



## VI-133 – AVALIAÇÃO PRÉVIA DO POTENCIAL DE BIORREMEDIAÇÃO DE HIDROCARBONETOS DERIVADOS DE PETRÓLEO UTILIZANDO-SE ACELERADOR DE REMEDIAÇÃO

**Silvia Cremonez Nascimento<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Estadual Paulista. Mestre e Doutora em Recursos Minerais e Hidrogeologia pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGC/USP). Bióloga da Servmar Serviços Técnicos Ambientais – São Paulo.

**Maria Anísia de Castro<sup>(2)</sup>**

Geóloga pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Recursos Minerais e Hidrogeologia pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGC/USP). Gerente da Servmar Serviços Técnicos Ambientais – São Paulo.

**Ricardo Alexandre Martini<sup>(3)</sup>**

Químico pela Universidade Estadual Paulista. Mestre Química pelo Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista (IQ/UNESP). Chefe de Projetos da Servmar Serviços Técnicos Ambientais – São Paulo.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Fagundes Filho, 252/16º andar – Vila Monte Alegre – São Paulo -SP - CEP: 04304-000 - Brasil - Tel: (11) 50706854 - e-mail: [silvia.nascimento@servmarunipetro.com.br](mailto:silvia.nascimento@servmarunipetro.com.br)

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Av. Fagundes Filho, 252/16º andar – Vila Monte Alegre – São Paulo -SP - CEP: 04304-000 - Brasil - Tel: (11) 50706844 - e-mail: [anisia.castro@servmarunipetro.com.br](mailto:anisia.castro@servmarunipetro.com.br)

### RESUMO

O processo de biodegradação é uma reação bioquímica que é mediada por microrganismos. Em geral, um composto orgânico é oxidado (perde elétrons) por um aceptor de elétrons, que é reduzido (ganha elétrons). O oxigênio comumente atua como aceptor de elétrons quando presente e a oxidação de compostos orgânicos com redução do oxigênio molecular são chamados respiração aeróbia heterotrófica. No entanto, quando o oxigênio não está presente, microrganismos podem usar compostos orgânicos ou ânions inorgânicos como aceptores de elétrons alternativos, condições estas chamadas de anaeróbias.

Na presença de substrato orgânico e oxigênio dissolvido, a capacidade de metabolismo aeróbio dos microrganismos predominará sobre as formas anaeróbias, acelerando a atenuação natural da gasolina, diesel, querosene, combustível de aviação, óleos, lubrificantes, PAHs, alguns metais, pesticidas/herbicidas e solventes industriais.

Este trabalho objetiva avaliar o potencial de oxidação de hidrocarbonetos derivados de petróleo por microrganismos autóctones através da aplicação de um acelerador de remediação. Este se constitui de uma fonte de oxigênio que estimula a biorremediação aeróbia *in situ*, pela liberação gradativa de oxigênio por um período de aproximadamente um ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** biorremediação, hidrocarbonetos, oxigênio dissolvido.

### INTRODUÇÃO

A biorremediação é baseada em processos nos quais ocorrem reações bioquímicas mediadas por microorganismo; é essencialmente uma reação de óxido-redução onde um composto orgânico, quando é oxidado, perde elétrons para um aceptor final de elétrons, que é reduzido (Cordazzo, 2000).

Sob condição aeróbia, o aceptor de elétron que age é o oxigênio e a degradação é chamada de respiração. Em meios anaeróbios, os microrganismos utilizam outros aceptores de elétrons podendo ter degradação por desnitrificação (aceptor  $\text{NO}_3^-$ ), redução do  $\text{Fe}^{3+}$ , redução do sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), metanogênese entre outros (Silva, 2002).

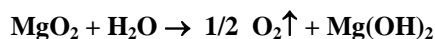
Os hidrocarbonetos encontram-se em forma reduzida e sua oxidação é termodinamicamente viável. Em geral, a cinética de oxidação de hidrocarbonetos é muito rápida para aceptores com grande poder de oxidação como no caso o oxigênio. Tem-se o seguinte potencial de redução decrescente dos aceptores de elétrons:  $\text{O}_2 > \text{NO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{CO}_2$  (Corseuil e Alvarez, 1996).

O oxigênio é um co-substrato para a enzima que pode inicializar o metabolismo com o hidrocarboneto e utilizá-lo como aceptor final de elétrons na geração de energia (Yong, 1984).

A biodegradação aeróbia é uma reação microbiana instantânea limitada pela quantidade de oxigênio disponível; assume-se que a reação microbiana ocorre à razão muito mais rápida do que o tempo requerido para que o aquífero complete a quantidade de oxigênio dentro da pluma.

O acelerador de remediação atua como fonte de geração de oxigênio de longa duração e, desta forma, os microrganismos aeróbios aumentam sua atividade, acelerando a atenuação natural da gasolina, diesel, querosene, combustível de aviação, óleos, lubrificantes, PAHs, alguns metais, pesticidas/herbicidas e solventes industriais.

Ao atingir a água subterrânea o acelerador é lentamente decomposto liberando oxigênio pelo período de 12 meses após a aplicação. Após a hidratação do acelerador de remediação há grande liberação inicial do oxigênio (aproximadamente 10%), após as duas primeiras semanas da aplicação segue-se a uma taxa de aproximadamente 0,3% de liberação do oxigênio por dia; essa liberação é feita de forma gradual eliminando-se a necessidade de captura e tratamento de vapores orgânicos (Figura 1). A reação química está representada abaixo:



Além do oxigênio, o produto final da hidratação é um composto sólido branco, hidróxido de magnésio –  $\text{Mg(OH)}_2$  que não causa danos ao meio ambiente.

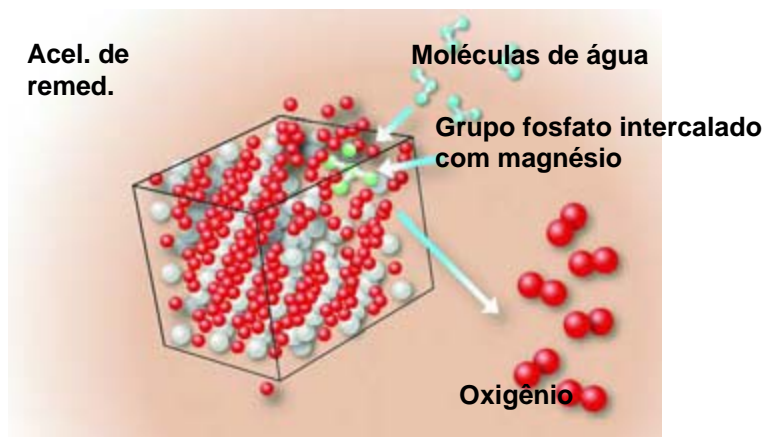


Figura 1: Desenho esquemático de um cristal do acelerador de remediação

Fonte: Modificado de REGENESIS, 2008

## MATERIAIS E MÉTODOS

A seleção de áreas para aplicação do acelerador de remediação tomou como premissa a determinação de concentrações de benzeno acima dos valores orientadores para águas subterrâneas preconizados pela CETESB, 2005. As aplicações objetivaram a formação de biobarreiras perpendiculares ao sentido de fluxo, o que facilita os processos de difusão e advecção. Foram efetuadas 16 aplicações em uma diluição em água na proporção de 3:4 e a injeção realizada em 3 profundidades distintas (abaixo do nível d'água, próximo à franja capilar e 1 metro abaixo do solo superficial) através de hastes ocas com auxílio de bomba a uma pressão de 50 PSI, que ao atingir a água subterrânea o produto se dispersa através de mecanismos de difusão e advecção (Foto 1).



**Foto 1: Aplicação do acelerador de remediação pelo método de injeção com pressão (*direct-push*)**

Fonte: Trabalho de campo Servmar, 2008

Após a aplicação realizou-se monitoramentos semanais dos parâmetros físico-químicos; a escolha destes parâmetros está relacionada à sua correlação quanto à presença de contaminantes dissolvidos na água subterrânea bem como o acompanhamento da eficácia do produto aplicado na área e após 04 meses foi realizado o monitoramento analítico para acompanhamento das concentrações dos compostos BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos) e PAH (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) após a aplicação do produto.

## RESULTADOS

Foram monitorados, diretamente na água subterrânea, os seguintes parâmetros:

- OD (oxigênio dissolvido): proveniente da atmosfera se dissolve nas águas naturais devido à diferença de pressão parcial. É regido pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura. Geralmente se reduz ou desaparece quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis. Os resíduos orgânicos despejados nos corpos d'água são decompostos por microrganismos que utilizam o oxigênio na respiração. Assim, quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microrganismos decompositor e conseqüentemente, maior o consumo de oxigênio. A maioria das águas subterrâneas tem concentrações entre 0,5 e 1,5mg/l;
- pH (potencial hidrogeniônico): é essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água. A maioria das águas subterrâneas apresenta pH entre 5,5 e 8,5. O pH ótimo para o crescimento bacteriano é aproximadamente 7, no entanto pode ser efetivo também entre 5,0 >pH>9,0;
- CE (condutividade elétrica): facilidade da água em conduzir corrente elétrica, estando diretamente ligada com o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons. A condutividade aumenta com a elevação da temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas (pH >9 ou pH < 5), os valores de condutividade deve-se às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais freqüentes são o  $H^+$  e o  $OH^-$ ;
- T (temperatura): a amplitude térmica anual das águas subterrâneas em geral é de 1 a 20 °C, independe da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos freáticos pouco profundos. Influencia processos biológicos, reações químicas e bioquímicas que são inversamente proporcional à solubilidade dos gases e diretamente proporcional à solubilidade dos sais minerais. A faixa de 25°C a 30°C é temperatura ótima para ação bacteriana.
- Eh (potencial redox): a biodegradação de hidrocarbonetos é essencialmente uma reação de oxirredução onde o hidrocarboneto é oxidado e um aceptor de elétrons é reduzido. Há vários compostos que podem agir como aceptores de elétrons e, em geral, a cinética de oxidação dos hidrocarbonetos é mais rápida para aceptores de elétrons com potenciais de oxidação mais altos como o oxigênio. O declínio do potencial redox de valores positivos para negativos reflete a mudança de condições oxidantes (favoráveis aos microrganismos aeróbios) para condições redutoras (favoráveis aos microrganismos anaeróbios) e vice-versa.



As Tabelas 1.a. a 1.d. apresentam o resultado do monitoramento dos parâmetros físico-químicos das amostras de água subterrânea coletada nos poços de monitoramento.

Tabela 1.a. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos														
Poços	jul/08				22/ago/08					29/ago/08				
	OD (mg/L)	pH	CE (mS/cm)	T (°C)	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (mS/cm)	T (°C)	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (mS/cm)	T (°C)
PM-01	2,87	6,14	1046	25,4	1,20	50	6,54	858	25,8	0,98	-19,0	6,4	627	25,8
PM-05	2,76	5,86	251	25,8	13,16	32,0	10,42	2770	26,3	12,43	15	10,0	3910	25,8
PM-06	2,47	6,39	515	24,6	1,06	-76	7,45	462	24,5	1,38	-62	6,4	461	24,6
PM-25	3,8	5,85	396	25,0	2,88	-3	10,10	727	24,8	5,79	-17	10,3	806	25,1
PM-26	2,46	6,18	248	22,3	0,84	-105	5,93	299	22,9	0,64	-119	6,0	311	23,8

Fonte: Trabalhos de campo Servmar, 2008

Tabela 1.b. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos																				
Poços	05/09/2008					12/09/2008					23/09/2008					26/09/2008				
	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)
PM-01	1,96	-13	7,38	340	25,5	3,03	-4	6,51	457	22,3	1,89	30	6,2	441	24,9	1,68	48	6,4	139	24,6
PM-25	5,75	-51	9,7	856	25,3	2,15	-12	9,68	837	23,3	6,83	-21	9,6	875	24,4	4,26	-8	9,7	857	24,2
PM-26	1,2	-78	5,89	309	22,7	1,94	-123	6,01	429	21,3	1,28	-77	6,0	346	22,3	0,86	-45	6,8	334	22,9
PB-01	0,99	-153	6,64	496	25,1	1,63	-166	6,28	514	24,1	2,33	-188	6,3	505	24,5	1,18	-118	6,3	516	24,2

Fonte: Trabalhos de campo Servmar, 2008

Tabela 1.c. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos																									
Poços	03/10/2008					10/10/2008					17/10/2008					24/10/2008					31/10/2008				
	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)
PM-01	2,48	33	6,32	417	26,9	1,30	-89	6,05	402	26,3	3,02	63	6,98	405	23,5	1,84	32	6,42	403	25,7	2,04	18	6,30	401	24,7
PM-05	12,67	38	9,36	310	27,9	2,23	12	7,56	1740	26,3	7,43	83,0	8,86	2490	23,0	2,47	-165	6,95	524	25,9	3,10	-24	8,61	2350	25,4
PM-06	1,07	39	6,43	452	28,3	2,02	-4	6,43	468	24,7	1,54	-75	6,64	491	22,8	1,53	-72	6,43	532	25,3	1,49	-8	6,49	542	23,9
PM-11	1,97	-116	6,51	282	27,8	1,60	-105	5,93	265	26,8	1,33	-123	5,98	257	23,9	1,06	-30	6,19	256	26,4	1,22	-123	5,89	254	25,3
PM-25	7,95	72	9,9	772	26,8	4,75	82	9,78	518	26,1	12,83	156	9,48	598	23,6	6,19	196	6,46	346	25,4	7,48	4	6,50	355	24,0
PM-26	2,36	-69	6,22	449	24,6	1,08	-41	6,66	6,99	23,7	2,03	-14	6,21	328	22,7	1,63	-13	6,21	461	24,4	1,84	-25	6,16	299	22,8
PB-01	1,19	-123	6,28	505	26,2	2,26	-178	6,32	512	25,4	0,74	-123	6,41	536	22,9	3,67	-20	6,46	554	26,5	2,81	-187	6,48	565	22,0

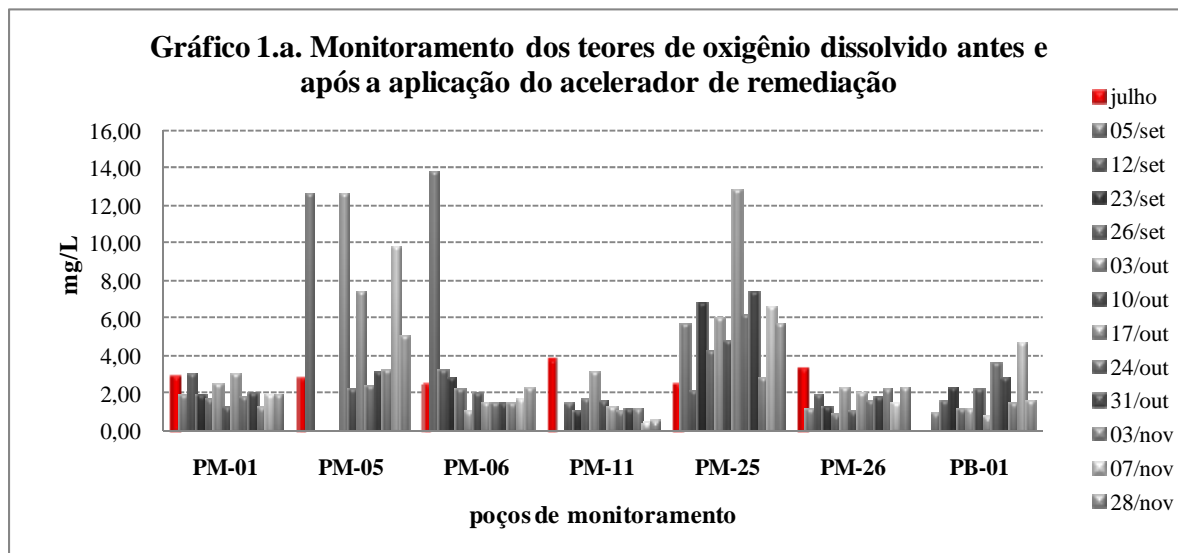
Fonte: Trabalhos de campo Servmar, 2008

Tabela 1.d. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos															
Poços	03/11/2008					07/11/2008					28/11/2008				
	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)	OD (mg/L)	Eh (mV)	pH	CE (µS/cm)	T (°C)
PM-01	1,27	37	6,40	369	29,6	1,94	24	6,26	388	26,7	1,92	71	6,41	390	26,8
PM-05	3,23	116	8,87	222	28,8	9,76	57	8,95	2550	27,8	5,07	-48	6,82	1097	26,9
PM-06	1,51	-64	6,90	531	26,4	1,71	-93	6,50	560	26,7	2,29	88	6,36	631	24,9
PM-11	1,20	229	6,17	241	27,9	0,46	-116	6,76	352	27,5	0,54	-104	6,75	349	24,9
PM-25	2,86	90	6,49	340	29,0	6,65	-61	6,67	389	24,6	5,69	209	6,52	358	24,8
PM-26	2,20	-149	6,29	307	24,5	1,46	-70	5,92	268	25,2	2,31	-77	6,01	265	24,9
PB-01	1,48	-243	6,55	528	26,0	4,66	-31	6,71	569	27,0	1,62	-123	6,51	571	24,5

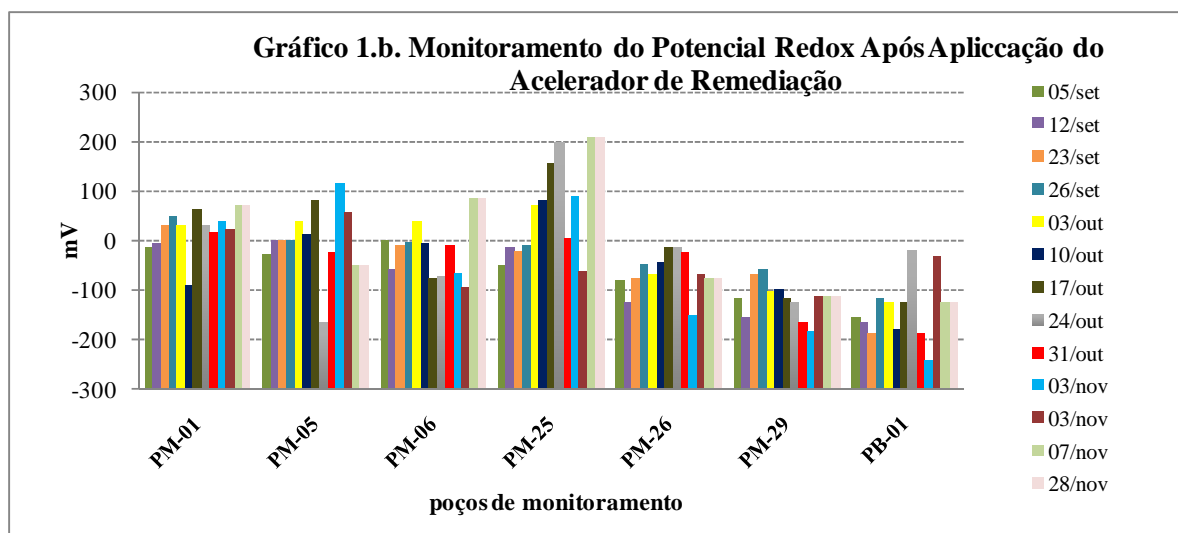
Fonte: Trabalhos de campo Servmar, 2008



Em relação ao monitoramento de julho de 2008, antes da aplicação da técnica, observa-se aumento dos teores de oxigênio dissolvido (Gráfico 1.a.). Os valores Eh indicam que, apesar da área ainda apresentar características redutoras, seus teores apresentam-se em elevação ao longo do período (Gráfico 1.b.). O aumento nos valores de pH e condutividade elétrica está relacionado à liberação do hidróxido de magnésio presente no produto.



Fonte: Trabalhos de Campo Servmar, 2008



Fonte: Trabalhos de Campo Servmar, 2008

Os valores de oxigênio dissolvido monitorados na área indicam um ambiente favorável a degradação dos hidrocarbonetos dissolvidos na água subterrânea; para confirmação da atuação do acelerador de biorremediação, a água subterrânea foi coletada e analisada para os parâmetros PAH (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) e BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos).

As Tabelas 2.a e 2.b. apresentam os resultados dos monitoramentos analíticos antes e após a aplicação do acelerador de remediação. As concentrações dos compostos de interesse, neste trabalho, foram comparadas aos valores de SSTLs (*Site Specific Target Levels*, calculados utilizando-se o software *RBCA Toll Kit for Chemical Releases*, versão 2 da Groundwater Services) calculados para a área (Servmar, MA/7920/08/AMM).



Tabela 2.a. Resultados Analíticos da Água Subterrânea (µg/L)													
Parâmetros Analisados		Limite de detecção (LD)	Ponto Amostrado							SSTL (Site Strategic Target Levels - Concentrações Aceitáveis para a Área)			
										Receptores Comerciais			
			PM-01	PM-05	PM-06	PM-11	PM-25	PM-26	PB-01	inalação amb. fechado	inalação amb. aberto		
										on-site	on-site	off-site (30m)	off-site (60m)
PAH	Naftaleno	0,008	133,336	n ã o  m o n i t v o i r s a u d a o i s  d e d e i d h o i d r e t c e a c r b ã o n e d t e o s  i n d í c i o s	50,236	441,785	ND	76,334	79,157	*31000,00	*31000,00	*31000,00	*31000,00
	Acenafileno	0,008	0,021		0,115	0,094	ND	0,036	0,047	NC	NC	NC	NC
	Acenafteno	0,008	0,073		0,363	0,851	ND	0,192	0,137	NC	NC	NC	NC
	Fluoreno	0,008	0,190		0,508	1,371	ND	0,346	0,294	NC	NC	NC	NC
	Fenantreno	0,008	0,157		0,904	0,679	ND	0,065	0,526	NC	NC	NC	NC
	Antraceno	0,008	0,025		0,131	0,080	ND	0,026	0,190	NC	NC	NC	NC
	Fluoranteno	0,008	ND		0,010	0,016	ND	0,012	ND	NC	NC	NC	NC
	Pireno	0,008	ND		ND	0,024	ND	ND	0,026	NC	NC	NC	NC
	Benzo (a) antraceno	0,008	ND		ND	ND	ND	ND	0,022	*5,70	*5,70	*5,70	*5,70
	Criseno	0,008	ND		ND	0,020	ND	ND	0,010	*1,60	*1,60	*1,60	*1,60
	Benzo (b) fluoranteno	0,008	ND		ND	ND	ND	ND	ND	*15,00	*15,00	*15,00	*15,00
	Benzo (k) fluoranteno	0,008	ND		ND	ND	ND	ND	ND	*4,30	*4,30	*4,30	*4,30
	Benzo (a) pireno	0,008	ND		ND	ND	ND	ND	ND	*1,60	*1,60	*1,60	*1,60
	Indeno (1,2,3-c,d) pireno	0,008	ND		ND	ND	ND	ND	ND	*62,00	*62,00	*62,00	*62,00
	Dibenzo (a, h) antraceno	0,008	ND		ND	ND	ND	ND	ND	*0,50	*0,50	*0,50	*0,50
	Benzo (g, h, i) perileno	0,008	ND		ND	ND	ND	ND	ND	NC	NC	NC	NC
	TOTAL		-		133,802	52,267	444,920	ND	77,011	80,409			
BTEX	Benzeno	0,1	63,9		267,2	725,7	ND	14,6	295,3	240,00	19000,00	19000,00	19000,00
	Tolueno	0,1	447,6		ND	1963,1	ND	93,2	4195,2	*530000,00	*530000,00	*530000,00	*530000,00
	Etilbenzeno	0,1	123,1		14,1	298,0	ND	38,3	269,5	120000,00	*170000,00	*170000,00	*170000,00
	m, p-Xilenos*	0,1	2002,6		3,5	1849,7	ND	381,9	1479,4	13000,00	*160000,00	*160000,00	*160000,00
	o-Xileno	0,1	1000,7		ND	1107,3	ND	248,3	1164,2				
	TOTAL		-		3637,9	284,8	5943,8	ND	776,3	7403,6			

Obs.: SSTL calculada através do software RBCA Tool Kit for Chemical Releases, versão 1.3b da GrouN.D. water Services, Inc.

N.D. = inferior ao limite de detecção do laboratório

NC= não calculado.

\* = concentrações muito maiores que a solubilidade do composto.

Fonte: *Analytical Solutions*, 2008





Tabela 2.b. Monitoramento Analítico da Água Subterrânea (µg/L)													
Parâmetros Analisados		Limite de detecção (LD)	Ponto Amostrado							SSTL (Site Strategic Target Levels - Concentrações Aceitáveis para a Área)			
										Receptores Comerciais			
			PM-01	PM-05	PM-06	PM-11	PM-25	PM-26	PB-01	inalação amb. fechado	inalação amb. aberto		
										on-site	on-site	off-site (30m)	off-site (60m)
PAH	Naftaleno	0,008	ND	0,021	0,145	113,715	ND	21,522	134,590	*31000,00	*31000,00	*31000,00	*31000,00
	Acenafileno	0,008	ND	ND	0,192	0,113	ND	0,026	0,054	NC	NC	NC	NC
	Acenafeno	0,008	ND	0,019	0,018	0,256	ND	0,175	0,240	NC	NC	NC	NC
	Fluoreno	0,008	ND	0,821	0,160	0,454	ND	0,178	0,598	NC	NC	NC	NC
	Fenantreno	0,008	ND	ND	0,014	0,551	ND	0,026	0,631	NC	NC	NC	NC
	Antraceno	0,008	ND	ND	ND	0,076	ND	0,018	0,027	NC	NC	NC	NC
	Fluoranteno	0,008	ND	0,024	0,018	0,038	ND	0,028	ND	NC	NC	NC	NC
	Pireno	0,008	ND	0,010	ND	0,021	ND	ND	0,022	NC	NC	NC	NC
	Benzo (a) antraceno	0,008	ND	ND	ND	0,010	ND	ND	ND	*5,70	*5,70	*5,70	*5,70
	Criseno	0,008	ND	ND	ND	0,015	ND	ND	ND	*1,60	*1,60	*1,60	*1,60
	Benzo (b) fluoranteno	0,008	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	*15,00	*15,00	*15,00	*15,00
	Benzo (k) fluoranteno	0,008	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	*4,30	*4,30	*4,30	*4,30
	Benzo (a) pireno	0,008	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	*1,60	*1,60	*1,60	*1,60
	Indeno (1,2,3-c,d) pireno	0,008	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	*62,00	*62,00	*62,00	*62,00
	Dibenzo (a, h) antraceno	0,008	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	*0,50	*0,50	*0,50	*0,50
	Benzo (g, h, i) perileno	0,008	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NC	NC	NC	NC
	TOTAL		-	ND	0,895	0,547	115,249	ND	21,973	136,162	-		
BTEX	Benzeno	0,1	3,6	ND	18,4	100,7	ND	27,1	135,9	240,00	19000,00	19000,00	19000,00
	Tolueno	0,1	ND	ND	ND	656,9	ND	195,6	613,2	*530000,00	*530000,00	*530000,00	*530000,00
	Etilbenzeno	0,1	ND	ND	ND	65,8	ND	71,8	134,0	120000,00	*170000,00	*170000,00	*170000,00
	m, p-Xilenos*	0,1	8,9	ND	ND	524,7	ND	1051,0	833,4	13000,00	*160000,00	*160000,00	*160000,00
	o-Xileno	0,1	11,7	ND	ND	314,2	ND	559,7	991,8				
	TOTAL		-	24,2	ND	18,4	1662,3	ND	1905,2	2708,3			

Obs.: SSTL calculada através do software RBCA Tool Kit for Chemical Releases, versão 1.3b da GrouN.D.water Services, Inc.

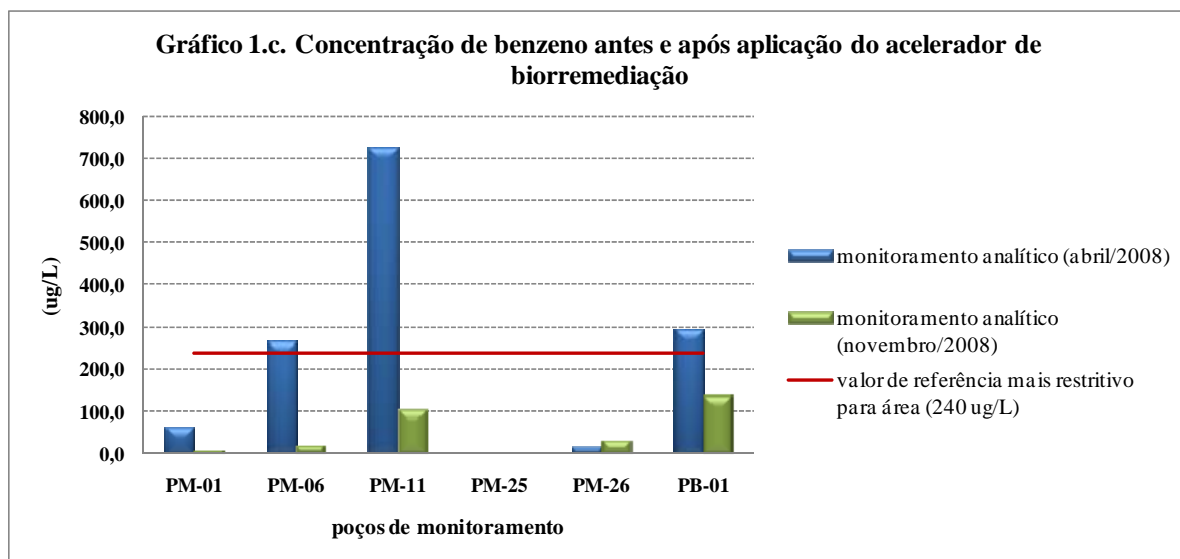
N.D. = inferior ao limite de detecção do laboratório

NC= não calculado.

\* = concentrações muito maiores que a solubilidade do composto.

Fonte: *Analytical Solutions*, 2008

O monitoramento analítico indicou redução das concentrações dos compostos BTEX e PAH, em relação ao monitoramento efetuado antes da aplicação do produto indicando o eficiente processo de degradação dos hidrocarbonetos remanescentes na área; os parâmetros monitorados não apresentaram concentrações acima dos valores de SSTLs calculados para a inalação de vapores provenientes da água subterrânea em ambientes aberto e fechado para receptores comerciais. Para melhor visualização da atuação da técnica de remediação aplicada na área as concentrações do composto benzeno foram plotadas no Gráfico 1.c. utilizando como valor de referência a concentração mais restritiva calculada para o cenário da área para inalação de vapores provenientes da água subterrânea em ambiente fechado para receptores comerciais que corresponde ao valor de 240,0 µg/L de benzeno (Servmar, MA/ 7920/08/AMM).



## CONCLUSÕES

Após a aplicação do produto foram realizados monitoramentos dos parâmetros físico-químicos e analíticos cujos valores indicaram a eficiência da técnica aplicada que permitiu a degradação de hidrocarbonetos derivados de petróleo remanescente na área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CORDAZZO, J. Modelagem e simulação numérica do derramamento de gasolina acrescida de álcool em águas subterrâneas. Dissertação (mestrado)- Departamento de Engenharia Mecânica, UFSC- Florianópolis, SC. (2000).
2. CORSEIL, H.X.; ALVAREZ, P.J.J. Natural bioremediation perspective for BTEX- contaminated groundwater in Brazil: effect of ethanol. *Wat. Sci.Tech.*, vol.34, p. 311-318. (1996).
3. SILVA, R.L.B. Contaminação de poços rasos no bairro Brisamar, Itaguaí, RJ, por derramamento de gasolina: concentração de BTEX e avaliação da qualidade da água consumida pela população. Tese de Doutorado da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. (2002).
4. SERVMAR, MA/7920/08/AMM. Relatório de Investigação e Avaliação de Risco – RBCA Tier 2.
5. YONG, L.Y. Anaerobic degradation of aromatic compounds. Em: *Microbial degradation of aromatic compounds*. GIBSON, D.T. (ed.) Marcel-Dekker-Inc. New York, pp.487-523. (1984).