

NATÁLIA ZANETTI

**SIMULAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DE
SEDIMENTOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR
GASOLINA E ÁLCOOL: UM ESTUDO DE
MONITORAMENTO DE VARIAÇÕES DAS
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

*Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como
parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de
Formatura no ano letivo de 2009.*

Orientador: Antonio Celso de Oliveira Braga

Rio Claro (SP)

2009

NATÁLIA ZANETTI

**SIMULAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DE
SEDIMENTOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR
GASOLINA E ÁLCOOL: UM ESTUDO DE
MONITORAMENTO DE VARIAÇÕES DAS
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS**

*Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas – Unesp, Campus de Rio Claro (SP), como
parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de
Formatura no ano letivo de 2009.*

Orientador: Antonio Celso de Oliveira Braga

Rio Claro (SP)

2009

551.49 Zanetti, Natália
Z28s Simulação de contaminação de sedimentos e águas subterrâneas por
 gasolina e álcool : um estudo de monitoramento de variações das
 propriedades físico-químicas / Natália Zanetti. - Rio Claro : [s.n.], 2009
 58 f. : il., figs., gráfs.

 Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) -
 Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
 Orientador: Antonio Celso de Oliveira Braga

 1. Águas subterrâneas. 2. Águas subterrâneas - Contaminação. 3.
 Gasolina. 4. Álcool. 5. Condutividade elétrica. 6. Potencial de oxiredução.
 I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

*À Maria Albertina Miranda Zanetti,
Luiz Roberto Zanetti e Rafael Zanetti.*

“Nature,
to be commanded,
must be obeyed”

Francis Bacon

AGRADECIMENTOS

A Deus que diz “Mesmo que as montanhas oscilassem e as colinas se abalassem, jamais meu amor te abandonará e jamais meu pacto de paz vacilará...” e sempre está comigo, me dando momentos incrivelmente felizes.

À minha mãe, meu exemplo de fé, perseverança e de mulher.

Ao meu pai, que com o olhar orgulhoso me faz ter forças de acreditar nos passos que eu posso dar além, e ao meu irmão Rafael, que algumas vezes me ajudou a enxergar a simplicidade das soluções que pareciam tão complexas.

A Mário Zanetti, Nôno, sabedoria e tesouro da minha família; e a Romeu e Neusa, meus avós tão queridos.

Ao meu amigo Carlos Roberto Alves Fonseca Filho, meu oráculo do ArcGIS e companheiro de muitas horas.

A todos os meus amigos da Engenharia Ambiental, Geologia, Ecologia, Biologia, Geografia que desde o início em 2005 me despertaram tantos sentimentos bons, animação, criatividade, companheirismo e muitas risadas. Especialmente à Natália, nossa Samambuca, que companheira de Kit e irmã me ajudou em tantos momentos difíceis além de compartilhar os fáceis e felizes e até as infinitas “análises” junto com o Salsixa, grande colaborador e amigo.

Aos especiais Tsissinguabes, Robinho, República Delícias, Coró, Livia, Malu, Matuco, Isaac, Malas e à Terceira turma da Engenharia Ambiental, onde conheci amigos que quero pra toda a vida. Além dos queridos Enroscos, amigos veteranos “que moram aqui ó”.

Ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Braga, pela dedicação, amizade e ensinamentos, muito obrigada.

Ao Programa de Formação de Recursos Humanos PRH-05 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, pelo apoio financeiro e cursos oferecidos.

Ao Geólogo Dr. César Moreira, pelas idéias e ajuda que fizeram a diferença no resultado final do trabalho, pela disponibilidade e ajuda desde a elaboração dos tanques até o empréstimo dos aparelhos. Ao técnico do laboratório de Geofísica, Paco, pelo apoio, conversas e auxílio durante as análises.

À Profa. Dra. Dejanira de Franceschi de Angelis, pela colaboração nas análises microbiológicas, e total disposição, e a Rafael de Jesus Sanches pelas ajudas laboratoriais no Departamento de Bioquímica e Microbiologia Aplicada.

A Otávio Galembeck e aos amigos do DAEE pelo apoio na fase final deste trabalho.

Aos professores Marcus Avezum e Rodrigo Moruzzi pela ajuda na etapa final.

SUMÁRIO

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
4. METODOLOGIA.....	7
5. ETAPAS DE TRABALHO.....	14
6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	23
7. CONCLUSÕES.....	35
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
APÊNDICES.....	41

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Contaminantes.....	3
3.1.1. Gasolina.....	4
3.1.2. Comportamento da Gasolina no Meio Geológico.....	4
3.1.3. Álcool Etilico Hidratado	6
3.2. Gasolina brasileira	7
4. METODOLOGIA	7
4.1. Condutividade Elétrica	7
4.2. Potencial de Oxidação/Redução – Eh	8
4.3. Potencial Hidrogeniônico – pH	9
4.4. Relação entre Potencial Hidrogeniônico e Potencial de Oxidação/Redução.....	10
4.5. Geofísica	12
4.6. Biodegradabilidade dos Hidrocarbonetos BTEX.....	12
5. ETAPAS DE TRABALHO.....	14
5.1. Local da Pesquisa	14
5.2. Coleta das Águas de Saturação	16
5.2.1. Tanque 1 – Gasolina.....	20
5.2.2. Tanque 2 – Álcool.....	20
5.3. Ensaio Geofísicos	20
5.4. Análises Microbiológicas	23
6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	23
6.1. Tanque 1 - Gasolina	23
6.2. Tanque 2 – Álcool.....	29
6.3. Análise conjunta: Tanques 1 e 2	34
6.3. Análise conjunta: Tanques 1 e 2	34
7. CONCLUSÕES	35
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
APÊNDICE A ANÁLISE DAS ÁGUAS DE SATURAÇÃO TANQUE 1 (GASOLINA)	41
APÊNDICE A ANÁLISE DAS ÁGUAS DE SATURAÇÃO TANQUE 1 (GASOLINA)	51

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Distribuição de áreas contaminadas por atividade no estado de São Paulo.....	2
FIGURA 2 Diferentes fases presentes nas zonas insaturada e saturada.....	6
FIGURA 3 Tanque de desenvolvimento da pesquisa – Tanque 1 (gasolina).....	15
FIGURA 4 Visão geral do sistema de recarga.....	15
FIGURA 5 Local da contaminação – Tanque 1.....	16
FIGURA 6 Esquema do poço multinível.....	17
FIGURA 7 Medidor de temperatura.....	17
FIGURA 8 Medidor de condutividade elétrica.....	17
FIGURA 9 Medidor de Ph.....	18
FIGURA 10 Medidor do potencial de oxiredução.....	18
FIGURA 11 Classificação dos intervalos de profundidade para os ensaios geofísicos e análise das águas de saturação.....	19
FIGURA 12 Profundidades equivalentes aos intervalos estudados nos ensaios geofísicos e análises das águas de saturação.....	20
FIGURA 13 Cabo de ligação do equipamento.....	21
FIGURA 14 Sonda Wenner – Perfilagem.....	21
FIGURA 15 Equipamento SAS 4000 – ABEM.....	22
FIGURA 16 Ensaio microbiológico 20/04/2009 (Tanque 1 – gasolina).....	23
FIGURA 17 Ensaio microbiológico 22/04/2009 (Tanque 1 – gasolina).....	23
FIGURA 18 Variação da condutividade elétrica ao longo do período do experimento.....	24
FIGURA 19 Variação do potencial de oxiredução ao longo do período do experimento.....	24
FIGURA 20 Variação do potencial hidrogeniônico ao longo do período do experimento.....	25
FIGURA 21 Variação da temperatura ao longo do período do experimento.....	25
FIGURA 22 Relação entre potencial de oxiredução e potencial hidrogeniônico ao longo do período do experimento.....	26
FIGURA 23 Relação entre temperatura e potencial hidrogeniônico ao longo do período do experimento.....	27
FIGURA 24 Variação da resistividade ao longo do período do experimento (Método da Eletroresistividade - Técnica da Perfilagem Elétrica – Arranjo Wenner).....	27
FIGURA 25 Seções de resistividade - Método da Eletroresistividade - Técnica do Caminhamento Elétrico – Arranjo Dipolo-Dipolo.....	28
FIGURA 26 Gráfico da pluviosidade durante o período do experimento.....	29
FIGURA 27 Variação da condutividade elétrica ao longo do período do experimento.....	29
FIGURA 28 Variação do potencial de oxiredução ao longo do período do experimento.....	30
FIGURA 29 Variação do potencial hidrogeniônico ao longo do período do experimento.....	30
FIGURA 30 Variação da temperatura ao longo do período do experimento.....	31
FIGURA 31 Relação entre potencial de oxiredução e condutividade elétrica ao longo do período do experimento.....	32
FIGURA 32 Relação entre potencial de oxiredução e potencial hidrogeniônico ao longo do período do experimento.....	32
FIGURA 33 Comparação das variáveis Condutividade, Eh, pH e temperatura para os tanques 1 e 2 ao longo do período do experimento.....	34

RESUMO

Estudos geofísicos em áreas impactadas por derivados de petróleo descrevem anomalias tanto de baixa quanto de elevada resistividade elétrica, confirmadas como fase contaminante por meio de análises químicas: esta contradição pode ser explicada por processos de degradação que ocorrem naturalmente no meio e geram subprodutos capazes de alterar sua condutividade. O monitoramento da variação dos parâmetros citados serve de base comparativa às variações de parâmetros geoeletricos, o que identificou as correlações entre os parâmetros para um mesmo contaminante e a diferença entre o comportamento dos mesmos estudados separadamente, além de suas relações com o processo de biodegradação. Os resultados se aplicam no setor de distribuição e armazenamento dos combustíveis, possibilitando o diagnóstico e monitoramento de possíveis contaminações com combustíveis nas águas subterrâneas, e o conhecimento do tempo de exposição da área ao contaminante, além da melhor alternativa de remediação e controle dos impactos. Dentre algumas das conclusões destacam-se, para o tanque contaminado por gasolina, o decréscimo da condutividade e aumento do Eh ao longo do tempo. Para o segundo tanque, com etanol, a queda nos valores de pH pode ser atribuída à sua biodegradação. Comparando-se as variações dos dois tanques, nota-se que Eh, pH e condutividade elétrica temporalmente não se comportaram de maneira similar, apesar de algumas correlações entre Eh e pH serem correspondentes.

Palavras - chave: águas subterrâneas, contaminação, gasolina, álcool, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico, potencial de oxiredução.

ABSTRACT

Geophysics studies in areas impacted by petroleum derivatives describe abnormalities of both low and high electrical resistivity (the opposite of electrical conductivity), confirmed as contaminant phase by chemical analysis: this contradiction can be explained by degrading processes that naturally occur and create sub products that can change the environment conductivity. Monitoring the variation of the parameters mentioned serves as a comparative basis to the variation in geoelectrical parameters, which identified the correlation between the same contaminant parameters and the difference between their behavior studied apart, as well as its relations with the biodegradation process. The results are applied to the fuel distribution and storage sectors, leading to the diagnosis and monitoring of possible groundwater contamination scenarios, and the knowledge of the area exposure time to the contaminant, besides the better remediation alternative and impacts control. Among some conclusions, the most significant are the decrease in conductivity over time, so as the increase in Eh value in the gasoline contaminated tank, as well as the decrease in the pH value in the second tank with ethanol, which can be attributed to its degradation. Comparing the variations in both tanks, it is evident that Eh, pH and electrical conductivity do not behave temporally in a similar way, although some correlations between Eh and pH can be related.

Keywords: groundwater, contamination, gasoline, alcohol, electrical conductivity, hydrogenionic potential, oxidation-reduction potential.

1. INTRODUÇÃO

A crescente industrialização e urbanização implicam num processo contínuo que resulta na deterioração dos recursos hídricos de superfície, que se tornam vulneráveis à contaminação graças ao aumento populacional e seu uso indiscriminado. Assim, uma nova fonte de abastecimento vira foco: a água subterrânea. O reflexo do uso crescente do recurso hídrico é a estimativa de que existam no país pelo menos 400.000 poços (ZOBY & MATOS, 2002).

De acordo com a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), uma área contaminada pode ser definida como um 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. Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se em subsuperfície nos diferentes compartimentos do ambiente, como por exemplo, no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas ou, de uma forma geral, nas zonas não saturada e saturada, além de poderem concentrar-se nas paredes, nos pisos e nas estruturas de construções.

Dessa maneira, os contaminantes podem ser transportados a partir desses meios, propagando-se pelo ar, solo, ou mesmo as águas subterrâneas e superficiais, alterando suas características naturais de qualidade e gerando impactos negativos sobre as áreas atingidas direta e indiretamente.

Um dos mais freqüentes casos de contaminação das águas subterrâneas em centros urbanos refere-se a vazamentos de combustíveis a partir de tanques de combustíveis enterrados. Isto é decorrente da grande quantidade de empreendimentos, da inadequada estocagem de produtos perigosos e altamente tóxicos, que mesmo em situações de pequenos vazamentos geram grandes plumas contaminantes. Outro fator é a dificuldade de detecção de obstruções em tanques subterrâneos e a falta de fiscalização adequada.

O fato de 78% do total de áreas contaminadas registradas serem atribuídas a postos de combustíveis é resultado do desenvolvimento do programa de licenciamento iniciado em 2001, com a publicação da resolução 273 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2000. No atendimento à resolução e contando com o apoio e sugestões da Câmara Ambiental do Comércio de Derivados de Petróleo, fórum que congrega profissionais de seus próprios quadros e representantes do setor de combustíveis, da indústria de equipamentos e das empresas de consultoria ambiental, a CETESB desenvolveu e vem conduzindo esse programa. Dentre outras ações, é exigido a realização de investigação confirmatória, com o objetivo de verificar a situação ambiental do empreendimento a ser

licenciado, bem como a realização da troca dos equipamentos com mais de 15 anos de operação (CETESB, 2008)

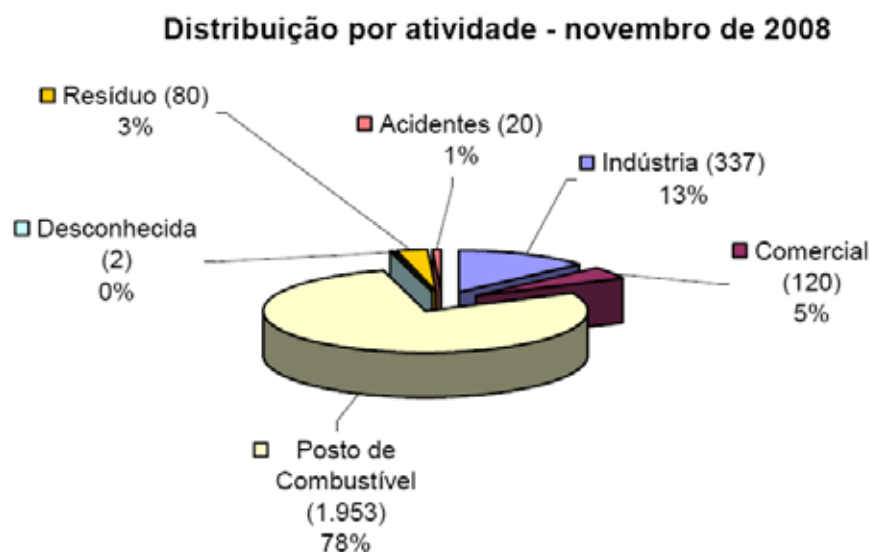


Figura 1. Distribuição de áreas contaminadas por atividade no estado de São Paulo (CETESB, 2008)

De acordo com a NBR 13785/97 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em áreas de maior risco ambiental os tanques tradicionais devem ser substituídos por tanques de paredes duplas, com detectores de fugas e poços de monitoramento. No Brasil existem aproximadamente 35 mil postos de combustíveis (ANP, 2007), sendo que a maioria foi construída na década de 70. Com vida útil de 25 anos para tanques subterrâneos, supõe-se que eles já estejam comprometidos.

Estima-se que 35 a 40% da população brasileira fazem uso do recurso hídrico subterrâneo. A situação propicia cenários de risco à saúde humana e demandam abordagem integrada de avaliação e gerenciamento, especialmente naquelas regiões do Estado onde ocorre concentração mais intensa da população e das atividades produtivas.

A gasolina brasileira apresenta a particularidade de receber a adição de álcool em sua composição. No Brasil, o uso do etanol é particularmente importante porque mostrou a possibilidade de se atingir níveis de produção muito significativos com custos competitivos no mercado mundial, ganhando notoriedade como opção verde aos combustíveis fósseis. Existe ainda a perspectiva dos produtores de cana-de-açúcar em aumentarem a exportação desse combustível, principalmente para os Estados Unidos, onde o álcool combustível é produzido a partir do milho – com produtividade relativamente menor.

No Brasil, o etanol é utilizado há mais de 30 anos e, no entanto contaminações constituídas por gasolina são tratadas da mesma forma que as plumas dos países onde não há adição de etanol à gasolina.

Este trabalho faz parte de um estudo mais abrangente, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), intitulado “Métodos Geoeletricos Aplicados em Estudos da Contaminação de Sedimentos por Combustíveis” e visa determinar um padrão de variabilidade das propriedades físicas da água subterrânea ao longo do tempo enquanto reagem com gasolina e álcool combustível em sedimentos num experimento com contaminação controlada. As propriedades da água analisadas durante o presente trabalho foram: condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH) e potencial de oxiredução (Eh).

Como demonstraram Braga & Cardinalli (2005), parâmetros físicos como a resistividade elétrica (inverso da condutividade elétrica) medidos em sedimentos, apresentam variações temporais em contaminação por gasolina. Como constataram Braga et al (2008) em seus experimentos, a variação no parâmetro resistividade elétrica pode estar relacionada ao grau de degradação da gasolina.

2. OBJETIVO

Este trabalho visa determinar eventuais alterações nas propriedades físico-químicas em amostras de água coletadas num experimento em escala de laboratório, que simula um ambiente natural em tanques contendo água, sedimentos, álcool e gasolina, estudados separadamente. As variações desses parâmetros serão correlacionadas com variações de parâmetros físicos obtidos em ensaios geofísicos, procurando identificar uma possível causa dessas reações de combustíveis em meio geológico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Contaminantes

A gasolina e o álcool etílico hidratado, utilizados na pesquisa foram adquiridos em postos revendedores de combustíveis. A gasolina apresenta mistura com álcool etílico anidro combustível - AEAC, visando a obtenção de resultados reais de possíveis vazamentos de tanques de armazenamento de combustíveis.

3.1.1. Gasolina

A composição da gasolina A é variável em função da matéria-prima e do processo de produção. Pode-se afirmar que a gasolina é um combustível derivado do petróleo, constituído por hidrocarbonetos selecionados de acordo com as características de ignição e escoamento adequadas ao funcionamento dos motores do ciclo OTTO.

A gasolina C, de uso automotivo, é constituída de uma mistura de gasolina A e AEAC. Assim, o percentual obrigatório de álcool etílico na gasolina é de 25%, conforme disposto na Resolução n° 30 do Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA), de 15 de maio de 2003. A margem de erro admissível é de mais ou menos 1%, conforme disposto no art. 9°, parágrafo 2°, da Lei 10.203/2001 (ANP, 2003).

3.1.2. Comportamento da Gasolina no Meio Geológico

O comportamento do contaminante no ambiente é influenciado, principalmente, por suas propriedades físico-químicas. Essas propriedades definem o tipo de transporte, a partição e o destino desses contaminantes (Ferreira, 1998). A quantidade de um soluto que sofre partição na fase aquosa é chamada de solubilidade, e para a gasolina ela é função da fração molar de cada constituinte individual da mistura.

Os hidrocarbonetos são insolúveis na água, o que faz com que esses produtos permaneçam como uma fase separada durante seu transporte. O fluxo da fase líquida não aquosa (NAPLs) é controlado por fatores diferentes daqueles que controlam o fluxo aquoso. Os NAPLs são conhecidos por sua capacidade de contaminar um volume de água relativamente grande e são divididos em duas subfases: a fase líquida não aquosa leve – LNAPL – e a fase líquida não aquosa densa – DNAPL.

- Fase líquida não aquosa leve – LNAPL

Sendo a densidade da NAPL menor que a da água, este líquido é classificado como uma fase líquida não aquosa leve e entre seus principais exemplos estão: acetona, gasolina, querosene e benzeno. O transporte do LNAPL através de zonas não saturadas e saturadas do solo depende da quantidade desse líquido liberado no meio, além das propriedades físicas do meio.

Segundo Ferreira (1998), quando o volume liberado é pequeno, o LNAPL flui pela zona não saturada até atingir o estado de saturação residual. A água infiltrada no solo dissolve os componentes solúveis do LNAPL e os transporta até a zona saturada. Esses contaminantes

dissolvidos formam uma pluma que se distribui por difusão (processo pelo qual, constituintes iônicos ou moleculares, se movimentam na direção de seus gradientes de concentração) e advecção (fluxo através de poros e fraturas, em solos e rochas). As substâncias voláteis encontradas no LNAPL sofrem partição de modo que uma parte fica no solo e a outra no ar e são transportadas para outras partes do aquífero por difusão molecular. Os voláteis movem-se pela zona não saturada até atingirem a camada superficial do solo, onde dependendo das condições físico-químicas, podem retornar para a fase líquida. Esses processos de volatilização, transporte e liquefação provocam o transporte de contaminantes sobre áreas relativamente extensas.

Quando um grande volume de LNAPL é eliminado, este se dirige à franja capilar, próximo à zona saturada. Os componentes solúveis do contaminante ultrapassam os componentes menos solúveis. No topo da franja capilar, onde a água satura um grande volume dos poros, o material acumulado causa uma diminuição no valor da permeabilidade relativa do LNAPL. Impedido de mover-se para baixo, o contaminante se espalha sobre o topo da franja capilar e se o volume acumulado for suficientemente grande, tende a migrar na mesma direção do fluxo da água subsuperficial.

Em derrames com um fornecimento grande e contínuo de LNAPL, há um enorme acúmulo do contaminante sobre a franja capilar, formando uma depressão na interface NAPL/zona saturada. No caso de remoção ou esgotamento da fonte poluidora, os NAPL presentes na zona saturada continuam a migrar para níveis mais profundos, estacionando quando a concentração atinge o nível de saturação residual. A lixiviação do LNAPL existente na zona não saturada reduz grande parte da frente de contaminação na interface LNAPL/zona saturada, fazendo com que essa zona retroceda. Este retrocesso faz com que a água subsuperficial desloque o LNAPL que se encontra em estado de saturação residual. Parte das águas subsuperficiais e superficiais podem dissolver os materiais residuais, criando assim um nível elevado de contaminação dos materiais.

O bombeamento das águas subterrâneas e as mudanças sazonais fazem com que ocorra um rebaixamento do nível d' água. Quando os LNAPLs estão localizados no topo do nível saturado, a depressão associada causa também um abaixamento do nível do LNAPL. Quando a zona saturada retorna a sua condição normal, parte do contaminante é empurrado para cima, mas não totalmente; em razão da saturação residual, uma parte permanece nos poros abaixo do novo nível da zona saturada. Desta forma os LNAPLs podem ocupar uma grande espessura da zona saturada, provocando a contaminação de um grande volume de água.

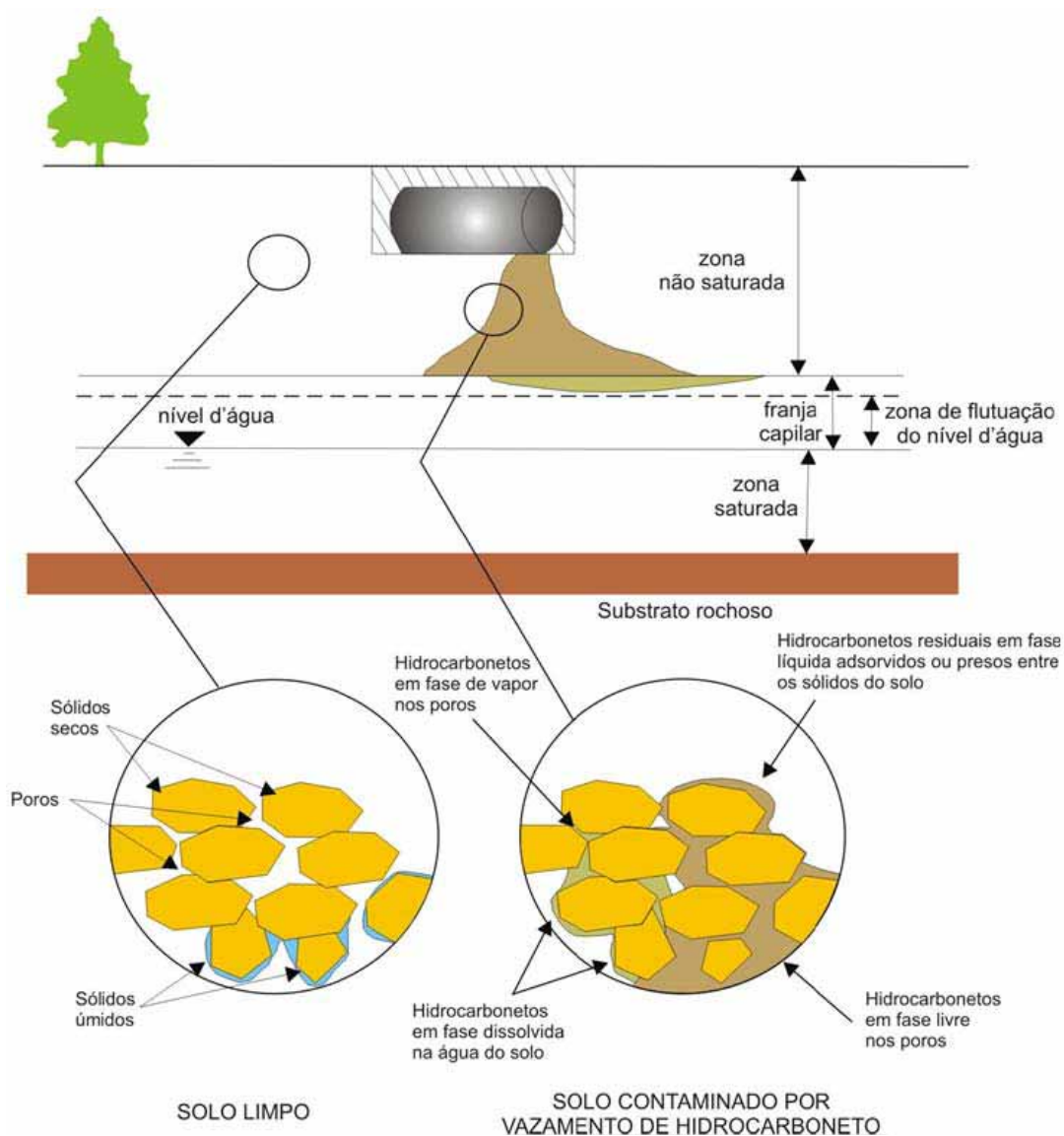


Figura 2. Diferentes fases presentes nas zonas insaturada e saturada (Fonte: GUIGUER, 2000).

3.1.3. Álcool Etílico Anidro

Combustível líquido e incolor, o álcool etílico anidro é utilizado em motores de ignição por centelha (Ciclo OTTO), em substituição à Gasolina C comercializada nos postos revendedores. O produto é especificado pela ANP pela Resolução ANP nº 36 de 6/12/2005 e no Brasil é produzido a partir do melaço da cana-de-açúcar. Destaca-se que muito pouco se conhece sobre o comportamento desse contaminante nos meios geológicos.

3.2. Gasolina brasileira

Atualmente, no Brasil, utiliza-se um combustível ímpar no mundo, que se trata da mistura de 75% de gasolina e 25 % de álcool etílico anidro (etanol). Este teor de álcool é especificado pela Agência Nacional do Petróleo - ANP, e é objeto de lei federal.

Diversos estudos monitoraram o comportamento do combustível, e reportam que o etanol pode aumentar a solubilização dos compostos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno – os chamados BTEX - na água subterrânea através do fenômeno de co-solvência (CORSEUIL e FERNANDES, 1999 apud CORDAZZO, 2000). Além disso, observou-se também que o etanol é um substrato preferencial, que dificulta a biodegradação natural dos BTEX aumentando a persistência destes compostos na água subterrânea.

Os hidrocarbonetos monoaromáticos BTEX são miscíveis nos alcoóis primários (ex. metanol e etanol) e estes são altamente solúveis em água. Quando a gasolina entra em contato com a água, o álcool existente neste combustível passa para a fase aquosa e poderá aumentar ainda mais a solubilidade dos BTEX nesta fase. Portanto, uma alta concentração de etanol na água pode facilitar a transferência dos mesmos para a fase aquosa, aumentando a solubilidade dos hidrocarbonetos aromáticos na água subterrânea, num processo chamado de “efeito de co-solvência”.

Dessa maneira, os três aspectos principais que podem afetar o comportamento dos hidrocarbonetos monoaromáticos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno em sistemas subsuperficiais em presença de etanol são (FERNANDES E CORSEUIL, 1996; SANTOS ET AL., 1996):

- a possibilidade do aumento da solubilidade dos BTEX em água;
- a possibilidade do aumento da mobilidade dos BTEX dissolvidos na água subterrânea;
- a possibilidade de que a presença do etanol possa dificultar a biodegradação natural dos BTEX aumentando a persistência destes compostos na água subterrânea.

4. METODOLOGIA

4.1. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a medida da facilidade de uma água conduzir a corrente elétrica, estando diretamente ligada com o teor de sais dissolvidos sob a forma de íons. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água.

Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos. Este parâmetro não determina, especificamente, quais são os íons presentes em uma amostra de água, no entanto pode contribuir para o possível reconhecimento de impactos ambientais que ocorram no ambiente em função de possíveis contaminações na água.

A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH de encontram nas faixas extremas, como acima de 9 ou abaixo de 5, os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais freqüentes são o H^+ e o OH^- .

A unidade de medida da condutância é Mho, inverso do Ohm, unidade de resistência elétrica. Os valores da condutividade para as águas subterrâneas são referidos ao milionésimo do Mho/cm, ou seja, microMho/cm ($\mu Mho/cm$ a uma temperatura padrão de $25^\circ C$). esses valores aumentam com a elevação da temperatura, por isso é necessário anotar a temperatura de referência da água amostrada (FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997).

4.2. Potencial de Oxidação/Redução – Eh

Oxidação pode ser definida como a remoção de elétrons de um ou mais átomos, e a redução, como o ganho de elétrons de um ou mais átomos (BRONWLOW, 1996). O potencial de oxidação-redução representa a tendência de liberação ou ganho de elétrons, que pode ser medido por meio de um eletrodo inerte (YU & JI, 1993).

A diferença de potencial entre um eletrodo de metal inerte e os íons em solução é na realidade um processo de oxidação-redução, devido ao fato de sempre haver transferência de elétrons na interface solução-metal. Para reações entre substâncias com diferentes estados de valência, a equação geral pode ser descrita como (equação 4.1):



Um eletrodo tipo platina para oxidação-redução inserido em um sistema, servirá como meio de transferência de elétrons, onde compostos oxidantes e redutores podem entrar em equilíbrio, com estabelecimento do potencial de equilíbrio pelo eletrodo. Este é denominado potencial de oxidação-redução (redox), designado como Eh, no qual o símbolo h significa o potencial relativo ao potencial de um eletrodo normal de hidrogênio (equação 4.2):

$$Eh = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{\alpha_{\text{oxidante}}}{\alpha_{\text{redutor}}} \quad (\text{Equação 4.2})$$

Esta é a equação de Nernst para reação de oxidação-redução, posteriormente deduzida das equações termodinâmicas de energia livre de Gibbs.

O potencial de oxidação-redução de um sistema é determinado a partir de um potencial padrão E° . Para um sistema a uma determinada temperatura o valor de E_h é determinado pela razão de atividade entre dois componentes devido aos termos E° , n , R , T e F serem constantes, mas não por suas quantidades absolutas. Desta forma, o fator E_h é produto da avaliação da intensidade do estado redox da solução.

Um sistema com valores de E° mais positivos indicam forte poder de oxidação, que pode oxidar sistemas com valores mais negativos de E° . Reciprocamente, este sistema pode ser reduzido e retornar ao estado anterior. Grandes diferenças de E° entre dois sistemas resultam em reações oxidação-redução relativamente facilitada.

4.3. Potencial Hidrogeniônico – pH

O pH é originalmente definido em termos de concentração do íon hidrogênio (BROWLOW, 1996) (equação 4.3):

$$\text{pH} = -\log (\text{H}^+) \quad (\text{Equação 4.3})$$

O uso deste termo permite referenciar a concentração do íon hidrogênio a uma escala positiva e variável entre 0 a 14. Esta definição é baseada em termos de atividade do íon H^+ (equação 4.4):

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (\text{Equação 4.4})$$

A aplicação de instrumental para determinação do pH em solução consiste em medir a atividade do íon hidrogênio em razão da concentração do íon hidrogênio. Um medidor de pH é uma célula eletroquímica que utiliza um par de eletrodos, por meio do qual é medida a força eletromotriz da solução. Os eletrodos medem em volts, somente em função da atividade do íon hidrogênio.

A ionização da água pode ser descrita como (equação 4.5):



A constante de equilíbrio da reação a 25°C é dada por (equação 4.6):

$$K = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad (\text{Equação 4.6})$$

Em água pura, $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ e $\text{pH} = 7$, definindo uma solução como neutra. Os valores em equilíbrio constante mudam com a temperatura. Independente da presença de outros solutos em solução, o produto da atividade dos íons hidrogênio e hidróxido é sempre 10^{-14} a 25°C. No caso de uma reação a 230°C, $K = 10^{-11,4}$ e a solução neutra apresenta pH de 5,7.

4.4. Relação entre Potencial Hidrogeniônico e Potencial de Oxidação/Redução

Segundo Moreira (2009), embasamento termoquímico da energia livre de Gibbs (G) pode ser definido sob a forma diferencial como (equação 4.7):

$$dG = -SdT - VdP - w' \quad (\text{Equação 4.7})$$

Sendo w' definido como a força utilizável em um sistema químico (sem pressão, volume de trabalho) que neste caso se trata da força elétrica produzida no sistema.

Sob condições de temperatura e pressão constantes (equação 4.8):

$$dG = -w' \quad (\text{Equação 4.8})$$

Quando $dG = 0$, o uso da força de trabalho ou força elétrica é zero e o sistema está em equilíbrio. Um sistema eletroquímico de forças é constituído pela transferência de elétrons entre componentes, com igual potencial e transferência de carga $w' = EdQ$, sendo E o potencial e Q a quantidade de carga transferida.

Na reação química entre n elétrons transferidos por mole de reagente, a força elétrica é nFE , onde E é a força eletromotriz (em f) do sistema e F a constante de Faraday (96484 kJ por volt grama equivalente), onde (equação 4.9 e equação 4.10):

$$dG = -nFE \quad (\text{Equação 4.9})$$

$$dG^0 = -nFE^0 \quad (\text{Equação 4.10})$$

Em termos de termodinâmica, pode ser descrito como (equação 4.11):

$$dG = dG^0 + RT \ln Q \quad (\text{Equação 4.11})$$

onde Q é a reação quociente.

As equações anteriores são apresentadas sob a forma da equação de Nernst (equação 4.12):

$$E_h = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln Q \quad (\text{Equação 4.12})$$

nF são derivadas de (4) e relacionadas a $dG^0 = -RT \ln K^0$, da qual é obtido (equação 4.13):

$$-nFE^0 = -RT \ln K^0 \quad (\text{Equação 4.13})$$

O rearranjo e a substituição dos termos resulta em (equação 4.15):

$$\log K^0 = 16,9 n E^0 \quad (\text{Equação 4.14})$$

onde R é a constante dos gases ($8,314 \times 10^{-3}$ kJ/K.mol) e T a temperatura em kelvin.

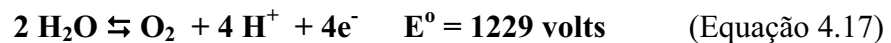
O fator E é expresso em volts. A resolução da constante E^0 é expressa em termos de milivolts, sob temperatura específica 298 K (25°C) (equação 4.15):

$$E^0 = \frac{59,2}{n} \log K \quad (\text{Equação 4.15})$$

A equação de Nernst é a base para medidas de potencial redox em solo e sedimentos. Substituindo E por Eh e E° por Eh° e descrevendo as reações em termos dos produtos de redução, a equação utilizada para medidas de potencial redox (Eh) em solo é (equação 4.16):

$$Eh = Eh^0 - \frac{0,059}{n} \log \frac{(\text{redução})}{(\text{oxidação})((H^+)^m)} \quad (\text{Equação 4.16})$$

Níveis de Eh em sistemas aquosos são definidos pela estabilidade em água. Em sistemas oxidativos com oxidação em água no campo do oxigênio, os prótons seguem reações em níveis superiores de Eh – elevado desequilíbrio. Quando as reações seguem no campo dos prótons, a estabilidade é definida em função do pH (equação 4.17):



A partir da equação de Nernst a 25°C dada a seguir (equação 4.18):

$$Eh = Eh^0 + \frac{0,059}{4} \log (PO_2 (H^+)^4 / (H_2O)^2) \quad (\text{Equação 4.18})$$

em condições onde a atividade de água é levada a ser unidade a equação reduz para:

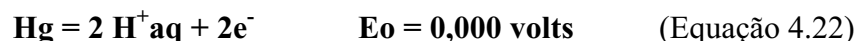
$$Eh = Eh^0 + \frac{0,059}{4} \log PO_2 + 0,059 \log (H^+) \quad (\text{Equação 4.19})$$

$$Eh = Eh^0 + 0,0148 \log PO_2 - 0,059 \text{ pH} \quad (\text{Equação 4.20})$$

$$Eh = 1229 + 0,0148 \log PO_2 - 0,059 \text{ pH} \quad (\text{Equação 4.21})$$

A oxidação em água depende concomitantemente do pH e da pressão de oxigênio. Caso a pressão de oxigênio seja escolhida de forma arbitrária, a plotagem de Eh versus pH apresenta curva negativa com 0,059 V ou 59 mV por unidade de pH e intercepta E° (1229 volts). Sendo H⁺ 1 mol/litro (ou seja, pH = 0) e PO₂ na condição padrão de 1 atmosfera, Eh será igual Eh°.

Para um sistema aquoso com redução extrema, o íon hidrogênio é reduzido para gás hidrogênio, para a busca de equilíbrio do sistema. Como descrito abaixo, o potencial de oxidação do sistema é:



$$Eh = Eh^0 + \frac{0,059}{2} \log ((H^+)^2 / P_{H_2}) \quad (\text{Equação 4.23})$$

$$Eh = Eh^0 - 0,0295 \log P_{H_2} - 0,059 \text{ pH} \quad (\text{Equação 4.24})$$

desde que a meia célula de Hidrogênio seja E° = 0:

$$Eh = 0,0295 \log P_{H_2} - 0,059 \text{ pH} \quad (\text{Equação 4.25})$$

sob pressão de 1 atmosfera:

$$Eh = - 0,059 \text{ pH} \quad (\text{Equação 4.26})$$

Determinada pressão de hidrogênio, Eh decresce com inclinação de 0,059 volts por unidade de pH e interceptação em 0,000.

Em termos práticos, a relação entre Eh e pH é caracterizada pela construção de uma curva Eh-pH em gráfico, pois $\Delta Eh/\Delta pH$ é um valor que pode ser obtido pela inclinação desta curva. Tais gráficos são conhecidos como diagramas Eh-pH ou de Pourbaix. Em princípio, é possível averiguar a constante de dissociação do grupo ácido ou grupo básico oxidante ou redutor do pH pela inflexão da curva Eh-pH. Na prática, entretanto, sistemas biológicos complexos, tais como solo e sistemas aquíferos naturais, onde mais de um par oxidante-redutor pode estar presente, este ponto de inflexão é freqüentemente indistinguível.

Exceto em situações bastante específicas, é impossível determinar o comportamento geral em termos de oxidação-redução com base apenas no conceito termodinâmico de equilíbrio. Contudo, é possível uma estimativa qualitativa a partir das tendências de aumento ou diminuição no estado redox, acidez ou alcalinidade nos níveis de pH.

4.5. Geofísica

A abordagem geofísica de problemas ambientais apresenta o considerável mérito de promediar as propriedades condutivas de um grande volume de terreno. Nesse aspecto, sua maior força está em orientar eficientemente um programa de furos de sondagens para a amostragem de pontos específicos com elevado nível de detalhes de análises físicas, químicas, biológicas, etc., feitas em laboratório (JOSÉ & CAVALCANTE, 2000).

A possibilidade de se detectar e monitorar a contaminação da subsuperfície, de modo rápido, não invasivo, e de baixo custo efetivo, permite aperfeiçoar um programa mais amplo de amostragens detalhadas. Quando utilizados em estudos ambientais e, particularmente no que se refere ao mapeamento e monitoramento de áreas contaminadas por vazamentos de combustíveis, os métodos geofísicos da eletrorresistividade e polarização induzida proporcionam uma visão global amplificada da subsuperfície, que complementa as informações pontuais, obtidas através amostras de poços de água subterrânea.

4.6. Biodegradabilidade dos Hidrocarbonetos BTEX

A biodegradação de hidrocarbonetos trata-se de uma reação de oxiredução onde o hidrocarboneto é oxidado (doador de elétrons) e um aceptor de elétrons é reduzido (MARIANO, 2006).

Os Compostos BTEX são mais solúveis em água que as outras substâncias presentes nos combustíveis derivados do petróleo, e assim sendo estarão presentes em maior concentração nas águas subterrâneas.

A concentração de oxigênio é um dos parâmetros mais importantes dentro dos processos microbiológicos, o qual é usualmente medido através do potencial redox (Eh, em mV). O potencial oxiredução, também chamado potencial redox do solo é afetado pela profundidade abaixo da superfície e pela taxa de difusão de oxigênio, que é determinada pelo tamanho e número de poros preenchidos por ar, que por sua vez é função da textura, pH, teor de água no solo, presença de carbono orgânico e microrganismos (CASARINI e SPILBORGHS, 1992).

O pH ótimo para a ação dos microrganismos é usualmente próximo da neutralidade, mas muitos microrganismos presentes em aquíferos podem agir sem prejuízos de suas funções para valores de pH entre 5 e 9 (CORSEUIL e ALVAREZ, 1996). A água subterrânea é tipicamente bem tamponada dentro destes limites, assim, os requerimentos microbiológicos referentes ao pH são geralmente atendidos (CHAPELLE, 1993).

Todos os álcoois primários podem ser biodegradados em preferência ao BTEX e consumir o oxigênio disponível, além de ser tóxico ou inibitório ao crescimento dos microrganismos degradadores de BTEX (CORSEUIL & MARINS, 1997 e BARKER et al., 1987)

Estudo de Santos (1996) verificou a degradação preferencial do etanol por parte dos microrganismos, o que retardou a degradação dos compostos BTEX. No experimento, uma amostra do contaminante puro foi totalmente consumida em menos de quatro dias, enquanto que misturado a uma grande concentração de etanol (300 mg/l), em doze dias não foi verificado biodegradação significativa.

Estudos em escala de laboratório sugerem que a biodegradação de LNAPL sob condições aeróbicas e anaeróbicas podem mudar de forma substancial as condições biogeoquímicas do aquífero impactado, resultando em reduções drásticas de resistividade elétrica (CASSIDY et al, 2001).

A eficiência deste processo depende de uma conjunção de fatores, como a presença de receptores elétricos (O_2 , SO_4^{2-} , Fe_3^+ , Mn_4^+ , NO_3^-), condições adequadas de pH, Eh, temperatura e baixo teor de contaminação (EPA, 1998).

A transformação aeróbica de BTEX e hidrocarbonetos policíclicoaromáticos (HPA) na água subterrânea geralmente leva a um esgotamento de oxigênio no meio e, eventualmente, à diminuição do potencial de oxiredução (MAZZUCO, 2004).

Segundo Mazzuco (2004), os processos de biodegradação que estão degradando os contaminantes podem ser relacionados com a variação do potencial de oxiredução e o pH encontrado no aquífero. A determinação do potencial de oxiredução em áreas contaminadas é fundamental na estimativa dos receptores de elétrons envolvidos no processo de degradação. Na área contaminada, o potencial de oxiredução muda de acordo com as reações envolvidas no processo, iniciando com as reações mais redutoras, ou seja, com as que apresentam maior facilidade em receber elétrons.

Os resultados das análises físico-químicas da água subterrânea em pesquisa realizada por Mariano (2006) durante o período de monitoramento de dois anos fornecem parâmetros que indicam condições favoráveis à biodegradação dos contaminantes, como temperatura próximo a 25 °C, pH ligeiramente ácido e condições oxidantes (valores de Eh positivos).

5. ETAPAS DE TRABALHO

5.1. Local da Pesquisa

Os estudos foram desenvolvidos em dois tanques de fibra de vidro, com as seguintes dimensões na parte útil: 2,34 m (comprimento) x 1,34 m (largura) x 0,47 m (altura). Nesses tanques foram simulados vazamentos dos combustíveis: gasolina – Tanque 1; e, álcool etílico hidratado – Tanque 2. Os tanques foram preenchidos por areia fina de uso na construção civil, visando uma homogeneidade em termos de granulometria.

Como ilustração, na Figura 3 – Tanque 1, podem ser visualizados os locais dos ensaios geofísicos (SW, CE-DD, SP e GPR), poços de coleta das águas de saturação – análise (PM) e poços de controle do nível d'água (P), executados nos dois tanques de pesquisa.

Com a finalidade de simular o ambiente geológico natural, adicionou-se água nos dois tanques, para simulação de uma zona saturada, sendo o nível d'água (NA) mantido a uma profundidade aproximada de 16 cm no Tanque 1, e de 10 cm no Tanque 2. desta forma, houve coleta em um nível de profundidade a mais no Tanque 2. Para o controle da saturação nos tanques, instalaram-se três poços, construídos com tubos de PVC, com 52,0 cm de comprimento e 6,0 cm de diâmetro. Pequenos furos na parte inferior permitem a entrada d'água.

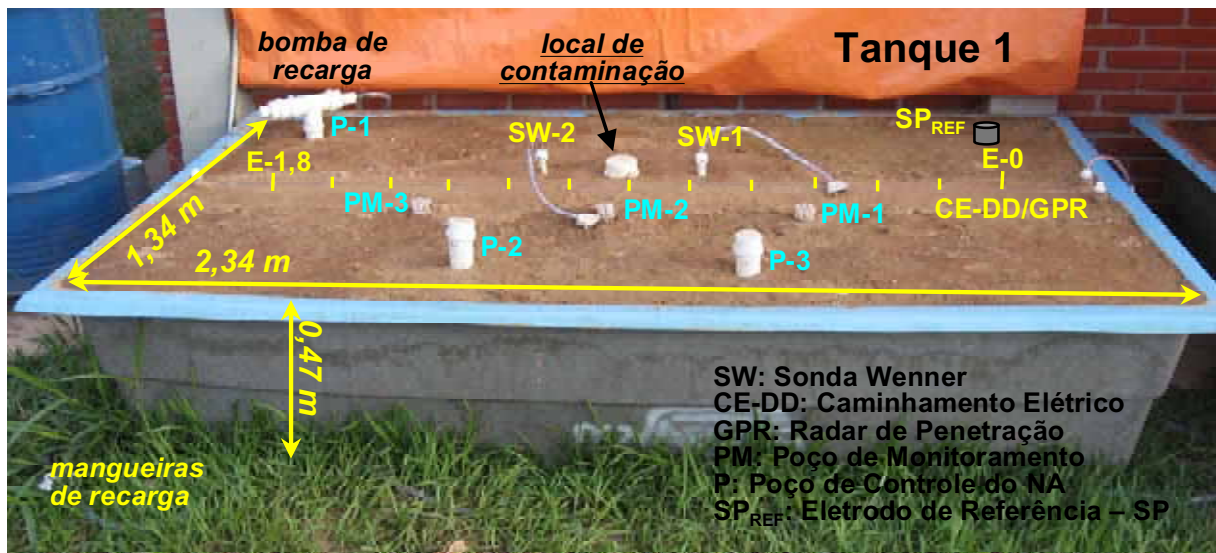


Figura 3. Tanque de desenvolvimento da pesquisa – Tanque 1 (gasolina).

Visando manter o NA com pequenas variações durante os ensaios, simulando a recarga natural de aquíferos, a altura da coluna d'água foi mantida através de um sistema de alimentação controlado (Figura 4). Inicialmente, uma torneira permite a distribuição de água para os dois tanques com a mesma vazão, em seqüência, no poço P-1 em ambos os tanques, foi instalada um sistema que permite regular automaticamente, a recarga dos sedimentos saturados.

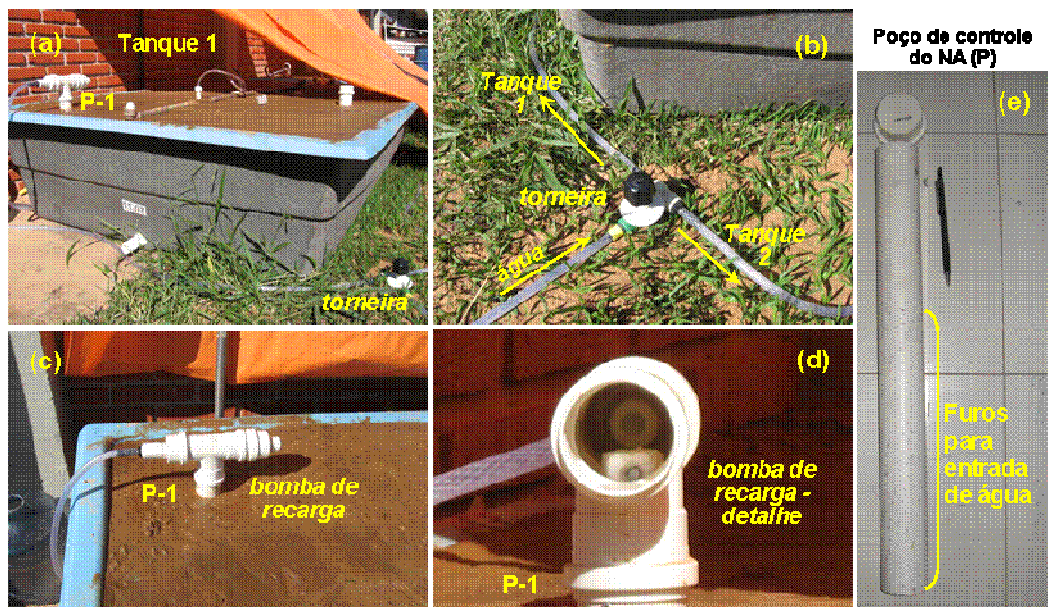


Figura 4. Visão geral do sistema de recarga (a), distribuição de água para os tanques (b), bomba de recarga (c), detalhe interno da bomba (d) e poço de controle do NA – tubo de PVC (e).

A contaminação, em ambos os tanques ocorreu a partir do centro, simulando um vazamento pontual a pequena profundidade (Figura 5).

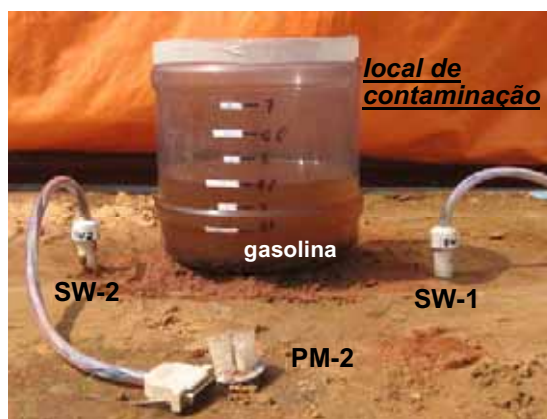


Figura 5. Local da contaminação – Tanque 1

Procurando avaliar a intensidade da contaminação por gasolina, a introdução do contaminante foi efetuada em duas fases: (1) com 15 litros de combustível, visou determinar a intensidade das variações dos parâmetros obtidos em relação ao meio não contaminado; e, (2) após 43 dias da primeira contaminação, com 20 litros de gasolina, comparar as variações dos parâmetros obtidos, como o meio já contaminado. Após essa contaminação, totalizando 35 litros de gasolina, os dados foram monitorados com o tempo. No Tanque 2, foram introduzidos 20 litros de álcool combustível, em apenas uma fase de contaminação.

5.2. Coleta das Águas de Saturação

As medidas foram efetuadas por meio de medidores portáteis de pH, condutividade elétrica e potencial de oxiredução.

No Tanque 1, onde o contaminante foi a gasolina, em cada poço de monitoramento foi efetuada a coleta de água referentes a quatro diferentes profundidades: 1) 42 a 47 cm; 2) 36 a 42 cm; 3) 31 a 36 cm; e 4) 26 a 31 cm;. No entanto, no Tanque 2, contaminado pelo álcool, houve coleta de águas referentes às mesmas profundidades citadas mais um último nível, denominado nível 5 com profundidade entre 26 a 21 cm.

A água foi coletada a partir dos poços de monitoramento ilustrados abaixo (Figura 6).

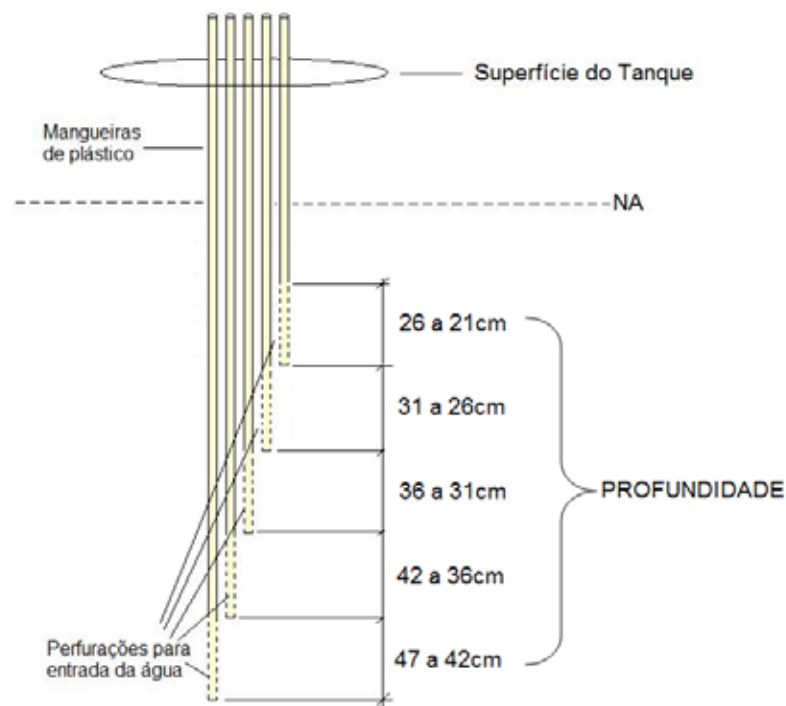


Figura 6. Esquema do poço multinível.

Os poços foram confeccionados com mangueiras de plástico, com várias perfurações na base, as quais permitem a entrada da água para posterior coleta e análise. A temperatura do meio estudado é obtida através do medidor Digital Thermo by France® (Figura 7), para posterior calibração com os demais parâmetros medidos/calculados.



Figura 7. Medidor de temperatura.

Condutividade Elétrica

As medidas foram efetuadas através de condutivímetro Instrutemp/CD-850 (Figura 8), e a unidade usada é o Siemens (S). Este instrumento é calibrado automaticamente à temperatura da solução analisada. Para as águas subterrâneas as medidas de condutividade são dadas em ou mS/cm.



Figura 8. Medidor de condutividade.

Para haver maior segurança nos dados de condutividade elétrica obtidos, foram realizadas três diferentes medições para cada amostra de água, sendo que o valor adotado corresponde à médias dos 3 valores obtidos.

Potencial Hidrogeniônico - pH

Para obtenção das medidas, foi utilizado o equipamento Instrutemp – PH 1500 (Figura 9).

Durante as análises, o sensor de pH do equipamento foi inserido na amostra de água e deixado por um período de 5 minutos, período requerido para estabilidade do sensor, o que assegura a confiabilidade dos dados obtidos.



Figura 9. Medidor de pH.

Potencial de Oxiredução

Essa propriedade pode ser correlacionada ao método geofísico do Potencial Espontâneo, que mede o campo elétrico a partir de um par de eletrodos.

O equipamento utilizado é o Instrutemp – PH 1500 (Figura 10).



Figura 10. Medidor do potencial de oxiredução.

Durante as análises, o sensor de Eh do equipamento foi inserido na amostra de água e deixado por um período de 5 minutos, período requerido para estabilidade do sensor, o que assegura a confiabilidade dos dados obtidos.

Após a instalação dos equipamentos, foram efetuados ensaios de calibração e ajustes das leituras do equipamento, visando obter uma estabilidade razoável da profundidade do nível d'água.

Os primeiros ensaios envolvendo as medidas de parâmetros físicos e físico-químicos da água visaram obter uma variação dos valores referentes aos sedimentos não saturados e saturados, sem os contaminantes, gerando curvas e seções padrão, as quais serão analisadas temporalmente em relação aos desvios considerando os sedimentos contaminados.

O esquema descrito na figura 11 apresenta correlação entre as faixas de profundidade estudadas nos ensaios geofísicos e nas análises físico-químicas. No primeiro caso, os tanques foram divididos em meios saturados 1 e 2 e meios não saturados 1 e 2; já para as águas de saturação, os intervalos de profundidade foram classificados em: Níveis 1, 2, 3, 4 e 5 dentro dos poços de monitoramento PM₁, PM₂ e PM₃.

A figura 12 apresenta as profundidades equivalentes aos intervalos estudados nos ensaios geofísicos e análises das águas de saturação.

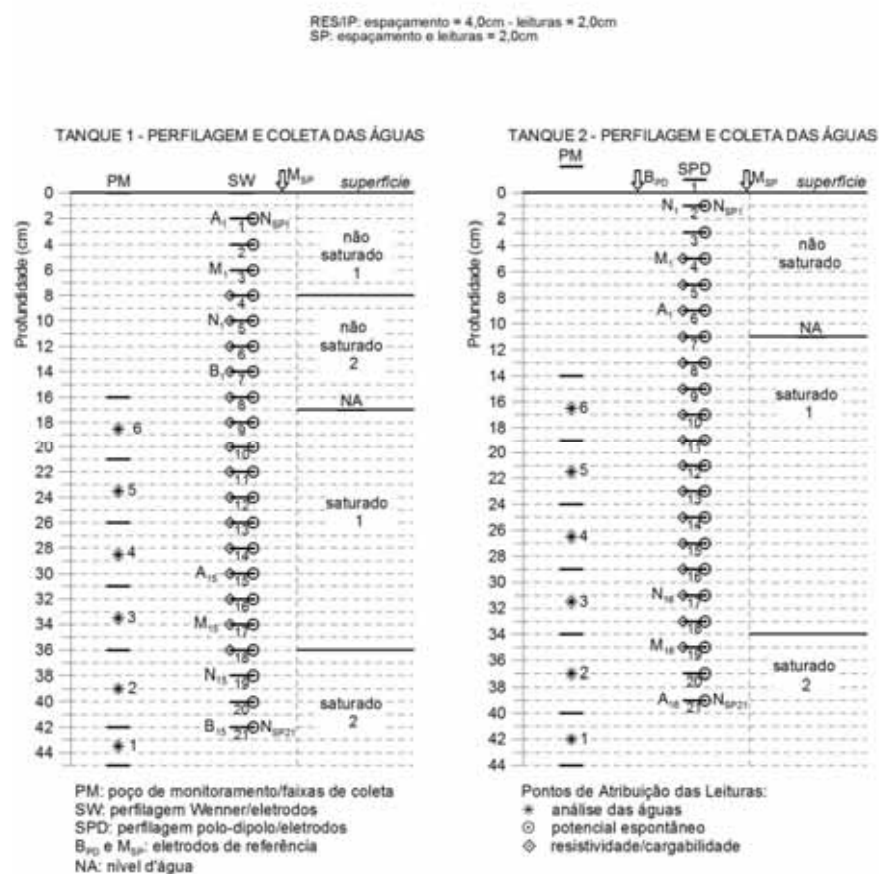


Figura 11. Classificação dos intervalos de profundidade para os ensaios geofísicos e análise das águas de saturação.

Perfilagem Wenner			Águas de Saturação	
	Profundidade (cm)		Faixa de Coleta (cm)	Profundidade Atribuída (cm)
Estrato	SP	RES-IP		
não saturado 1	2,0			
	4,0			
	6,0			
	8,0	8,0		
não saturado 2	10,0	10,0		
	12,0	12,0		
	14,0	14,0		
	16,0	16,0		
saturado 1	18,0	18,0	16,0 a 21,0	19,0
	20,0	20,0	21,0 a 26,0	24,0
	22,0	22,0		
	24,0	24,0		
	26,0	26,0		
saturado 2	28,0	28,0	26,0 a 31,0	29,0
	30,0	30,0	31,0 a 36,0	34,0
	32,0	32,0		
	34,0	34,0		
	36,0	36,0		
saturado 3	38,0		36,0 a 42,0	39,0
	40,0		42,0 a 45,0	44,0
	42,0			

Figura 12. Profundidades equivalentes aos intervalos estudados nos ensaios geofísicos e análises das águas de saturação.

5.2.1. Tanque 1 – Gasolina

Com relação às águas de saturação, foram coletadas 20 amostras para o Tanque 1 durante um período de 8 meses – 30 de setembro de 2008 a 26 maio de 2009 – que foram analisadas quanto ao Eh, pH, condutividade elétrica e temperatura, e organizados em tabelas que seguem no Apêndice A.

5.2.2. Tanque 2 – Álcool

Foram coletadas 13 amostras das águas de saturação do Tanque 2, durante um período de 3 meses – 6 de abril de 2009 a 21 de julho de 2009. Estas amostras foram analisadas quanto ao Eh, pH, condutividade elétrica e temperatura, e os dados gerados foram organizados em tabelas que seguem no Apêndice B.

5.3. Ensaios Geofísicos

Nos ensaios geofísicos foram aplicados os métodos da Eletroresistividade, Polarização Induzida e Potencial Espontâneo, por meio do equipamento Terrameter – SAS 4000 – Abem,

com resolução adequada para ensaios em escala de laboratório (μV). Para os ensaios de Radar de Penetração no solo (GPR), foi utilizado o equipamento Ramac da MalaGeoscience.

Caminhamento Elétrico - Dipolo-Dipolo

O CE-dipolo-dipolo, foi desenvolvido com espaçamento entre os dipolos AB e MN = 0,15 metros, oito níveis de investigação, com extensão total de 1,80 metros. A Figura 13 mostra os cabos utilizados para a conexão arranjo/equipamento.



Figura 13. Cabo de ligação equipamento.

Perfilagem Elétrica – Sonda Wenner

Foram desenvolvidas pelo Laboratório de Geofísica Aplicada – DGA, seis sondas – arranjo Wenner para o desenvolvimento das perfilagens (Figura 14).

Essas sondas apresentam 21 eletrodos de chumbo, permitindo a obtenção de 19 leituras ao longo do furo, com espaçamento entre os eletrodos: $a = 2,0 \text{ cm}$.



Figura 14. Sonda Wenner – Perfilagem.

Equipamento Geofísico

O equipamento geofísico utilizado é o sistema IP-resistividade digital da ABEM – SAS 4000/Suécia (Figura 15), composto de um módulo (receptor e transmissor), pertencente ao Departamento de Geologia Aplicada - IGCE da UNESP.



Figura 15. Equipamento SAS 4000 – ABEM.

Esse equipamento revelou-se de grande precisão na obtenção dos dados, onde devido ao caráter de ensaios em escala reduzida, a gama de variação na corrente elétrica/potencial, necessitava ser compatível com os ensaios realizados. Nos ensaios da perfilagem, a corrente elétrica foi mantida em 1,0 mA e no caminhamento elétrico em 10 mA.

5.4. Análises Microbiológicas

Esta etapa não fazia parte dos objetivos iniciais do trabalho, no entanto foi realizada por complementar os resultados já obtidos pelos outros parâmetros monitorados. Para haver maior embasamento nas conclusões a respeito das variações do pH, Eh e condutividade em função da biodegradação dos combustíveis, seria necessário que as análises microbiológicas tivessem início juntamente com as análises das outras variáveis.

As análises microbiológicas foram realizadas no LAB III, Departamento de Bioquímica e Microbiologia Aplicada, Instituto de Biociências, UNESP - Rio Claro.

O procedimento consiste em utilizar 10 ml do meio Bushnell Hass em tubo de cultura esterelizados, inoculação de 1 ml das amostras de águas de saturação coletadas mais a adição de 0,1 ml do combustível (1% do volume do meio no tubo de cultura). Eles foram dispostos em estufa a 35°C até a descoloração do corante. O meio de cultura utilizado (Bushnell Hass) tem a seguinte composição:

MgSO₄ - 0,2g

CaCl₂ - 0,02g

KH₂PO₄ - 1g

K₂HPO₄ - 1g

NH₄NO₃ - 1g

FeCl₃ - 0,05g

Água destilada - 1000mL

Durante as análises, realizadas no dia 20 de abril de 2009, tubos de ensaio foram preparados com 10 ml de meio de cultura e autoclavados. Posteriormente foi adicionado ao meio de cultura 1 ml de amostra da água contaminada, 0,05 ml de gasolina pura (para as amostras do tanque 1) e 1 ml do corante 2,6-diclorofenol indofenol. Assim os tubos foram levados para uma estufa a temperatura constante de 35°C.

Para verificar a confiabilidade dos resultados, os ensaios foram realizados em quadruplicata para cada nível de profundidade do tanque além de um tubo chamado “controle” que continha o contaminante puro sem a presença da água contaminada. Estas análises foram efetuadas para amostras retiradas do tanque de gasolina nos meses de janeiro e fevereiro (período de 97 a 141 dias após a contaminação por gasolina).

Para indicar a presença de microorganismos degradadores de hidrocarbonetos, as amostras que no início do ensaio apresentavam cor azulada (Figura 16), deveriam se descolorir, fato que ocorreu 2 dias após o início dos testes (22 de abril de 2009).



Figura 16. Ensaio microbiológico 20/04/2009.

Tanque 1 – gasolina



Figura 17. Ensaio microbiológico 22/04/2009

Tanque 1 - gasolina

6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1. Tanque 1 - Gasolina

Seguem em tópicos os gráficos gerados a partir dos dados obtidos. Num primeiro momento os parâmetros são analisados separadamente em função do período do experimento.

Nos gráficos a seguir, o valor no eixo X correspondente a zero representa os dados equivalentes às análises efetuadas no primeiro dia da contaminação (30 de setembro de 2008)

e os dados obtidos antes deste marco representam a medida padrão (16 de setembro de 2008) de cada variável sem a presença do contaminante.

- Condutividade Elétrica

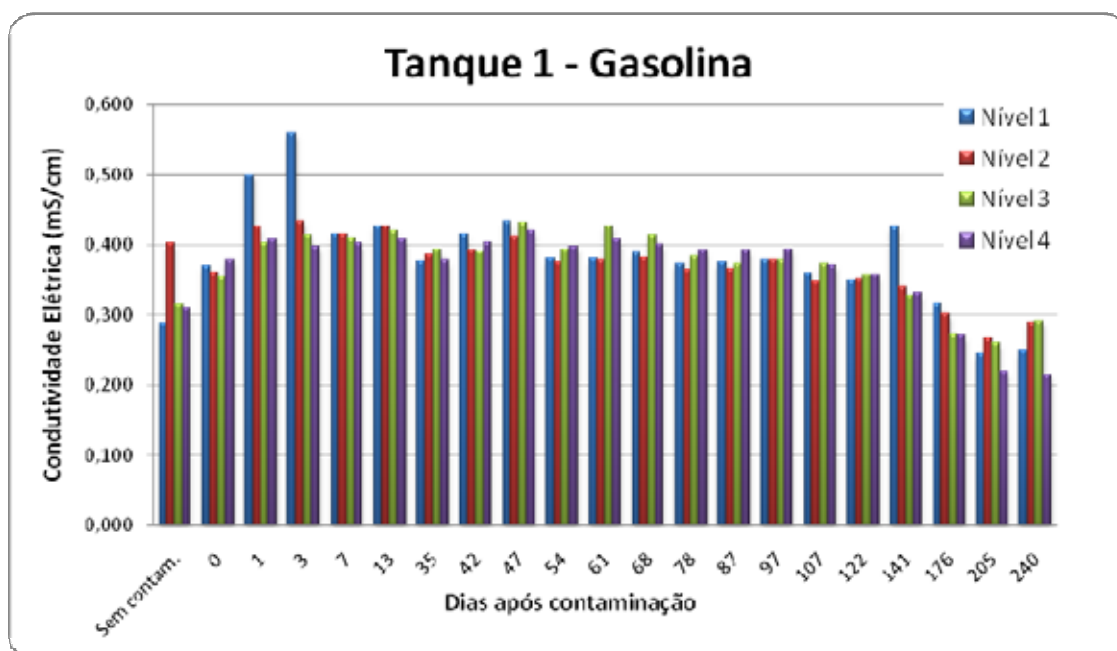


Figura 18. Variação da Condutividade Elétrica durante o período do experimento.

O gráfico descreve uma tendência de diminuição dos valores da condutividade elétrica ao longo do tempo, após um aumento próximo ao período de contaminação. Entretanto, existem picos anômalos como o valor correspondente ao tempo de 140 dias.

- Potencial de Oxiredução (Eh)

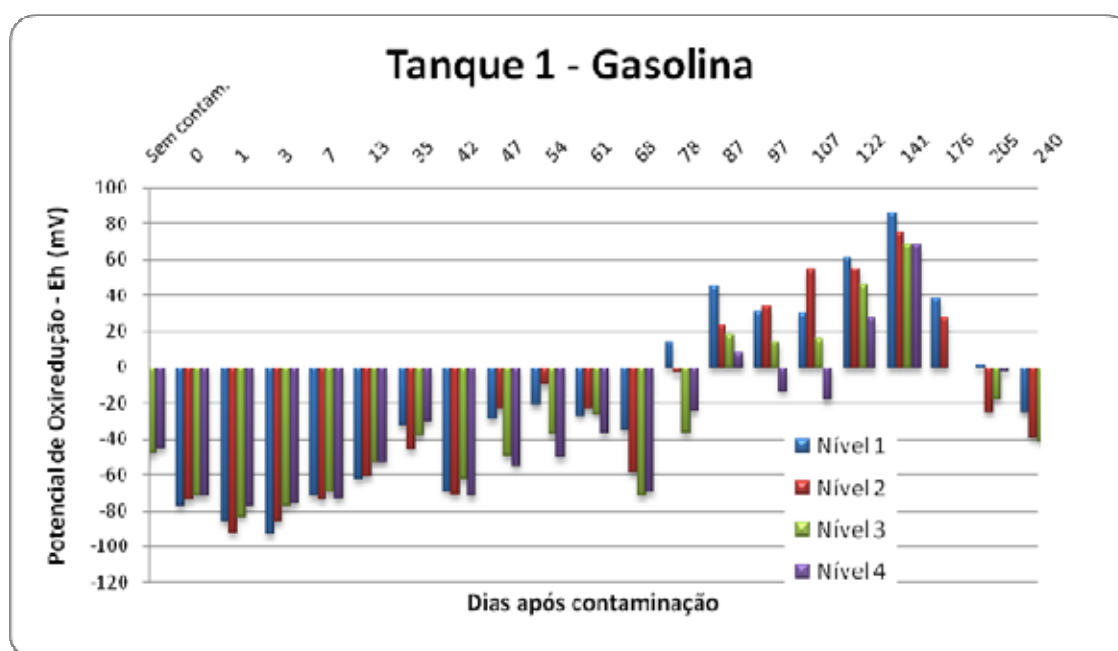


Figura 19. Variação do potencial de oxiredução durante o período do experimento.

Os valores do Eh decrescem imediatamente após a contaminação, e a partir do terceiro dia tendem a aumentar, tornando a decrescer somente a partir de 140 dias.

- Potencial Hidrogeniônico – Ph

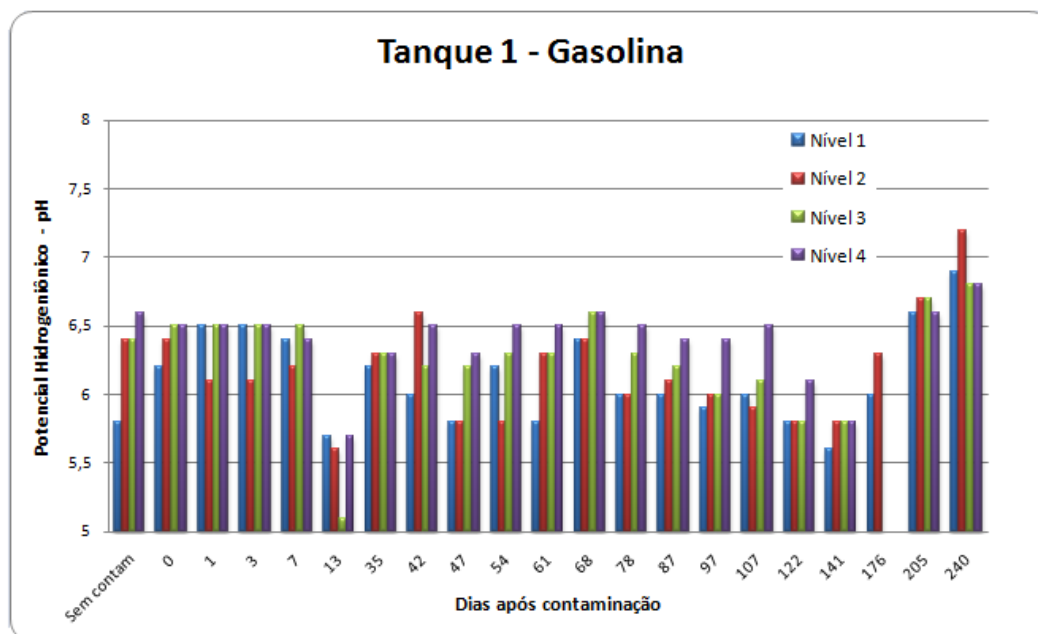


Figura 20. Variação do potencial hidrogeniônico durante o período do experimento.

No caso do potencial hidrogeniônico, os valores se mantêm pouco variáveis em uma faixa aproximada de pH entre 5,5 a 6,5, o que se altera a partir do valor equivalente a 140 dias, quando começa a aumentar.

- Temperatura

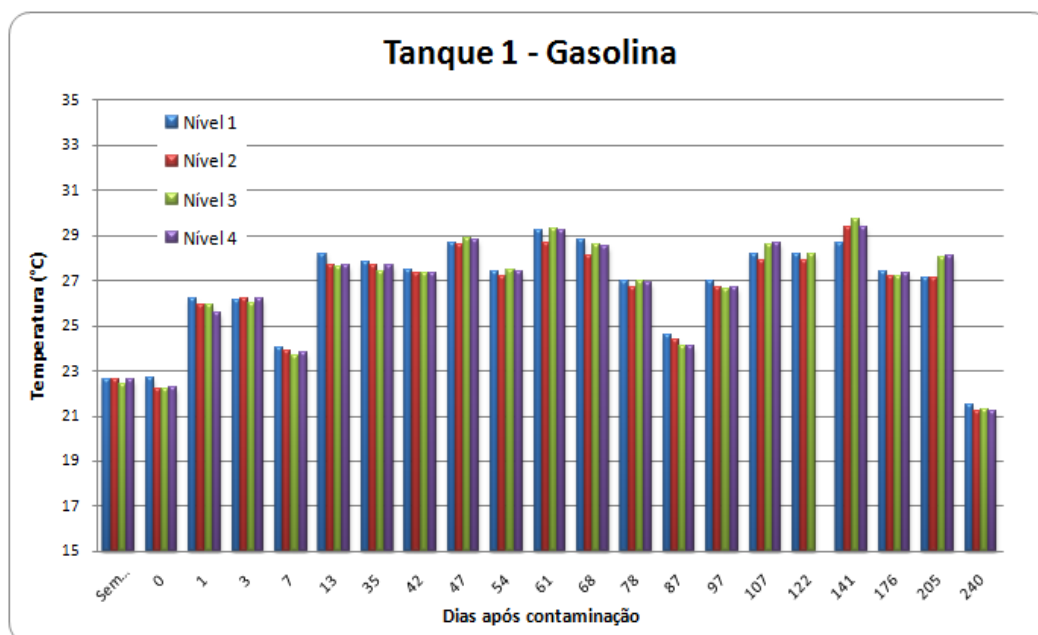


Figura 21. Variação da temperatura durante o período do experimento.

Nota-se que nos três primeiros parâmetros avaliados, existem anomalias ou mudança de tendências a partir do período de 140 dias após a contaminação.

As evidências encontradas são similares às análises de Mazzuco (2004), que indicam as condições favoráveis à biodegradação dos contaminantes: valores de temperatura próximos a 25°C e pH ligeiramente ácido. Outra condição favorável é o potencial de oxiredução com valores positivos, fato este que ocorre no período de 78 a 200 dias aproximadamente, e se comprova com as análises microbiológicas efetuadas neste período e indicam a presença de biodegradação.

A tendência predominante das variáveis acima apresenta características de um processo conhecido como atenuação natural, que ocorre naturalmente em áreas contaminadas e trata-se da degradação dos compostos presentes na gasolina. Vários compostos LNAPLs, como os BTEXs, podem ser degradados em condições ambientais (EPA, 1998).

De acordo com estudos de Mazzuco (2004) o pH pode ser relacionado com os processos de oxiredução que estão ocorrendo no aquífero, pois um decréscimo do pH pode inibir alguns grupos de microorganismos anaeróbicos, como no processo metanogênico, em que os microorganismos agem geralmente quando o pH é superior a 6. Isso pôde ser observado nos experimentos, quando no tempo próximo a 150 dias houve aumento do pH e diminuição dos valores de Eh; o que também se observa na Figura 22, que correlaciona Eh e pH para o tanque contaminado por gasolina.

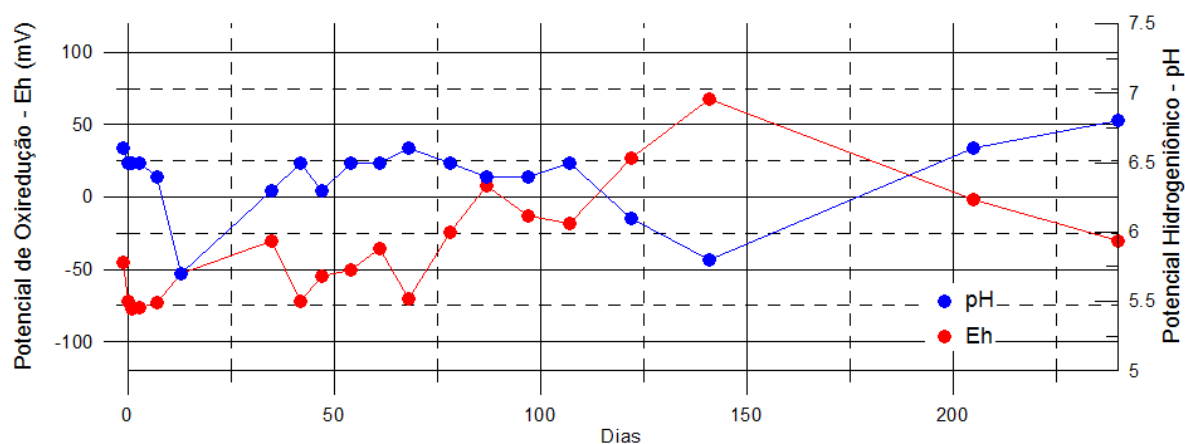


Figura 22. Relação entre potencial de oxiredução e potencial hidrogeniônico ao longo do período do experimento.

Há uma relação observada pelos dados obtidos através das análises entre a temperatura e o pH que se apresentaram inversamente proporcionais (Figura 23). Este fato tem explicação no item 3.5 do capítulo de revisão bibliográfica, onde se sabe que em água pura, $[H^+] = [OH^-]$

o pH = 7, e os valores em equilíbrio constante mudam com a temperatura. Independente da presença de outros solutos em solução, o produto da atividade dos íons hidrogênio e hidróxido é sempre 10^{-14} a 25°C.

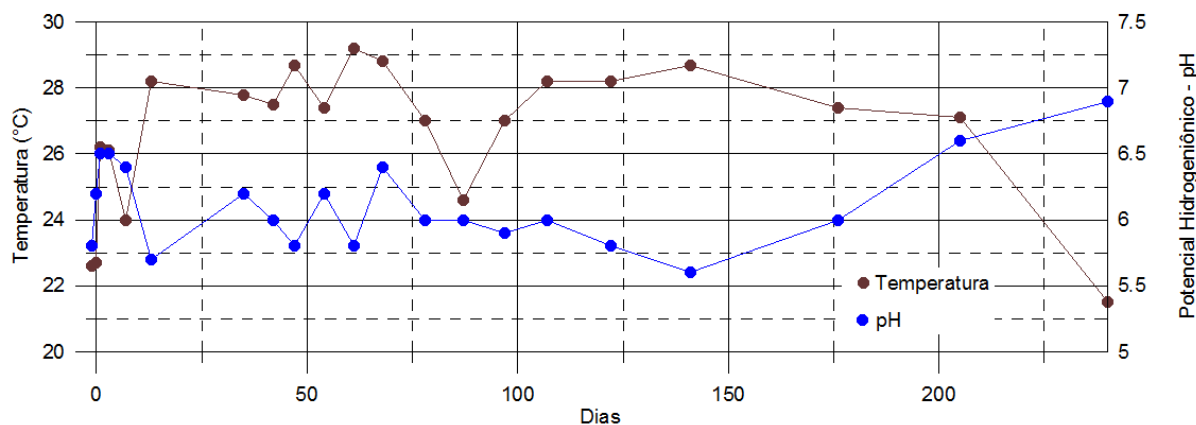


Figura 23. Relação entre temperatura e potencial hidrogeniônico ao longo do período do experimento.

A figura a seguir apresenta a variação da resistividade ao longo do tempo, obtida através das análises geofísicas pelo método da Eletorresistividade, técnica da perfilagem elétrica, arranjo Wenner. A partir disso, pode-se confirmar a variação deste parâmetro no período de 140 dias, como ocorreu com as variáveis anteriores.

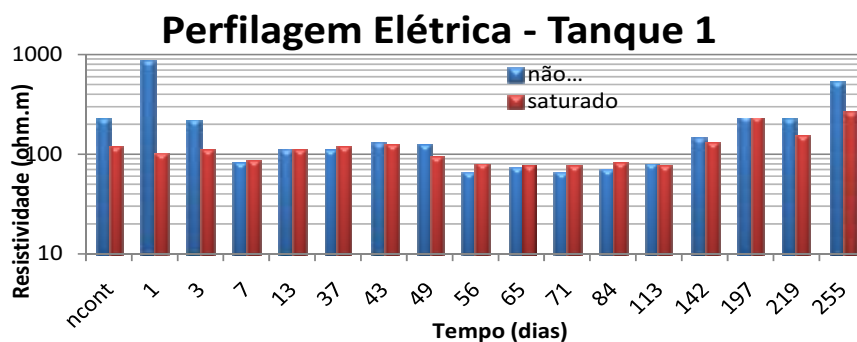


Figura 24. Variação da resistividade ao longo do período do experimento (Método da Eletorresistividade - Técnica da Perfilagem Elétrica – Arranjo Wenner)

Abaixo seguem as seções de resistividade (Figura 25) que foram obtidas através das análises geofísicas pelo método da Eletorresistividade, técnica do caminhamento elétrico, arranjo dipolo-dipolo. O método também comprova o aumento nos valores de resistividade a partir do tempo de 142 dias.

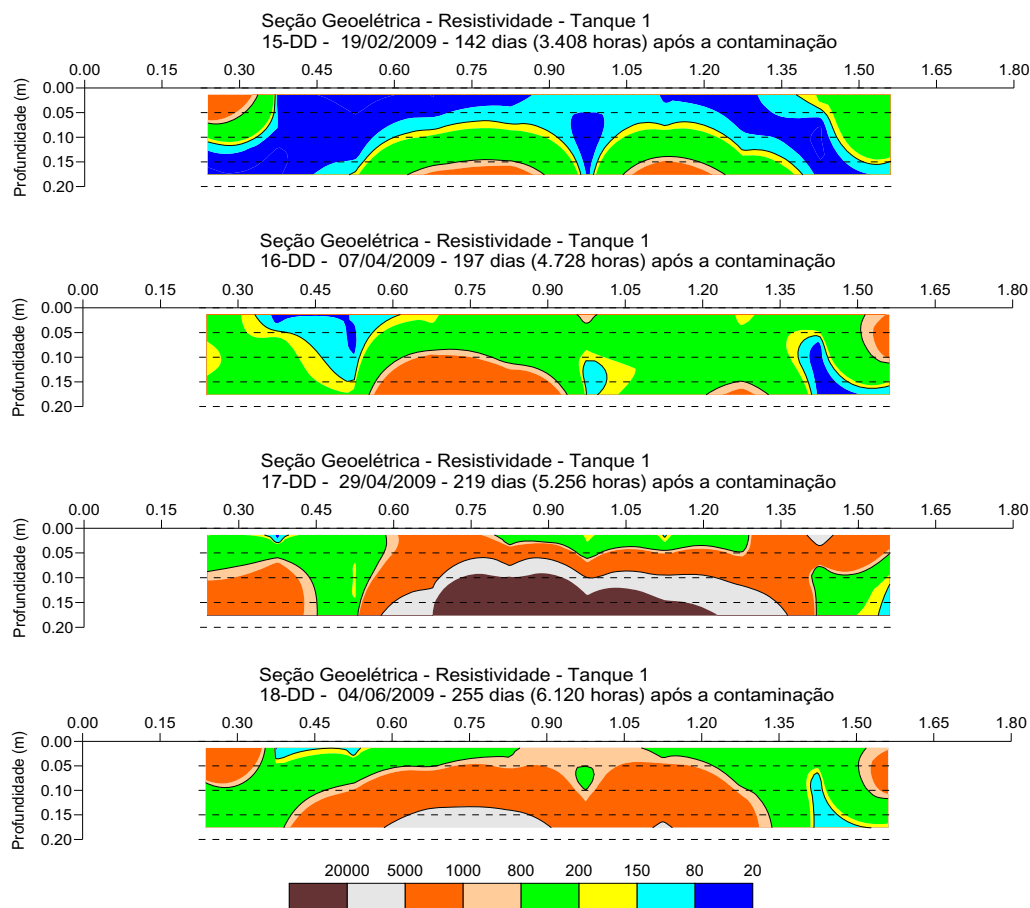


Figura 25. Seções de resistividade - Método da Eletorresistividade - Técnica do Caminhamento Elétrico – Arranjo Dipolo-Dipolo.

O gráfico abaixo (Figura 26) apresenta os dados de pluviosidade durante o período de setembro de 2008 a maio de 2009, que foram obtidos a partir do Centro de Análise e Planejamento Ambiental – CEAPLA no Campus da UNESP de Rio Claro.

A partir da pluviosidade, verifica-se que o período onde há maior quantidade de chuvas (aproximadamente de dezembro a março), equivale ao período onde os valores de Eh são positivos (de 68 a 176 dias após a contaminação). Assim, o aumento do potencial de oxiredução está ligado não somente aos processos de biodegradação, mas também ao aumento no índice de pluviosidade durante o período.

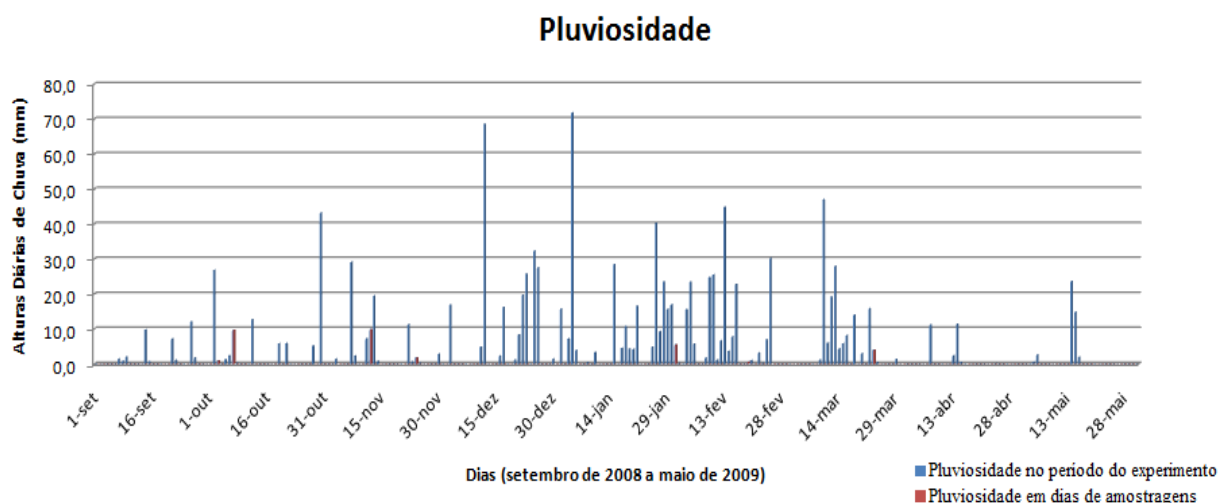


Figura 26. Gráfico da pluviosidade durante o período do experimento.

6.2. Tanque 2 – Álcool

Nos gráficos a seguir, o valor de dias correspondente a zero equivale ao primeiro dia da contaminação (07 de abril de 2009) e os dados obtidos antes deste marco representam a medida padrão (06 de abril de 2009) de cada variável sem a presença do contaminante.

- Condutividade Elétrica

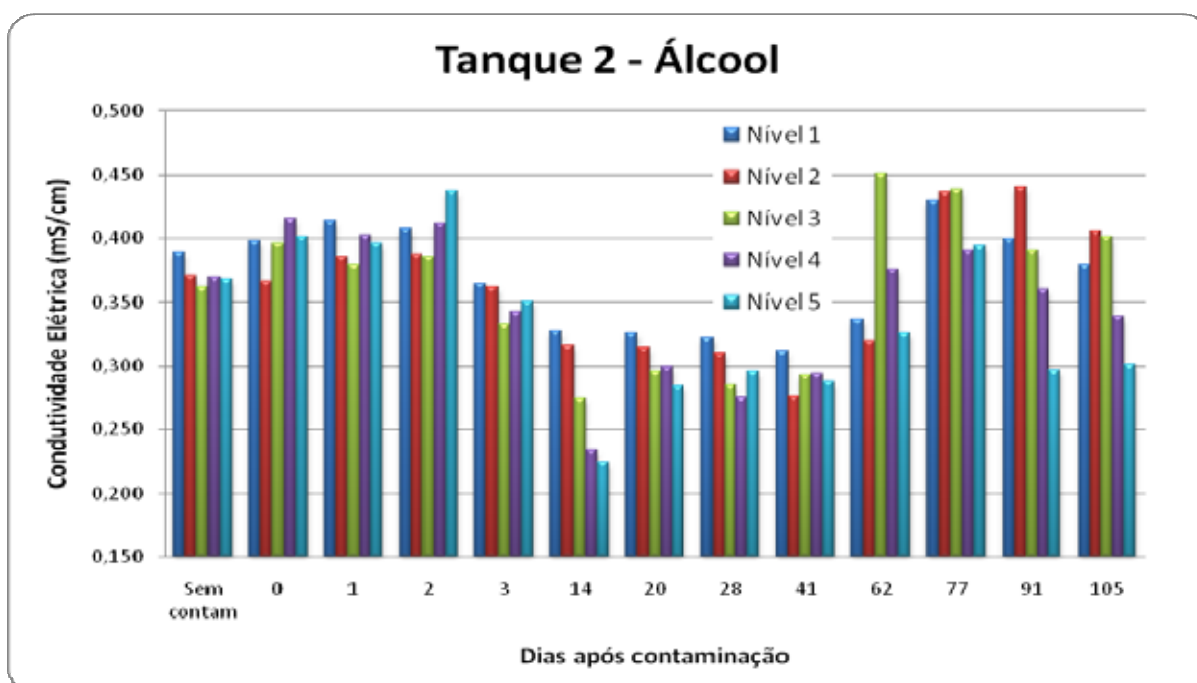


Figura 27. Variação da condutividade elétrica ao longo do período do experimento.

A figura 27 indica o decréscimo dos valores de condutividade até o período de aproximadamente 14 dias após a contaminação. A partir disto, a tendência é invertida, e há aumento dos valores.

- Potencial de Oxiredução – Eh

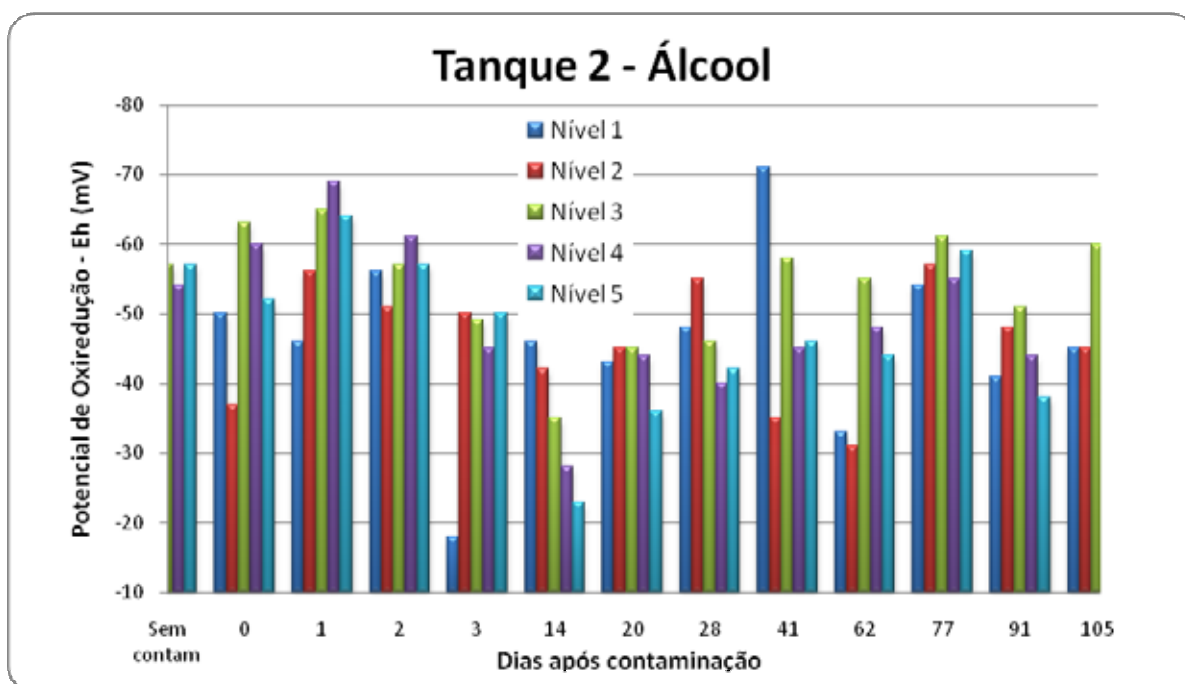


Figura 28. Variação do potencial de oxiredução ao longo do período do experimento.

A situação se repete com o Eh: passados 14 dias da contaminação, atinge seus valores mínimos e a tendência se inverte, porém existem maiores picos que destoam da mesma.

- Potencial Hidrogeniônico – pH

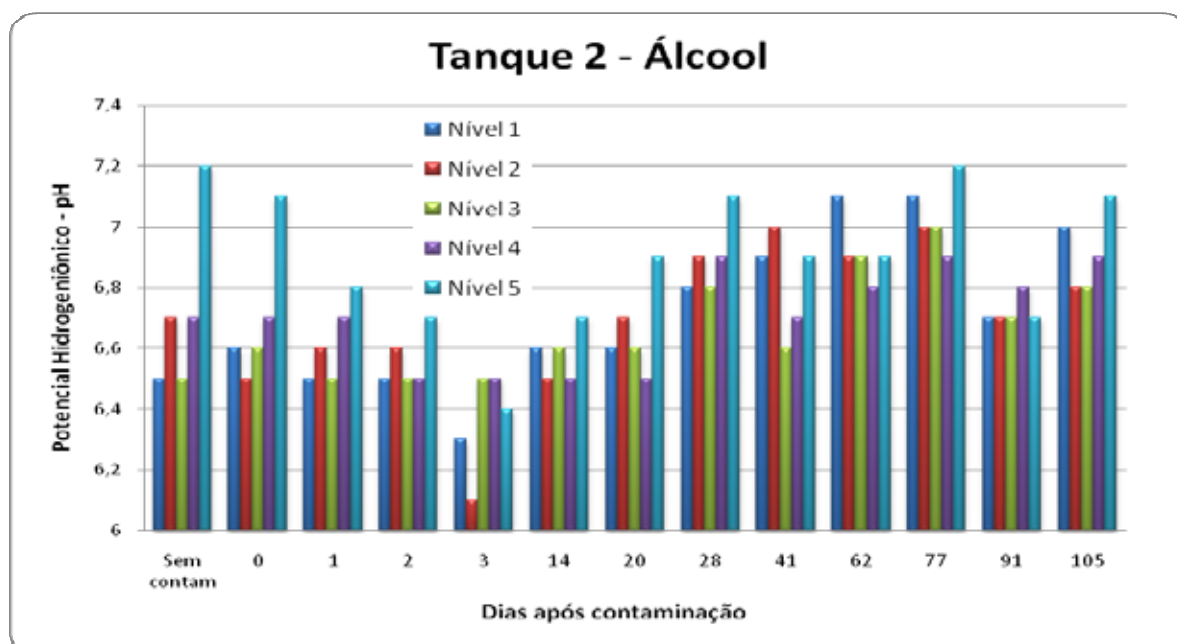


Figura 29. Variação do potencial hidrogeniônico ao longo do período do experimento.

No caso da variação do pH, a alteração na curva de tendência de decrescente para crescente ocorre no período de 3 dias após a contaminação, bastante antecipada com relação às inversões citadas acima no caso do tanque 2.

- Temperatura

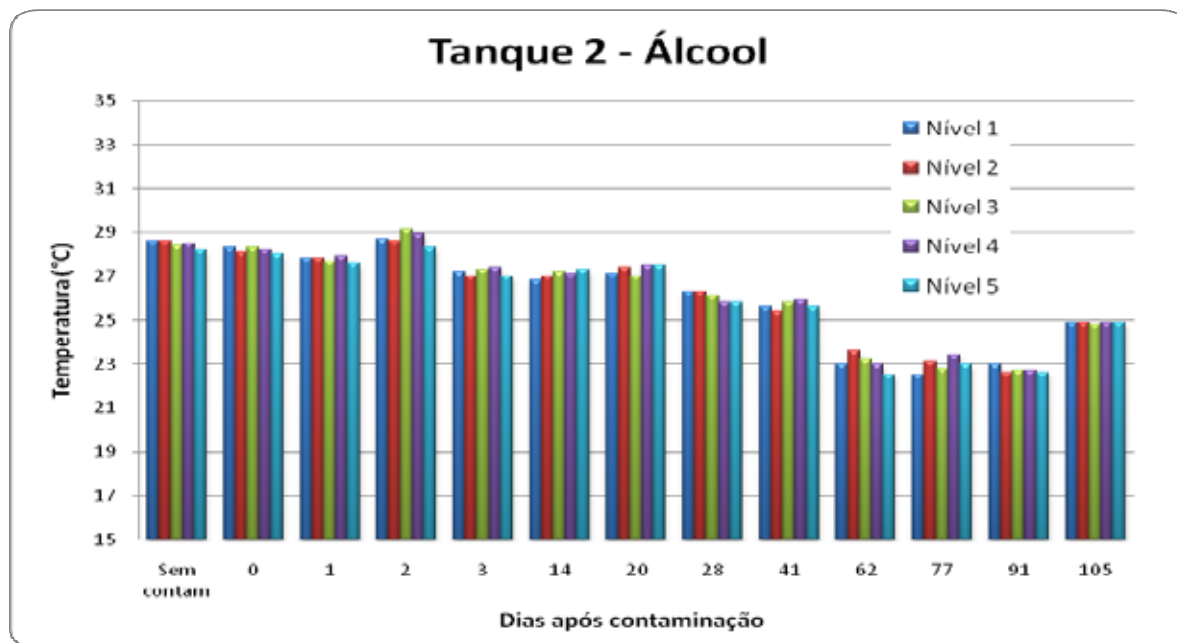


Figura 30. Variação da temperatura ao longo do período do experimento.

Estudos realizados por Kulkamp (2003), em um aquífero contaminado com óleo diesel e etanol, mostram que o pH do aquífero diminuiu, chegando a 4,2 na fonte de contaminação, onde se observou, naquele mesmo período, diminuição na concentração de etanol. A diminuição nos valores de pH, segundo a autora, é atribuída principalmente à biodegradação do etanol que resulta na formação de ácido acético que, por sua vez, em solução aquosa, dissocia-se formando altas concentrações de acetato e íons H^+ , que são os grandes responsáveis pelo decréscimo do pH. Este fato demonstra a possível razão da sensível queda nos valores de pH no tempo de 3 dias no tanque 2 (Figura 29), relativamente mais acentuada que a observada para o tanque contaminado com gasolina.

A partir das correlações dos parâmetros estudados conjuntamente durante o período do experimento para o tanque 2, pôde-se notar a clara relação de proporcionalidade inversa entre Eh e condutividade elétrica, como ilustra a figura 31 a seguir.

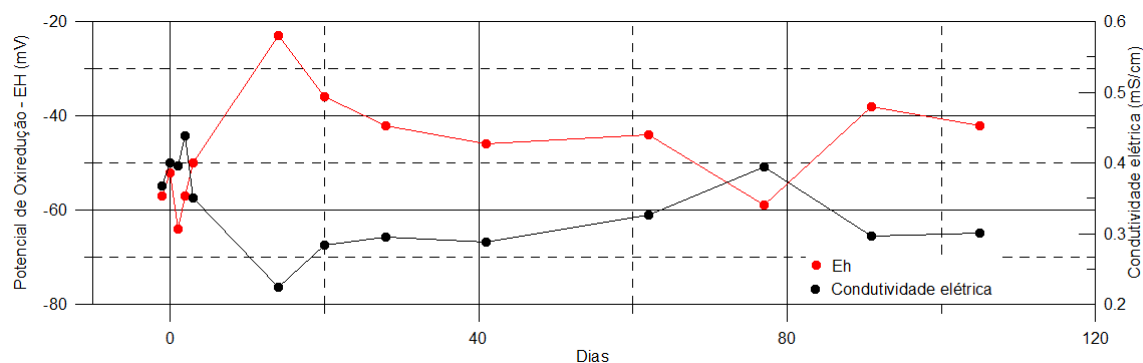


Figura 31. Relação entre potencial de oxidação e condutividade elétrica ao longo do período do experimento.

Outra relação observada foi a variação do Eh e do pH que ocorreu ao longo dos 3 meses das análises. Apesar de alguns valores que destoam das tendências principais dos dois parâmetros, também são inversamente proporcionais.

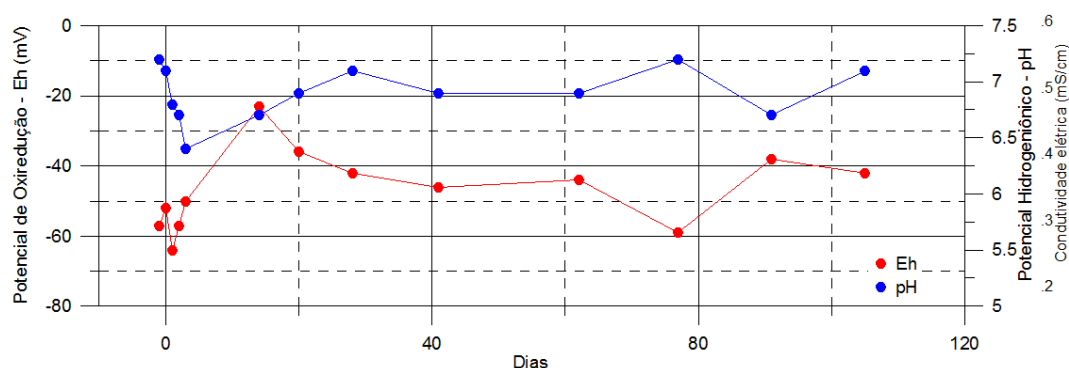


Figura 32. Relação entre potencial de oxidação e potencial hidrogeniônico ao longo do período do experimento.

6.3. Análise conjunta: Tanques 1 e 2

Para facilitar a visualização e comparar a diferença das variações de todos os parâmetros físico-químicos entre os tanques contaminados por gasolina e álcool, alguns ajustes foram feitos nos gráficos que foram apresentados acima.

Abaixo (figura 33), os gráficos que apresentam dados referentes ao tanque 1 foram reduzidos para um tempo máximo de 107 dias após a contaminação, pois existem menos dados referentes ao tanque 2, e dessa maneira compara-se a variação em períodos correspondentes.

Além disso, as escalas dos eixos verticais também foram alteradas para que seus valores máximos e mínimos de condutividade elétrica, Eh, pH e temperatura fiquem iguais e a real diferença entre as variações destes parâmetros possa ser observada.

Os resultados das variações dos parâmetros são conhecidos pela literatura para sedimentos contaminados por gasolina, no entanto para o caso de contaminação gerada por álcool combustível pouco se sabe.

A partir da figura 33, é natural que as variações da condutividade elétrica para o tanque 2 atingem valores mínimos menores que para o tanque 1, e as tendências também se opõem, já que para o primeiro caso verifica-se uma parábola com concavidade para baixo, e no segunda a concavidade é para cima.

Já para a avaliação do Eh, não existem valores positivos para o tanque 2, que apresenta menos variações, enquanto que para o tanque 1 os valores mínimos aproximam-se da faixa dos -100 mV, além de apresentar valores positivos próximos a 60 mV.

No caso do potencial hidrogeniônico, o tanque de gasolina apresenta valores ligeiramente mais ácidos que o segundo, e apresenta picos mais baixos próximos a 5, o que pode ser efeito do processo de biodegradação.

Nos gráficos comparativos da temperatura, o que ocorre é que as análises para o tanque 1 tiveram início no mês de setembro, passando pela primavera e verão, e no caso do tanque 2, a contaminação ocorreu em abril, no final do verão e início do outono.

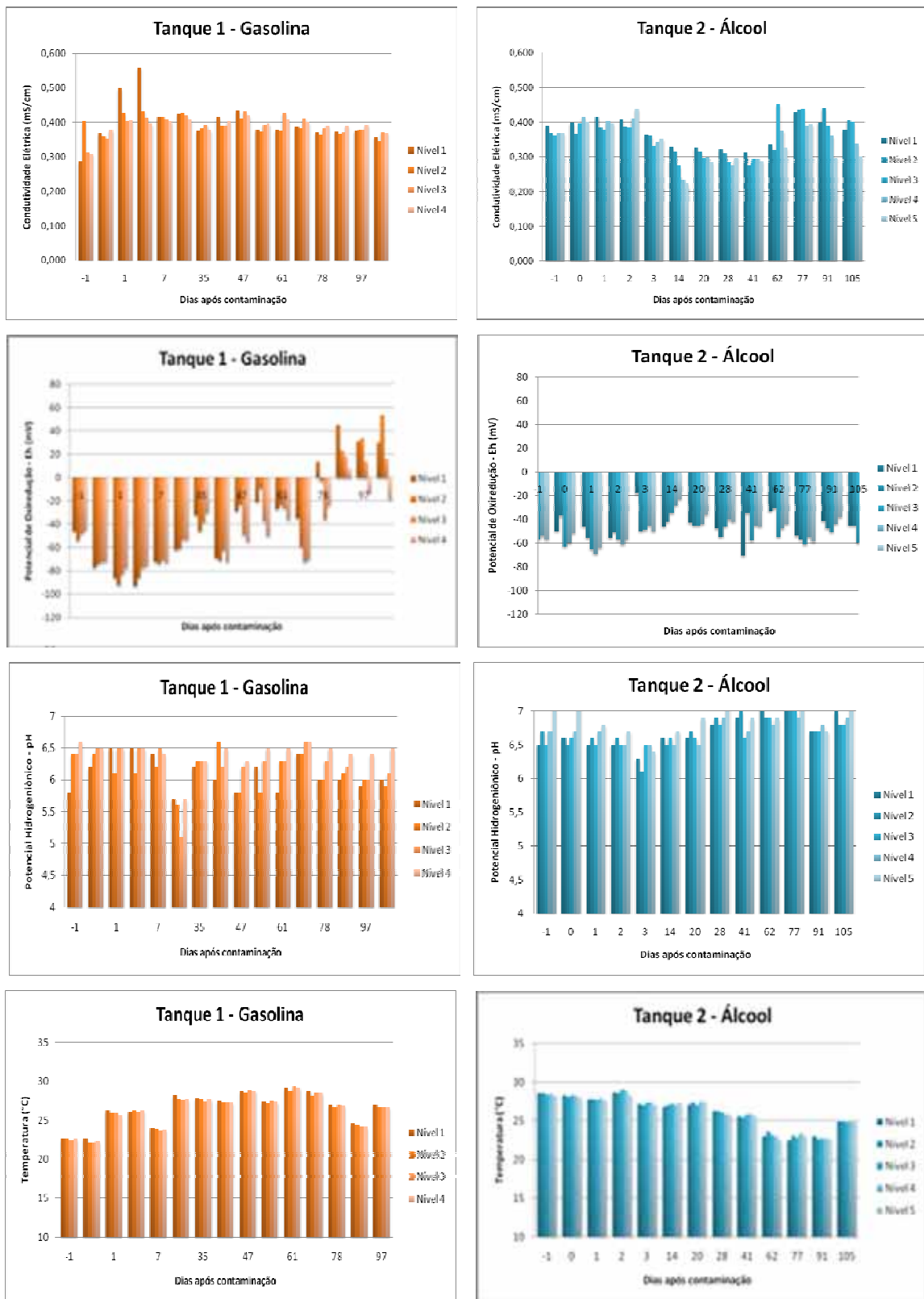


Figura 33. Comparação entre Condutividade, Eh, pH e Temperatura para os tanques 1 e 2.

7. CONCLUSÕES

A relevância do tema abordado se dá na medida em que os recursos hídricos de superfície são deteriorados e a água subterrânea vira foco como fonte de abastecimento público, onde seu consumo é crescente, apesar dos riscos e da má qualidade devido ao mau gerenciamento de suas potenciais fontes de contaminação. Este cenário propicia riscos à saúde humana e demanda estudos a respeito dessas fontes para possibilitar a avaliação, monitoramento e recuperação das áreas afetadas.

A partir disso, as análises desenvolvidas vêm abordar o monitoramento de parâmetros reconhecidamente variáveis em plumas de contaminação que foram simuladas, e permitiram as seguintes conclusões:

Para a análise das águas de saturação em sedimentos contaminados por gasolina:

- A tendência para a condutividade elétrica é de diminuir ao longo do tempo, e para o potencial de oxiredução houve aumento dos valores, de aproximadamente -100mV para 80 mV, Eh máximo que marcou o início de novo decréscimo;
- As correlações entre os parâmetros Eh e pH, e temperatura e pH demonstraram relação inversamente proporcional. No primeiro caso, a situação ocorre pelo fato de o acréscimo do pH poder inibir alguns grupos de microorganismos anaeróbicos, que agem geralmente quando o pH é superior a 6. O segundo caso ocorre pelo fato de que o produto da atividade dos íons hidrogênio e hidróxido (K) é sempre 10^{-14} a 25°C, constante K que se altera com as mudanças na temperatura;
- Os parâmetros Eh, pH e condutividade elétrica apresentaram anomalias ou mudança de tendência no período aproximado de 140 dias, e suas características favorecem reações de biodegradação: pH ligeiramente ácido, Eh positivo e temperatura próxima aos 25°C. Quando os valores de Eh foram positivos, houve comprovação do processo de biodegradação através de análises microbiológicas;
- No método da Eletroresistividade, a técnica de perfilagem elétrica, arranjo Wenner e a técnica do caminhamento elétrico, arranjo dipolo-dipolo, confirmaram a variação dos valores de condutividade elétrica obtidos pela análise das águas de saturação, já que a resistividade elétrica (em Ohm) é o inverso da condutividade elétrica (em Mho);

Para a análise das águas de saturação em sedimentos contaminados por álcool combustível:

- A tendência dos valores de condutividade elétrica foram de queda até o período igual a 14 dias, a partir daí os valores aumentam; situação que se repete para os parâmetros Eh e pH, porém para este último, a mudança de tendência ocorre no período de 3 dias.

- A queda nos valores de pH pode ser atribuída à biodegradação do etanol, que resulta na formação de ácido acético que, em solução aquosa, dissocia-se formando altas concentrações de acetato e íons H^+ , (grandes responsáveis pelo decréscimo do pH).

- As correlações entre os parâmetros Eh e pH, e Eh e condutividade elétrica demonstraram relação inversamente proporcional, que também pode ter ocorrido pela inibição de alguns grupos de microorganismos anaeróbicos, que agem geralmente quando o pH é superior a 6.

Finalmente, comparando-se as variações dos dois tanques, nota-se que Eh, pH e condutividade elétrica temporalmente não se comportaram de maneira similar em cada um deles, apesar de algumas correlações entre Eh e pH serem correspondentes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13785**: instalação de tanque subterrâneo com paredes duplas em postos de serviço. Rio de Janeiro, 1997. 10 p.

BARKER, J. F.; PATRICK, G. C.; MAJOR, D. **Natural attenuation of aromatic hydrocarbons in a shallow sand aquifer**. Groundwater Monitoring Review, Columbus, v. 7, n. 1, p. 64-71, 1987.

BRAGA, A. C. O.; MOREIRA, C. A.; CARDINALI, M. T. **Variação Temporal da Resistividade Elétrica em Contaminação por Gasolina**. Geociências. Universidade estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. V 27, n. 4, 2008, p. 517-525.

BRAGA, A. C. O.; CARDINALI, M.T.; **Aplicação da resistividade e cargabilidade em estudos de contaminação de sedimentos por derivados de hidrocarbonetos**. ISSN 0102-261X, Revista Brasileira de Geofísica, v. 23(2), 2005, p. 181-190.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**. 19 p.

BROWNLOW, A. H. **Geochemistry**. 2ª Ed. New Jersey Prentice-Hall Inc., 1996, 580 p.

CASARINI, C. P.; SPILBORGHS, M. C. F. **Biorrecuperação de locais contaminados com hidrocarbonetos**. In: FIRST LABS. LATIM AMERICAM BIODETERIORATION SYMPOSIUM. 12p., 1992.

CASSIDY, D.P. et al. The Effects of LNAPL Biodegradation Products on Electrical Conductivity Measurements. **Journal of Environmental & Engineering Geophysics**, v. 6, n. 1, p. 47-52, 2001.

CHAPELLE, F. H. **Ground water microbiology & geochemistry**. N.Y. John Wiley & Sons Inc. 424p., 1993.

CONSELHO INTERMINISTERIAL DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL. **Resolução Cima Nº 30, de 15 de maio de 2003**. Dispõe sobre a adição de álcool etílico anidro combustível à gasolina.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 273 de 29 de novembro de 2000.** Dispõe sobre prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços. Relator: José Carlos Carvalho

CORSEUIL, H. X.; ALVAREZ, P. J. J. **Natural bioremediation perspective for BTXcontaminated groundwater in Brazil: effect of ethanol.** Wat. Sci. Tech., v. 34, p.311-318, 1996.

FERNANDES, M., CORSEUIL, H. X. **Contaminação de águas subterrâneas por derramamento de gasolina: efeito cossolvência.** In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 3 1996, Gramado, Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996.

FERREIRA, J., ZUQUETTE, L.V. 1998. **Considerações sobre as interações entre contaminantes constituídos de hidrocarbonetos e os componentes do meio físico.** Geociências, São Paulo, V. 17 (2): 527 – 557.

FERREIRA, S. M. Água, Etanol e Gasolina. **Águas Subterrâneas.** São Paulo, Ano 1, Ed. 1, p. 22-24, 2007.

GUIGUER, N. **Poluição das águas subterrâneas e do solo causada por vazamentos em postos de abastecimento.** Waterloo Hydrogeologic, Inc. 356p., 2000.

HUBBARD, C. E.; BARKER, J. F.; O'HANESSIN, S. F.; VANDEGRIENDT, M.; GILLHAM, R. W. **Transport and Fate of Dissolved Methanol, Methyl-Tertiary-Butyl-Ether, and Monoaromatic Hydrocarbons in a shallow Sand Aquifer,** API Publication Number 4601, American Petroleum Institute, Washington, DC, 1994.

JOSÉ, C., CAVALCANTE, I. N. **Diagnóstico e Monitoramento Ambiental através de Técnica Geofísica de Indução Eletromagnética de Correntes no Terreno.** XXII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, 2000.

KULCAMP, M.S. **Atenuação Natural de Hidrocarbonetos de Petróleo em Aquíferos com**

Derramamentos Simultâneos de Diesel e Etanol. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC. 2003.

MARIANO, A. P. **Avaliação do Potencial de Biorremediação de Solos e de Águas Subterrâneas Contaminados com Óleo Diesel.** Rio Claro, 2006. 162p.

MATTIADO, D. Mistura Brasileira. **Revista Águas Subterrâneas.** São Paulo, Ano 1, Ed. 1, p. 18-21, 2007.

MAZZUCO, L. M. **Atenuação Natural de Hidrocarbonetos Aromáticos em Aquíferos Contaminados com Óleo Diesel.** Dissertação (Mestrado). UFSC, Florianópolis, 2004.

MOREIRA, C. A. **Geofísica Aplicada no Monitoramento de Área de Disposição de Resíduos Sólidos Domiciliares.** Tese (doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP, Rio Claro, 2009.

SANTOS, R. F. et al. **Influência do etanol na biodegradação do benzeno em aquíferos contaminados com derramamento de gasolina.** In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 3. 1996, Gramado. Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996.

SANTOS, R. C. **Impacto do Etanol na Biodegradação de Compostos Hidrocarbonetos Monoaromáticos em Aquíferos Contaminados por Derramamento de Gasolina.** Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Ambiental. UFSC, Florianópolis, 1996.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Handbook on in situ treatment of hazardous waste-contaminated soils.** EPA/540/2-90-W2, Ada, Oklahoma, 1990.

ZOBY, J. L. G. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil.** XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal, 2008.

ZOBY, J.L.G. & MATOS, B. **Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12. Florianópolis: ABAS, 2002. CD-ROM.

YU, T. R.; JI, G. L. **Electrochemical methods in soil and water research**. Exeter, Pergamon Press, 1993, 478 p.

APÊNDICE A

ANÁLISE DAS ÁGUAS DE SATURAÇÃO TANQUE 1 – GASOLINA

PARÂMETROS: pH, Eh e Condutividade Elétrica

(Valores correspondentes às médias obtidas entre os Poços de Monitoramento: PM1, PM2 e PM3)

TANQUE 1		Data:16/09/08			Temp Ambiente: 23°C			SEM CONTAMINAÇÃO		
GASOLINA		POÇO: PM-1			POÇO: PM-2			POÇO: PM-3		
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,285	-40,00	5,9	0,304	-71,00	5,5	0,273	-27,00	6,1
2	39,0	0,532	-55,00	6,8	0,357	-85,00	5,4	0,316	-22,00	6,9
3	33,5	0,292	-61,00	6,9	0,306	-53,00	6,7	0,340	-31,00	7,2
4	28,5	0,328	-75,00	5,9	0,273	-17,00	6,9	0,325	-42,00	7,4

TANQUE 1		Data:30/09/2008			Temp Ambiente: 23,5°C			CONTAMINADO - 1		
GASOLINA		POÇO: PM-1			POÇO: PM-2			POÇO: PM-3		
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,360	-62,00	6,0	0,380	-80,00	6,1	0,368	-89,00	6,6
2	39,0	0,355	-65,00	6,3	0,379	-85,00	6,4	0,345	-73,00	6,6
3	33,5	0,277	-59,00	6,7	0,365	-74,00	6,4	0,419	-83,00	6,5
4	28,5	0,344	-65,00	6,6	0,328	-67,00	6,5	0,463	-84,00	6,5

TANQUE 1		Data:01/10/2008			Temp Ambiente: 28°C			CONTAMINADO - 2		
GASOLINA		POÇO: PM-1			POÇO: PM-2			POÇO: PM-3		
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,707	-82,00	6,4	0,424	-98,00	6,5	0,367	-78,00	6,5
2	39,0	0,453	-101,00	5,2	0,428	-90,00	6,5	0,400	-84,00	6,6
3	33,5	0,373	-81,00	6,5	0,376	-76,00	6,5	0,458	-91,00	6,6
4	28,5	0,412	-79,00	6,5	0,350	-66,00	6,4	0,458	-87,00	6,6

TANQUE 1		Data:03/10/2008			Temp Ambiente: 26 °C			CONTAMINADO - 3		
GASOLINA		POÇO: PM-1			POÇO: PM-2			POÇO: PM-3		
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,772	-97,00	6,5	0,457	-85,00	6,5	0,446	-98,00	6,6
2	39,0	0,438	-91,00	5,2	0,439	-80,00	6,5	0,421	-88,00	6,6
3	33,5	0,377	-77,00	6,5	0,408	-70,00	6,5	0,455	-83,00	6,6
4	28,5	0,379	-76,00	6,6	0,347	-70,00	6,5	0,462	-81,00	6,5

TANQUE 1		Data:07/10/2008			Temp Ambiente: 25,5 °C			CONTAMINADO - 4		
GASOLINA		POÇO: PM-1			POÇO: PM-2			POÇO: PM-3		
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,429	-67,00	6,4	0,433	-72,00	6,3	0,384	-76,00	6,5

2	39,0	0,448	-76,00	5,7	0,428	-68,00	6,4	0,366	-79,00	6,6
3	33,5	0,345	-69,00	6,5	0,420	-70,00	6,4	0,461	-70,00	6,5
4	28,5	0,385	-80,00	6,4	0,349	-69,00	6,4	0,472	-69,00	6,4

TANQUE 1		Data:13/10/2008			Temp Ambiente: 28 °C			CONTAMINADO - 5		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,436	-76,00	6,4	0,453	-56,00	4,4	0,389	-55,00	6,2
2	39,0	0,476	-70,00	6,3	0,426	-52,00	4,4	0,380	-60,00	6,1
3	33,5	0,399	-66,00	5,0	0,440	-48,00	4,2	0,421	-44,00	6,0
4	28,5	0,410	-58,00	4,9	0,374	-47,00	5,8	0,441	-55,00	6,4

TANQUE 1		Data:05/11/2008			Temp Ambiente: 28°C			CONTAMINADO - 6		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,354	-41,00	6,4	0,412	-28,00	6,1	0,362	-28,00	6,2
2	39,0	0,423	-63,00	6,4	0,378	-34,00	6,2	0,352	-41,00	6,4
3	33,5	0,337	-51,00	6,4	0,395	-24,00	6,1	0,446	-40,00	6,3
4	28,5	0,358	-44,00	6,4	0,333	-16,00	6,2	0,443	-30,00	6,2

TANQUE 1		Data:12/11/2008			Temp Ambiente: 29°C			CONTAMINADO - 7		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,411	-62,00	6,4	0,447	-81,00	6,4	0,386	-64,00	5,3
2	39,0	0,394	-69,00	6,5	0,390	-74,00	6,4	0,390	-69,00	6,8
3	33,5	0,379	-59,00	6,5	0,385	-59,00	6,5	0,405	-67,00	5,6
4	28,5	0,412	-72,00	6,6	0,395	-71,00	6,4	0,406	-72,00	6,5

TANQUE 1		Data:17/11/2008			Temp Ambiente: 29,2 °C			CONTAMINADO - 8		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,403	-37,00	5,9	0,468	16,00	5,3	0,432	-66,00	6,2
2	39,0	0,438	-42,00	6,2	0,403	11,00	5,4	0,391	-39,00	5,9
3	33,5	0,415	-47,00	6,4	0,444	-39,00	5,8	0,435	-61,00	6,3
4	28,5	0,431	-62,00	6,6	0,427	-45,00	6,1	0,400	-58,00	6,3

TANQUE 1		Data:24/11/2008			Temp Ambiente: 28°C			CONTAMINADO - 9		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH

1	44,5	0,369	1,00	6,1	0,409	-22,00	6,1	0,360	-43,00	6,4
2	39,0	0,384	-14,00	5,5	0,380	-11,00	6,0	0,358	-3,00	5,9
3	33,5	0,349	-15,00	6,2	0,410	-32,00	6,2	0,421	-64,00	6,5
4	28,5	0,386	-41,00	6,4	0,402	-49,00	6,5	0,399	-59,00	6,6

TANQUE 1		Data:01/12/2008			Temp Ambiente: 30 °C			CONTAMINADO -10		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,361	30,00	5,8	0,385	-36,00	4,9	0,391	-75,00	6,6
2	39,0	0,374	26,00	6,0	0,394	-56,00	6,5	0,362	-40,00	6,3
3	33,5	0,410	40,00	6,1	0,432	-46,00	6,3	0,439	-72,00	6,5
4	28,5	0,411	22,00	6,2	0,407	-57,00	6,6	0,405	-72,00	6,7

TANQUE 1		Data:08/12/2008			Temp Ambiente: 28 °C			CONTAMINADO - 11		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,384	32,00	6,1	0,381	-58,00	6,5	0,400	-78,00	6,5
2	39,0	0,386	-42,00	6,3	0,378	-61,00	6,5	0,381	-74,00	6,5
3	33,5	0,409	-60,00	6,6	0,392	-65,00	6,5	0,435	-91,00	6,6
4	28,5	0,384	-54,00	6,5	0,388	-72,00	6,7	0,432	-85,00	6,5

TANQUE 1		Data:18/12/2008			Temp Ambiente: 28 °C			CONTAMINADO -12		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,367	75,00	5,8	0,376	-20,00	6,2	0,374	-13,00	6,1
2	39,0	0,365	23,00	5,6	0,352	-21,00	6,2	0,375	-12,00	6,1
3	33,5	0,379	-23,00	6,2	0,357	-25,00	6,2	0,413	-61,00	6,5
4	28,5	0,403	39,00	6,4	0,377	-53,00	6,5	0,394	-57,00	6,6

TANQUE 1		Data:27/12/2008			Temp Ambiente: 24 °C			CONTAMINADO -13		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,379	141,00	5,8	0,378	-6,00	6,1	0,369	1,00	6,0
2	39,0	0,378	64,00	6,1	0,358	-2,00	6,2	0,363	6,00	6,0
3	33,5	0,351	80,00	6,0	0,355	15,00	6,1	0,410	-40,00	6,5
4	28,5	0,393	100,00	6,3	0,387	-24,00	6,4	0,393	-51,00	6,5

TANQUE 1		Data:06/01/2009			Temp Ambiente: 26,6°C			CONTAMINADO -14		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof.	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH

	(cm)									
1	44,5	0,390	72,00	5,8	0,368	12,00	6,1	0,373	8,00	
2	39,0	0,405	66,00	6,0	0,356	14,00	6,1	0,372	22,00	
3	33,5	0,370	43,00	6,1	0,363	13,00	6,0	0,400	-14,00	
4	28,5	0,405	11,00	6,4	0,375	-16,00	6,4	0,400	-35,00	

TANQUE 1		Data:16/01/2009			Temp Ambiente: 28,6°C			CONTAMINADO -15		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,382	98,00	5,4	0,347	-11,00	6,4	0,345	3,00	6,2
2	39,0	0,361	88,00	6,1	0,332	27,00	6,0	0,345	46,00	5,7
3	33,5	0,342	70,00	6,0	0,350	52,00	5,6	0,423	-73,00	6,6
4	28,5	0,356	35,00	6,4	0,343	-25,00	6,6	0,411	-65,00	6,6

TANQUE 1		Data:31/01/2009			Temp Ambiente: 28 °C			CONTAMINADO -16		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,393	101,00	5,6	0,346	38,00	5,9	0,308	43,00	5,8
2	39,0	0,370	73,00	5,8	0,338	37,00	6,0	0,341	55,00	5,7
3	33,5	0,341	54,00	5,7	0,366	57,00	5,7	0,363	28,00	6,0
4	28,5	0,364	30,00	6,2	0,343	22,00	6,2	0,365	28,00	5,9

TANQUE 1		Data:19/02/2009			Temp Ambiente: 29,5°C			CONTAMINADO -17		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,672	110,00	5,6	0,340	71,00	5,6	0,260	76,00	5,6
2	39,0	0,385	72,00	6,0	0,316	59,00	5,9	0,316	95,00	5,5
3	33,5	0,345	78,00	5,7	0,354	62,00	5,9	0,281	64,00	5,8
4	28,5	0,350	54,00	6,1	0,328	90,00	5,4	0,312	59,00	5,8

TANQUE 1		Data:23/03/2009			Temp Ambiente: 27,0°C			CONTAMINADO -18		
GASOLINA		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,369	68,00	6,0	0,323	23,00	6,0	0,252	22,00	6,1
2	39,0	0,354	51,00	6,4	0,304	6,00	6,4	0,246	24,00	6,1
3	33,5	0,307			0,273			0,232		
4	28,5	0,353			0,249			0,208		

TANQUE 1		Data: 21/04/2009			Temp Ambiente: 27,6 °C			CONTAMINADO - 19					
GASOLINA		POÇO:		PM-1		POÇO:		PM-2		POÇO:		PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,242	42,00	6,9	0,237	3,00	6,40	0,254	-39,00	6,5			
2	39,0	0,289	-3,00	6,9	0,270	-28,00	6,60	0,240	-44,00	6,5			
3	33,5	0,305	-6,00	6,9	0,231	-12,00	6,50	0,240	-36,00	6,6			
4	28,5	0,276	10,00	7,1	0,168	19,00	6,20	0,215	-34,00	6,5			

TANQUE 1		Data:26/05/2009			Temp Ambiente: 20,2 °C			CONTAMINADO -20					
GASOLINA		POÇO:		PM-1		POÇO:		PM-2		POÇO:		PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH			
1	44,5	0,240	-4,00	7,2	0,242	-24,00	6,80	0,260	-47,00	6,8			
2	39,0	0,243	-25,00	7,9	0,311	-39,00	6,80	0,314	-54,00	6,8			
3	33,5	0,239	-27,00	6,9	0,314	-45,00	6,70	0,317	-50,00	6,8			
4	28,5	0,196	-19,00	6,7	0,191	-25,00	6,70	0,254	-46,00	6,9			

PARÂMETRO: Temperatura

Temperatura (°C) Data:16/09/08

	PM-1	PM-2	PM-3
1	23,4	22,6	21,9
2	23,6	22,8	21,5
3	23,1	22,7	21,4
4	23,7	22,6	21,6

Coluna d'água = 25,5 cm

SEM CONTAMINAÇÃO

Temperatura (°C) Data: 01/10/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	26,4	27,8	24,5
2	25,8	27,7	24,3
3	26,2	26,6	24,9
4	26,1	26,3	24,5

Coluna d'água = 27 cm

CONTAMINADO-2

Temperatura (°C) Data:07/10/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	23,3	24,1	24,6
2	23,1	24,3	24,4
3	23,2	23,8	24

Temperatura (°C) Data: 30/09/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	23,2	22,5	22,5
2	22,6	22,2	21,9
3	22,5	22,1	21,9
4	22,5	22,2	22,2

Coluna d'água = 36,5 cm

CONTAMINADO-1

Temperatura (°C) Data:03/10/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	25,8	26,1	26,4
2	26,5	26,1	26,1
3	26,1	26	25,8
4	26,2	26,1	26,2

Coluna d'água = 35 cm

CONTAMINADO-3

Temperatura (°C) Data:13/10/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	29,3	27,9	27,3
2	28,4	27,4	27,2
3	28,3	27,7	26,9

4	23,2	24,1	24
---	------	------	----

Coluna d'água = 37 cm

CONTAMINADO-4

Temperatura (°C) Data: 05/11/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	28,7	27,8	27
2	28,7	27,6	26,9
3	27,6	28	26,6
4	28	28,4	26,7

Coluna d'água = 27cm

CONTAMINADO-6

Temperatura (°C) Data: 17/11/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	29,5	28,4	28,2
2	29,4	28,3	28
3	28,9	29,6	28,2
4	29,7	28,7	28

Coluna d'água = 27cm

CONTAMINADO-8

Temperatura (°C) Data: 01/12/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	29,6	28,9	29,1
2	29,5	28,1	28,5
3	28,9	30,2	28,9
4	29,2	29,8	28,7

Coluna d'água = 24cm

CONTAMINADO-10

Temperatura (°C) Data: 18/12/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	27,2	26,9	27
2	26,7	26,5	27
3	26,6	27,1	27,3
4	26,4	27,2	27,1

Coluna d'água = 32cm

CONTAMINADO-12

Temperatura (°C) Data: 06/01/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	26,9	26,5	27,6
2	26,6	26,2	27,2
3	26,6	26,2	27,1
4	26,6	26,1	27,3

Coluna d'água = 39cm

CONTAMINADO-14

4	28,6	27,3	27,2
---	------	------	------

Coluna d'água = 37 cm

CONTAMINADO-5

Temperatura (°C) Data: 12/11/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	28	27,9	26,5
2	28	27,5	26,5
3	27,9	27,5	26,5
4	28,2	27,4	26,3

Coluna d'água = 35cm

CONTAMINADO-7

Temperatura (°C) Data: 24/11/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	27,1	27,4	27,8
2	27,1	27,2	27,3
3	27	27,7	27,9
4	27	27,6	27,5

Coluna d'água = 36cm

CONTAMINADO-9

Temperatura (°C) Data: 08/12/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	28,4	28,7	29,2
2	27,7	28,2	28,4
3	27,9	28,1	29,7
4	27,7	28	29,8

Coluna d'água = 25cm

CONTAMINADO-11

Temperatura (°C) Data: 27/12/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	24,2	24,4	25,3
2	24,1	24,5	24,6
3	23,9	24,3	24,2
4	23,8	24,1	24,3

Coluna d'água = 30cm

CONTAMINADO-13

Temperatura (°C) Data: 16/01/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	28,6	28,2	27,9
2	28,1	28	27,5
3	28,7	28,5	28,7
4	29,4	28,3	28,5

Coluna d'água = 23cm

CONTAMINADO-15

Temperatura (°C) Data: 31/01/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	28,1	28,1	28,5
2	27,7	27,7	28,3
3	27,6	28,2	28,8
4			

Coluna d'água = 42cm

CONTAMINADO-16

Temperatura (°C) Data: 23/03/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	26,9	27,7	27,5
2	26,8	27,5	27,4
3	26,8	27,4	27,4
4	26,8	27,7	27,3

Coluna d'água = 21cm

CONTAMINADO-18

Temperatura (°C) Data: 26/05/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	21,4	21,3	21,7
2	21,3	21	21,3
3	21,5	20,9	21,5
4	21,2	21	21,3

Coluna d'água = 40cm

CONTAMINADO-20

Temperatura (°C) Data: 19/02/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	26,7	29,7	29,8
2	29,4	29,4	29,5
3	29,7	29,4	29,9
4	29,7	29,1	29,5

Coluna d'água = 24cm

CONTAMINADO-17

Temperatura (°C) Data: 21/04/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	26,4	27,8	27,2
2	26,5	27,6	27,2
3	28,8	27,6	27,5
4	28,7	27,9	27,6

Coluna d'água = 35cm

CONTAMINADO-19

POÇOS DE MONITORAMENTO P1 E P2 – Tanque 1

TANQUE 1 Data: 16/09/2008 Temp Ambiente: 23 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P1	0,386	47,00	7,3	25,3
P2	0,368	48,00	7,3	24,8

Coluna d'água = 25,5 cm
SEM CONTAMINAÇÃO

TANQUE 1 Data: 30/09/2008 Temp Ambiente: 23,5 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P1	0,338	279,00	5,6	25,3
P2	0,426	315,00	6,8	24,8

Coluna d'água = 36,5 cm
CONTAMINADO - 1

TANQUE 1 Data: 01/10/2008 Temp Ambiente: 28 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P1	0,364	-9,00	7,0	27,7
P2	0,360	-2,00	6,7	28,2

Coluna d'água = 27 cm
CONTAMINADO - 2

TANQUE 1 Data: 03/10/2008 Temp Ambiente: 26 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 35 cm CONTAMINADO - 3
P1	0,346	-43,00	7,1	26,2	
P2	0,349	-2,00	6,7	26,6	

TANQUE 1 Data: 07/10/2008 Temp Ambiente: 25,5°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 37cm CONTAMINADO - 4
P1	0,333	-47,00	7,0	24,3	
P2	0,344	-6,00	6,7	24,3	

TANQUE 1 Data: 13/10/2008 Temp Ambiente: 28°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 37cm CONTAMINADO - 5
P1	0,292	4,00	4,8	27,5	
P2	0,278	34,00	4,8	27,6	

TANQUE 1 Data: 05/11/2008 Temp Ambiente: 28°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 27cm CONTAMINADO - 6
P1	0,279	-32,00	7,0	27,9	
P2	0,312	-18,00	6,9	28,2	

TANQUE 1 Data: 12/11/2008 Temp Ambiente: 29 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 35 cm CONTAMINADO - 7 (Nova contaminação)
P1	0,264	-36,00	7,0	28,4	
P2	0,316	-13,00	6,8	28,2	

TANQUE 1 Data: 17/11/2008 Temp Ambiente: 29,2 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 27 cm CONTAMINADO - 8
P1	0,426	-53,00	6,7	29,5	
P2	0,483	-39,00	5,8	29,3	

TANQUE 1 Data: 24/11/2008 Temp Ambiente: 28°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 36cm CONTAMINADO - 9
P1	0,361	-70,00	7,2	27,4	
P2	0,460	-73,00	7,0	27,4	

TANQUE 1 Data: 01/12/2008 Temp Ambiente: 30 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 24cm CONTAMINADO - 10
P1	0,364	-40,00	6,7	28,2	
P2	0,457	-50,00	7,4	27,8	

TANQUE 1 Data: 08/12/2008 Temp Ambiente: 28 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 25 cm CONTAMINADO - 11
P1	0,359	-64,00	7,3	28,1	
P2	0,457	-69,00	7,3	27,9	

TANQUE 1 Data: 18/12/2008 Temp Ambiente: 28 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 32cm CONTAMINADO - 12
P1	0,340	-50,00	7,4	26,6	
P2	0,438	-58,00	7,3	26,7	

TANQUE 1 Data: 27/12/2008 Temp Ambiente: 24°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 30cm CONTAMINADO - 13
P1	0,328	-26,00	7,3	24,3	
P2	0,426	-38,00	7,3	24,3	

TANQUE 1 Data: 06/01/2009 Temp Ambiente: 26,6°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 39cm CONTAMINADO - 14
P1	0,334	-22,00	7,2	26,3	
P2	0,422	-36,00	7,3	26	

TANQUE 1 Data: 16/01/2009 Temp Ambiente: 28,6°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 23cm CONTAMINADO - 15
P1	0,316	-24,00	7,1	27,8	
P2	0,388	-25,00	7,3	27,5	

TANQUE 1 Data: 31/01/2009 Temp Ambiente: 28°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 42cm CONTAMINADO - 16
P1	0,279	3,00	7,3	28,4	
P2	0,340	-6,00	7,3	28,4	

TANQUE 1 Data: 19/02/2009 Temp Ambiente: 29,5 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 24cm CONTAMINADO - 17
P1	0,287	15,00	7,5	30,5	
P2	0,342	10,00	7,3	30,1	

TANQUE 1 Data: 23/03/2009 Temp Ambiente: 27,0°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 21cm CONTAMINADO - 18
P1	0,171	-10,00	6,9	27,2	
P2	0,255	-17,00	6,5	27,2	

TANQUE 1 Data: 21/04/2009 Temp Ambiente: 27,6°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 35cm CONTAMINADO - 19
P1	0,199	165,00	7,9	27,6	
P2	0,281	173,00	7,4	27,7	

TANQUE 1 Data: 26/05/2009 Temp Ambiente: 20,2°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)	Coluna d'água = 40cm CONTAMINADO - 20
P1	0,194	164,00	8,8	20,1	
P2	0,240	161,00	8,8	20,4	

APÊNDICE B

ANÁLISE DAS ÁGUAS DE SATURAÇÃO TANQUE 2 – ÁLCOOL

PARÂMETROS: pH, Eh e Condutividade Elétrica

(Valores correspondentes às médias obtidas entre os Poços de Monitoramento: PM1, PM2 e PM3)

TANQUE 2		Data:17/11/2008			Temp Ambiente: 29,2 °C			SEM CONTAMINAÇÃO		
ÁLCOOL		POÇO: PM-1			POÇO: PM-2			POÇO: PM-3		
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,550	-113,00	6,1	0,477	-66,00	6,6	0,391	-65,00	6,4
2	39,0	0,476	-105,00	6,1	0,465	-90,00	6,5	0,447	-81,00	6,5
3	33,5	0,382	-52,00	6,4	0,436	-71,00	6,5	0,437	-80,00	6,5
4	28,5	0,368	-69,00	6,5		-63,00	6,6	0,464	-82,00	6,5

TANQUE2		Data:06/04/2009			Temp Ambiente: 29 °C			CONTAMINADO -1		
ÁLCOOL		POÇO: PM-1			POÇO: PM-2			POÇO: PM-3		
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,497	-20,00	6,7	0,417	-38,00	6,5	0,254	-18,00	6,3
2	39,0	0,482	-33,00	6,9	0,379	-40,00	6,6	0,249	-33,00	6,5
3	33,5	0,473	-62,00	6,6	0,333	-58,00	6,6	0,277	-51,00	6,4
4	28,5	0,466	-53,00	6,8	0,319	-53,00	6,7	0,322	-56,00	6,6
5	23,5	0,432	-59,00	7,3	0,359	-54,00	7,1	0,314	-58,00	7,1

TANQUE 2		Data:07/04/2009			Temp Ambiente: 28,6°C			CONTAMINADO -2		
ÁLCOOL		POÇO: PM-1			POÇO: PM-2			POÇO: PM-3		
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,530	-58,00	6,8	0,400	-52,00	6,5	0,264	-39,00	6,4
2	39,0	0,520	-21,00	6,6	0,321	-41,00	6,6	0,258	-49,00	6,4
3	33,5	0,574	-75,00	6,7	0,323	-44,00	6,6	0,291	-70,00	6,5
4	28,5	0,586	-68,00	6,8	0,330	-43,00	6,7	0,333	-70,00	6,6
5	23,5	0,516	-51,00	7,1	0,357	-50,00	7,2	0,330	-54,00	7,0

TANQUE 2		Data:08/04/2009			Temp Ambiente: 27,8°C			CONTAMINADO 3		
ÁLCOOL		POÇO: PM-1			POÇO: PM-2			POÇO: PM-3		
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,611	-37,00	6,7	0,379	-56,00	6,5	0,252	-46,00	6,4
2	39,0	0,578	-66,00	6,9	0,331	-50,00	6,6	0,247	-52,00	6,4
3	33,5	0,525	-81,00	6,7	0,333	-63,00	6,6	0,280	-50,00	6,3
4	28,5	0,530	-78,00	6,9	0,356	-63,00	6,6	0,319	-66,00	6,6
5	23,5	0,478	-78,00	7,3	0,392	-62,00	6,7	0,317	-52,00	6,4

TANQUE 2		Data:09/04/2009			Temp Ambiente: 29,4°C			CONTAMINADO -4		
ÁLCOOL		POÇO: PM-1			POÇO: PM-2			POÇO: PM-3		

	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,607	-75,00	6,8	0,362	-59,00	6,4	0,254	-34,00	6,4
2	39,0	0,581	-56,00	6,7	0,347	-49,00	6,6	0,233	-48,00	6,4
3	33,5	0,521	-67,00	6,8	0,361	-64,00	6,4	0,273	-41,00	6,3
4	28,5	0,551	-71,00	6,9	0,380	-58,00	6,4	0,305	-53,00	6,5
5	23,5	0,520	-73,00	7,1	0,486	-47,00	6,4	0,308	-50,00	6,6

TANQUE 2		Data:14/04/2009			Temp Ambiente: 27,0°C			CONTAMINADO -5		
ÁLCOOL		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,498	-18,00	6,7	0,361	-12,00	6,0	0,234	-23,00	6,2
2	39,0	0,485	-28,00	6,8	0,367	78,00	4,9	0,230	-45,00	6,5
3	33,5	0,438	-60,00	6,7	0,307	-48,00	6,4	0,253	-38,00	6,4
4	28,5	0,427	-58,00	6,7	0,317	-30,00	6,4	0,284	-46,00	6,5
5	23,5	0,456	-60,00	7,0	0,328	-45,00	5,7	0,269	-44,00	6,5

TANQUE 2		Data:21/04/2009			Temp Ambiente: 27,6 °C			CONTAMINADO -6		
ÁLCOOL		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,458	-66,00	6,8	0,307	-54,00	6,5	0,219	-17,00	6,4
2	39,0	0,449	-69,00	6,6	0,300	-29,00	6,2	0,199	-29,00	6,7
3	33,5	0,349	-44,00	6,8	0,249	-36,00	6,5	0,224	-25,00	6,4
4	28,5	0,290	-47,00	6,7	0,207	-12,00	6,4	0,206	-25,00	6,5
5	23,5	0,262	-27,00	7,0	0,217	-13,00	6,3	0,196	-30,00	6,7

TANQUE 2		Data:27/04/2009			Temp Ambiente: 26,5°C			CONTAMINADO -7		
ÁLCOOL		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,455	-73,00	6,7	0,287	-41,00	6,5	0,236	-16,00	6,5
2	39,0	0,418	-59,00	6,6	0,300	-50,00	6,5	0,223	-25,00	6,9
3	33,5	0,403	-74,00	6,7	0,249	-31,00	6,5	0,236	-31,00	6,5
4	28,5	0,432	-76,00	6,7	0,259	-39,00	6,5	0,205	-17,00	6,4
5	23,5	0,391	-72,00	7,0	0,253	-25,00	6,8	0,208	-12,00	6,8

TANQUE 2		Data:05/05/2009			Temp Ambiente: 27°C			CONTAMINADO -8		
ÁLCOOL		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,435	-67,00	6,7	0,300	-36,00	6,9	0,230	-1.340,00	6,9
2	39,0	0,435	-62,00	6,7	0,270	-25,00	6,6	0,226	-1.576,00	7,3
3	33,5	0,361	-65,00	6,6	0,248	-39,00	7,0	0,246	-35,00	6,8
4	28,5	0,329	-60,00	6,7	0,289	-37,00	6,9	0,208	-22,00	7,0

5	23,5	0,395	-59,00	6,6	0,282	-44,00	7,3	0,211	-22,00	7,3
---	------	-------	--------	-----	-------	--------	-----	-------	--------	-----

TANQUE 2		Data:18/05/2009			Temp Ambiente: 25,4 °C			CONTAMINADO -9		
ÁLCOOL		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,459	-27,00	7,3	0,252	-140,00	7,0	0,226	-47,00	6,4
2	39,0	0,365	-22,00	7,5	0,245	-34,00	7,0	0,218	-48,00	6,6
3	33,5	0,375	-85,00	6,9	0,264	-50,00	6,6	0,240	-39,00	6,4
4	28,5	0,401	-47,00	6,8	0,307	-52,00	6,7	0,175	-35,00	6,5
5	23,5	0,391	-59,00	6,7	0,320	-52,00	7,3	0,153	-28,00	6,7

TANQUE 2		Data:08/06/2009			Temp Ambiente: 22,6°C			CONTAMINADO -10		
ÁLCOOL		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,421	-55,00	6,8	0,364	-46,00	6,6	0,225	3,00	8,0
2	39,0	0,413	-59,00	6,7	0,335	-37,00	6,8	0,213	2,00	7,2
3	33,5	0,539	-78,00	6,9	0,586	-71,00	6,8	0,227	-17,00	6,9
4	28,5	0,511	-78,00	6,8	0,408	-52,00	6,7	0,209	-14,00	7,0
5	23,5	0,505	-75,00	6,8	0,266	-36,00	7,0	0,206	-21,00	6,8

TANQUE 2		Data:23/06/2009			Temp Ambiente: 22,7 °C			CONTAMINADO -11		
ÁLCOOL		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,486	-87,00	6,8	0,560	-66,00	6,8	0,245	-9,00	7,6
2	39,0	0,506	-89,00	7,0	0,572	-76,00	6,9	0,234	-5,00	7,2
3	33,5	0,520	-88,00	6,9	0,542	-78,00	6,9	0,225	-18,00	6,9
4	28,5	0,444	-77,00	6,9	0,505	-72,00	7,0	0,223	-15,00	6,9
5	23,5	0,425	-71,00	7,0	0,545	-76,00	7,3	0,212	-30,00	7,2

TANQUE 2		Data:07/07/2009			Temp Ambiente: 21,5 °C			CONTAMINADO -12		
ÁLCOOL		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH
1	44,5	0,437	-65,00	6,7	0,524	-63,00	6,6	0,238	6,00	6,9
2	39,0	0,536	-72,00	6,6	0,553	-66,00	6,7	0,232	-6,00	6,7
3	33,5	0,417	-62,00	6,7	0,534	-78,00	6,8	0,222	-12,00	6,6
4	28,5	0,418	-66,00	6,7	0,445	-61,00	7,0	0,218	-6,00	6,6
5	23,5	0,369	-54,00	6,8	0,350	-41,00	6,9	0,171	-20,00	6,5

TANQUE 2		Data:21/07/2009			Temp Ambiente: 23,7°C			CONTAMINADO -13		
ÁLCOOL		POÇO:	PM-1		POÇO:	PM-2		POÇO:	PM-3	
	Coleta Prof. (cm)	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH	Cond. (mS/cm)	EH	pH

1	44,5	0,408	-53,00	6,8	0,476	-64,00	6,8	0,253	-17,00	7,3
2	39,0	0,500	-56,00	6,8	0,473	-61,00	6,8	0,246	-17,00	6,9
3	33,5	0,480	-65,00	6,8	0,463	-75,00	6,8	0,260	-39,00	6,7
4	28,5	0,450	-60,00	7,0	0,364	-40,00	6,9	0,203	-9,00	6,7
5	23,5	0,412	-51,00	7,1	0,303	-48,00	7,3	0,189	-26,00	6,8

PARÂMETRO: Temperatura

Temperatura (°C) Data: 17/11/2008

	PM-1	PM-2	PM-3
1	30	28,9	28,7
2	29,7	28	28,5
3	29,8	28,1	28,6
4	29,8	28,2	28,5

Coluna d'água = 35cm
SEM CONTAMINAÇÃO

Temperatura (°C) Data: 06/04/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	29,2	28,5	28,2
2	29	28,4	28,3
3	28,6	28,3	28,4
4	28,8	28,5	28,2
5	28,5	28,6	27,6

Coluna d'água = 34cm
CONTAMINADO-1

Temperatura (°C) Data: 07/04/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	28,6	28,4	28
2	28,4	28,2	27,8
3	28,7	28,2	28,1
4	28,4	28,2	28,1
5	28,2	28,1	27,6

Coluna d'água = 42cm
CONTAMINADO-2

Temperatura (°C) Data: 08/04/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	27,8	28,1	27,6
2	27,8	27,7	27,9
3	27,7	27,7	27,7
4	27,6	28,2	27,9
5	27,7	27,6	27,6

Coluna d'água = 37cm
CONTAMINADO-3

Temperatura (°C) Data: 09/04/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	29,4	28,5	28,1
2	29,4	28,1	28,4
3	30,1	28,7	28,4
4	29,6	28,6	28,4
5	28,7	28,1	28,1

Coluna d'água = 37cm
CONTAMINADO-4

Temperatura (°C) Data: 14/04/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	27,7	27	27
2	27,3	26,8	27
3	26,6	27	26,9
4	26,8	27	28,3
5	26,2	27	27,9

Coluna d'água = 37cm
CONTAMINADO-5

Temperatura (°C) Data: 21/04/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	27	26,8	26,6
2	27,2	26,8	27,1
3	27,3	27,1	27,1
4	27,4	27,2	26,8
5	27,9	27,5	26,6

Coluna d'água = 40cm
CONTAMINADO-6

Temperatura (°C) Data: 27/04/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	27,2	26,6	27,6
2	27,1	27	28,1
3	27,4	26,7	27
4	28,5	26,7	27,2
5	27,7	27,9	27

Coluna d'água = 38cm
CONTAMINADO-7

Temperatura (°C) Data: 05/05/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	25,3	26,3	27,2
2	26	25,8	27
3	25,6	26,3	26,3
4	25,4	26	26
5	25,1	25,7	26,5

Coluna d'água = 39cm
CONTAMINADO-8

Temperatura (°C) Data: 18/05/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	25,6	25,6	25,5
2	25,5	25,4	25,3
3	26,3	25,4	25,7
4	26,3	25,8	25,7
5	25,7	25,6	25,6

Coluna d'água = 39cm
CONTAMINADO-9

Temperatura (°C) Data: 08/06/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	24,2	22,8	22
2	24,3	23,6	23
3	24,4	22,7	22,5
4	24,2	22,3	22,6
5	22,9	22,4	22,1

Coluna d'água = 40cm
CONTAMINADO-10

Temperatura (°C) Data: 23/06/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	21,6	23	23
2	23,1	23,2	22,9
3	22,8	22,8	22,7
4	23,1	23,2	24
5	22,8	22,9	23,3

Coluna d'água = 40cm
CONTAMINADO-11

Temperatura (°C) Data: 07/07/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	23,2	23,3	22,4
2	23,1	22,4	22,2
3	23	22,9	22,2
4	23,3	22,6	22,3
5	22,5	23,2	22,1

Coluna d'água = 40 cm
CONTAMINADO-12

Temperatura (°C) Data: 21/07/2009

	PM-1	PM-2	PM-3
1	24,4	24,5	25,9
2	24,1	24,2	26,3
3	24,6	24,7	25,2
4	24,5	24,8	25,3
5	24,6	25	25,2

Coluna d'água = 40cm
CONTAMINADO-13

POÇOS DE MONITORAMENTO P2 E P3 – Tanque 2

TANQUE 2 Data: 17/11/2008 Temp Ambiente: 29,2 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,382	-53,00	7,0	29,3
P3	0,315	-55,00	7,2	29,7

Coluna d'água = 35cm
SEM CONTAMINAÇÃO

TANQUE 2 Data: 06/04/2009 Temp Ambiente: 29,0°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,260	-50,00	7,2	28,1
P3	0,389	-51,00	7,2	27,9

Coluna d'água = 34cm
CONTAMINADO - 1

TANQUE 2 Data: 07/04/2009 Temp Ambiente: 28,6°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
--	------------------	----	----	-----------

Coluna d'água = 42 cm
CONTAMINADO - 2

P2	0,252	-55,00	7,2	28,6
P3	0,420	-48,00	7,2	28,6

TANQUE 2 Data: 08/04/2009 Temp Ambiente: 27,8 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,258	-70,00	7,2	28,7
P3	0,411	-68,00	7,4	28,8

Coluna d'água = 37 cm
CONTAMINADO - 3

TANQUE 2 Data: 09/04/2009 Temp Ambiente: 29,4°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,269	-67,00	7,2	29
P3	0,422	-60,00	7,0	29,3

Coluna d'água = 37cm
CONTAMINADO - 4

TANQUE 2 Data: 14/04/2009 Temp Ambiente: 27°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,335	84,00	7,8	26,6
P3	0,439	149,00	7,5	26,5

Coluna d'água = 37cm
CONTAMINADO - 5

TANQUE 2 Data: 21/04/2009 Temp Ambiente: 27,6 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,262	-49,00	7,0	28,3
P3	0,397	-68,00	7,1	28,5

Coluna d'água = 40cm
CONTAMINADO - 6

TANQUE 2 Data: 27/04/2009 Temp Ambiente:
26,5°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,266	80,00	7,0	26,5
P3	0,395	29,00	7,7	26,4

Coluna d'água = 38cm
CONTAMINADO - 7

TANQUE 2 Data: 05/05/2009 Temp Ambiente: 27°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,432	-30,00	7,6	27
P3	0,389	-70,00	7,3	27,1

Coluna d'água = 39cm
CONTAMINADO - 8

TANQUE 2 Data: 18/05/2009 Temp Ambiente: 25,4°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,246	-20,00	7,4	25,2
P3	0,342	-30,00	7,4	25

Coluna d'água = 39cm
CONTAMINADO - 9

TANQUE 2 Data: 08/06/2009 Temp Ambiente: 22,6°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,233	209,00	9,2	22,8
P3	0,317	188,00	9,3	22,4

Coluna d'água = 40cm
CONTAMINADO - 10

TANQUE 2 Data: 23/06/2009 Temp Ambiente: 22,7 °C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
--	------------------	----	----	-----------

Coluna d'água = 40 cm
CONTAMINADO - 11

P2	0,255	234,00	9,0	22,8
P3	0,317	229,00	9,3	22,7

TANQUE 2 Data: 07/07/2009 Temp Ambiente: 21,5°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,269	205,00	7,5	21,5
P3	0,303	161,00	8,1	21,5

Coluna d'água = 40cm
CONTAMINADO - 12

TANQUE 2 Data: 21/07/2009 Temp Ambiente: 23,7°C

	Cond. (mS/cm)	EH	pH	T (°C)
P2	0,275	233,00	9,0	23,6
P3	0,305	180,00	9,2	23,7

Coluna d'água = 40cm
CONTAMINADO - 13