	-	-	-	-	-	-	1,415	500
	Etilbenzeno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,3605	300
	BTEX total	-	-	-	-	-	-	-	-
PAH µg/L	Naftaleno	148,98	6,824	24,326	92,988	<LD	-	0,155	140
	Acenaftileno	539,91	27,552	2,17	<LD	<LD	-	0,108	-
	Acenafteno	23,613	27,552	0,352	1,666	<LD	-	0,239	-
	Fluoreno	60,972	11,557	1,606	<LD	<LD	-	0,146	-
	Fenantreno	108,72	2,772	<LD	<LD	<LD	-	0,238	140
	Antraceno	10,735	7,249	<LD	<LD	<LD	-	0,253	-
	Fluoranteno	37,884	6,208	<LD	<LD	<LD	-	0,27	-
	Pireno	54,747	3,61	<LD	<LD	<LD	-	0,229	-
	Benzo (a) Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	-	0,154	1,75
	Criseno	5,419	<LD	<LD	<LD	<LD	-	0,159	-
	Benzo (b) Fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	-	0,216	-
	Benzo (k) Fluoranteno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	-	0,267	-
	Benzo (a) Pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	-	0,111	0,7
	Indeno (1,2,3) Pireno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	-	0,103	0,17
	Dibenzo (a,h) Antraceno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	-	0,081	0,18
	Benzo (g,h,i) Pirileno	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	-	0,306	-
PAH Total	990,94	93,323	28,454	94,654	-	-	-	-	

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil a preocupação com o potencial poluente de postos de combustíveis e a concentração de esforços na delimitação de plumas de contaminantes e remediação de aquíferos contaminados é evidente, visto que o consumo de água subterrânea tem aumentado nessas últimas décadas. No caso do Auto Posto Baia do Sol Ltda., a técnica de bombeamento e tratamento implantada com o objetivo de extrair e tratar poluentes de vazamentos e derrames de combustíveis, mostrou-se eficiente, considerando que os poluentes em fase livre foram totalmente retirados e as concentrações de poluentes em fase dissolvida foram atenuadas. É preciso salientar ainda que, o sistema de bombeamento da pluma de contaminantes atuou como uma barreira hidráulica, impedindo que esta atingisse os pontos à jusante, protegendo o corpo d'água presente.

O longo período para a realização das operações de bombeamento e tratamento da água subterrânea na área do Auto Posto Baia do Sol Ltda. pode ser atribuído à presença de material rochoso bem próximo à superfície que diminuem a permeabilidade do solo que é predominantemente arenoso, reduzindo a eficiência das operações de bombeamento e prolongando

o tempo requerido para a recuperação da fase livre. Além disso, devido à proximidade ao oceano, houve grande influência das atividades das marés, aumentando a necessidade de manutenções freqüentes ao sistema para manter o nível da bomba próximo ao do nível freático.

A água subterrânea contaminada após passar pela caixa SAO e pelo carvão ativado não apresentou concentrações de poluentes em fase livre e em fase dissolvida. Desta forma, a água reinjetada à montante ao ponto remediado não apresentou concentrações de contaminantes, sendo devolvida ao meio ambiente com padrões de potabilidade aceitáveis.

A técnica de bombeamento e tratamento mostrou-se de fácil implantação, manutenção e não apresentou maiores riscos para a continuidade segura das atividades de armazenamento e revenda nos postos de combustíveis.

A eficiência do bombeamento e tratamento no Aquífero Litorâneo contaminado por derivados de petróleo, classificados como NAPL, ficou evidenciada com a recuperação do produto em fase livre e a atenuação da contaminação em fase dissolvida.

RECOMENDAÇÕES

- É necessário fazer análise contínua não só de BTEX, mas também de PAH na água que é bombeada e passa pelo tratamento antes de ser reinjetada, para que sempre se tenha controle da qualidade da água que está sendo devolvida ao Meio Ambiente, principalmente em estabelecimentos que armazenam e revendem produtos diesel;

- É imprescindível fazer a limpeza da caixa SAO e dar destino adequado aos resíduos gerados;

- As manutenções do sistema por técnicos ambientais devem ser realizadas semanalmente para ajuste da altura da bomba ao nível do freático, para que o bombeamento tenha atuação direta junto à franja capilar, profundidade na qual, os contaminantes oriundos do petróleo estabilizam, tendo, portanto, um maior rendimento das operações de bombeamento e tratamento.

AGRADECIMENTOS

Aos responsáveis pelo Auto Posto Baia do Sol Ltda., Sr. Tadeu Pecoella, responsável legal e ao Sr. Marco Antônio Nobre de Aquino Almeida, responsável técnico, que gentilmente forneceram os dados para a elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP (2009). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Brasília.

CETESB (2005). *Valores orientadores para solo e águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. Decisão de Diretoria nº 195-2005 - E, de 23 de novembro de 2005. 4 p.

CETESB (2007). *Procedimentos para Gerenciamento de Áreas Contaminadas*. Decisão de Diretoria nº 103/2007/C/E de 22 de junho de 2007. 40 p.

CETESB (2009). *Roteiro para execução de investigação detalhada e elaboração de plano de intervenção em Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis*. Decisão de Diretoria nº 263/2009/P de 20 de outubro de 2009. 55 p.

CETESB (2010). *Texto explicativo: relação de áreas contaminadas e reabilitadas no Estado de São Paulo*. 14 p.

CONAMA (2000). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 273. 4 p.

CONSTRUFER ENGENHARIA (2011). “*Estudo Complementar a Investigação Detalhada do Auto Posto Baia do Sol Ltda*”. – Guaratinguetá/SP. 40 p.

GIAMPÁ, C.E.Q. (2010). “*Demanda por água na América Latina cresceu 76% em 15 anos*”. Revista Água e o Meio Ambiente Subterrâneo. ABAS – Revista Técnica Águas Subterrâneas – Ano 3 nº 18. pp 10-11.

IBGE (2010). *Censo Demográfico Brasil 2010: São Sebastião/SP*. [acesso em 19 de março de 2011]. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

IRITANI, M. A. e EZAKI, S. (2009) “*As águas subterrâneas do Estado de São Paulo*”. Secretária do Estado do Meio Ambiente – SMA. São Paulo, 104p.

TEIXEIRA, R. M. (2008) “*Postos de combustíveis - contaminação de aquíferos e solos por vazamento em tanques subterrâneos*”. Saneamento Ambiental. [acesso em 05 Junho 2009]. Disponível em < http://sanambiental.blogspot.com/2008_10_01_archive.html>.

TROVÃO, R.S. (2006) Análise ambiental de solos e águas subterrâneas contaminadas com gasolina: estudo de caso no município de Guarulhos, São Paulo. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mineral). USP, São Paulo, 224p.

USEPA (1995). *Light nonaqueousphase liquids*. United States Environmental Protection Agency. EPA, Washington, 28p.

USEPA (1996). *Low-flow (minimal drawdown) groundwater sampling procedures*. United States Environmental Protection Agency. EPA, Washington, 12p.