

CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR SEPULTAMENTOS DE CADÁVERES E PARTES DE ANIMAIS NO SOLO

Yadyr Augusto Figueiredo Filho¹, Alberto Pacheco² e Sidneide Manfredini³

RESUMO

Em área classificada como área contaminada sob investigação, de acordo com os processos de investigação de áreas contaminadas da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2001), no Município de Pirassununga (SP), foram realizados estudos para avaliação da contaminação do solo e das águas subterrâneas por sepultamento de cadáveres, partes e vísceras de animais no solo.

Foram instalados poços de monitoramento que permitiram a coleta de água para análise física, química e microbacteriológica, localizados a partir de sondagens geofísicas e estudos geológicos, geomorfológicos e pedológicos.

Os resultados obtidos indicaram uma carga de microorganismos que, de acordo com os índices de potabilidade de águas estipulados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005) e Ministério da Saúde (2004), determinam impactos ambientais e riscos à saúde pública.

ABSTRACT

In area classified as contaminated area under investigation, according to the procedures for investigation of contaminated areas of the Company of Environmental Sanitation Technology (CETESB, 2001), in the city of Pirassununga (SP), were conducted studies to evaluate the contamination of soil and groundwater by burial of carcasses, parts and viscera of animals in the soil. Monitoring wells were installed to allow the collection of water analysis for physics, chemistry and microbiology, located from geophysical surveys and geological, geomorphological and soil studies. The results show strong presence of microorganisms which, according to the rates of drinking-water stipulated by the National Health Surveillance Agency (ANVISA, 2005) and Ministry of Health (2004), indicate environmental impacts and risks to public health.

PALAVRAS-CHAVE

Cadáveres de animais, águas subterrâneas, zoonoses.

¹ Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo 05508-000, Brasil. (yadyr.filho@usp.br)

² Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências, USP, São Paulo 05508-080, Brasil. (apacheco@usp.br)

³ Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo 05508-000, Brasil. (sidmanfredini@gmail.com)

1- INTRODUÇÃO

Avaliações ambientais preliminares determinaram que os cemitérios de animais domésticos são fontes potenciais de contaminação do solo, das águas superficiais e das águas subterrâneas, assemelhando-se às necrópoles humanas. Também foi avaliado que a contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas pode ir a níveis muito além dos encontrados nos cemitérios humanos, por introduzir uma nova fauna de microorganismos presente nos corpos dos animais (FIGUEIREDO FILHO, 2008).

A partir desses dados, procedeu-se a uma investigação objetivando avaliar a contaminação do solo e das águas subterrâneas por microorganismos patogênicos oriundos de carcaças de animais (cadáveres, partes e vísceras) sepultados no solo, no âmbito do Projeto FAPESP 2007/04668-5.

O local escolhido foi a área de descarte de carcaças de animais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo – FZEA/USP – no município de Pirassununga (SP).

A partir de técnicas geofísicas de investigação — sondagens elétricas (SEVs) e caminhamentos eletromagnéticos (SEs), de observações feitas na área de estudo, de estudos geológicos, geomorfológicos e pedológicos, foram determinados os locais para instalação de poços de monitoramento das águas subterrâneas.

Em princípio, cinco poços foram instalados, um a montante e quatro a jusante da área de estudos, permitindo a coleta periódica de amostras de água do aquífero. Posteriormente, de posse dos primeiros resultados das análises da água subterrânea, mais dois poços foram instalados.

A construção dos poços foi realizada de acordo com a norma ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR 15495-1:2007.

Inicialmente, a coleta das águas foi feita de acordo com a norma 06.010 ABR/88 “Construção de poços de monitoramento de aquífero freático”, estabelecida pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1988). Posteriormente, nova metodologia desenvolvida com o intuito de tentar ampliar o espectro microbiológico mostrou-se bastante eficaz e maior diversidade de patógenos foi detectada.

Os resultados obtidos indicaram que há contaminação do solo e das águas subterrâneas por microorganismos patogênicos oriundos das carcaças dos animais sepultados. Também foi detectado que a orientação estabelecida pela Resolução 335/2003 e 368/2006 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), para implantação das necrópoles humanas, em relação à distância entre o corpo sepultado e o aquífero, nesse caso, é insuficiente para evitar a contaminação das águas subterrâneas.

A análise das águas foi feita pela Unidade Laboratorial de Referência de Microbiologia, do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos do Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, em Campinas (SP), e a análise do solo pelo Instituto Agrônômico - IAC.

2- ÁREA DE ESTUDO

Foi estabelecido como local para instalação da pesquisa uma área onde é feito o descarte de cadáveres e partes de animais (figura 1) no Campus da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (FZEA/USP), localizada no município de Pirassununga

(São Paulo), tendo como coordenadas geográficas a Latitude 21°56'340''S e Longitude 47°27'592''W, altitude de 619 metros, em medição feita por GPS Garmin Etrex Vista HCX em 30 de abril de 2008, às 15:56 horas. A unidade litoestratigráfica, onde está inserida a área de estudo, de acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São



Figura 1: vala de descarte de cadáveres e partes de animais. Autor: Yadyr Augusto Figueiredo Filho, abr/2008.

Paulo, pertence à Bacia do Paraná e é constituída de arenitos finos a médios, argilosos, com níveis

subordinados de argilitos e arenitos conglomeráticos, e intrusões básicas tabulares. Ainda, de acordo com o Instituto Geológico da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, a formação geológica de superfície é a Formação Pirassununga, constituída por areias e conglomerados do Terciário.

A cobertura pedológica é composta, predominantemente, por latossolos, espessos, com textura argilosa (quando associado ao diabásio), à média (quando associado aos arenitos). Na área específica do ponto de descarte, verifica-se a presença de latossolo de textura média, com profundidade de onze metros, que, anteriormente, apresentava cobertura de cerradão.

A análise morfológica desse solo, realizada em trincheiras e tradagens, permitiu verificar que a homogeneidade ao longo do perfil propicia condições de drenagem intensa e boa aeração, o que se pôde inferir pela presença de radículas a seis metros de profundidade.

3- POÇOS DE MONITORAMENTO

3.1- Sondagens geofísicas para instalação dos poços

Foram efetuadas duas SEVs (Sondagens Elétricas Verticais) distribuídas no perímetro imediato da área de pesquisa (figura 2), um levantamento do Potencial Espontâneo (SP) com

medidas efetuadas em uma malha de 5 x 5 metros, dentro da área da pesquisa e um levantamento Eletromagnético, que seguiu as mesmas direções de linhas do levantamento SP, mas com espaçamento de 2,5 x 2,0 metros. Não foram incluídos pontos no interior da vala aberta para deposição de corpos, em virtude da interferência que a presença dos corpos iria causar. Também foi suprimida do levantamento uma área cercada, com informações de contaminação por radiação em uma pesquisa da Universidade.

O modelamento geolétrico das camadas, a partir dos dados de resistividade aparente obtidos nas SEVs, foi executado com software livre IPI2WIN, da Universidade de Moscou, definindo-se, assim, os estratos geolétricos de forma quantitativa, determinando suas resistividades verdadeiras e espessuras. Os dados dos levantamentos pelo método eletromagnético e de potencial espontâneo foram tratados com o programa Surfer, a partir da elaboração de planilhas eletrônicas no programa Excel.

As SEVs efetuadas mostraram resultados não conclusivos, especialmente em relação à profundidade do nível d'água nos dois estudos realizados. A comparação do resultado das SEVs com as sondagens a trado permitiu concluir que a camada saturada situava-se entre 6,5m e 8,0m, podendo variar com a época, e a profundidade esperada para o embasamento ou rocha mais homogênea e resistiva, a 20 metros.

O resultado do levantamento SP mostra uma área relativamente homogênea, apesar da presença dos corpos enterrados. Isto provavelmente se deve à profundidade do freático, ocorrendo então a retenção do líquido formado na decomposição das carcaças, havendo pouca interferência na água subterrânea, pelo menos em relação a este parâmetro. O fluxo subterrâneo indicado pelo levantamento mostra direção inversa ao esperado inicialmente no campo, ou seja, da entrada da área para a parte superior desta. A hipótese que surge é de uma interferência dos corpos ou da geologia superior aos resultados originados pelo fluxo subterrâneo. Essas camadas estão representadas em azul (figura 3) e as camadas teoricamente menos saturadas estão representadas em vermelho.



Figura 2 – Localização da área e das SEVs efetuadas. (Fonte fotografia: BASE). Organizada por Fernando Saraiva.

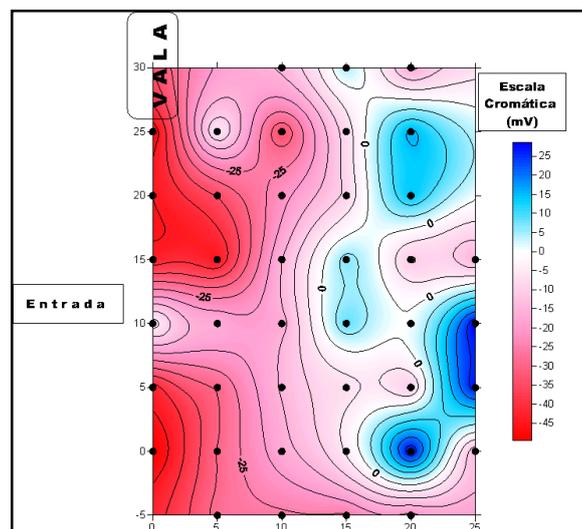


Figura 3 – Resultado do levantamento SP. As setas indicam o caminho de fluxo teórico. Autor: Fernando Saraiva

O levantamento eletromagnético mostra algumas porções da área com pequenas anomalias, se consideramos o valor base para cada campo investigado, uma vez que os valores máximos encontrados pouco ultrapassam os valores de base (Figuras 4 e 5).

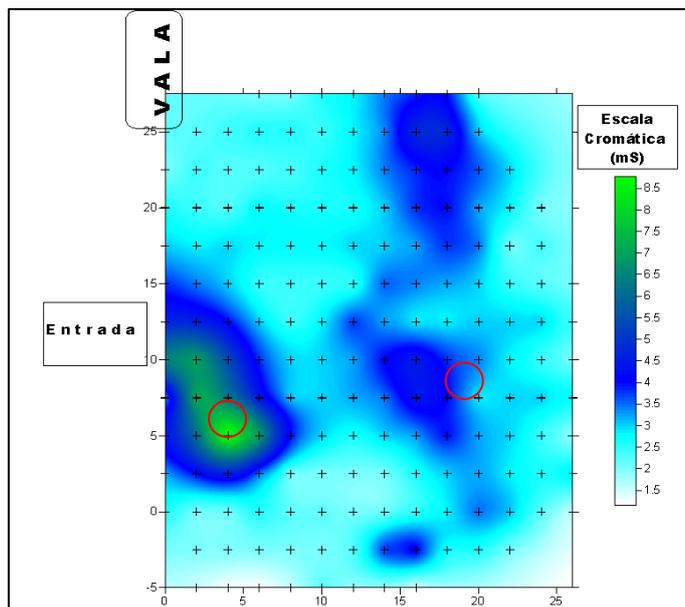


Figura 4 – Resultado do levantamento EM para o campo raso (0 a 3 m). Os círculos vermelhos indicam os locais propostos para a instalação dos poços de monitoramento. Autor: Fernando Saraiva

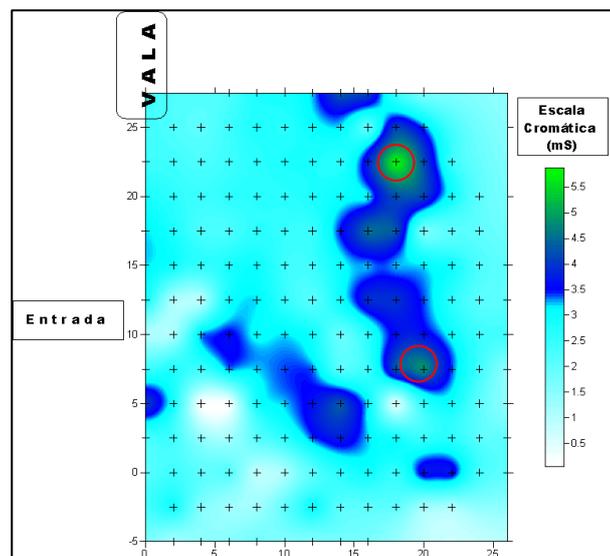
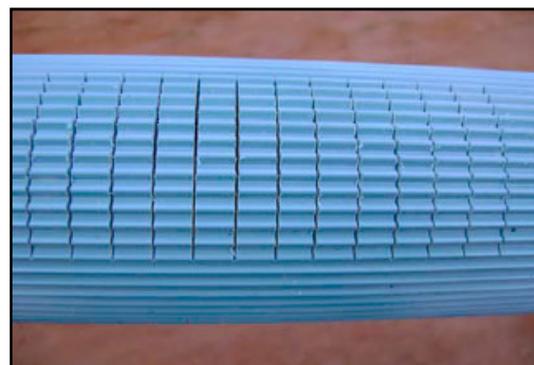


Figura 5 – Resultado do levantamento EM para o campo profundo (0 a 6 m). Autor: Fernando Saraiva

3.2- Instalação dos poços

Os poços de monitoramento foram instalados de acordo com a norma ABNT NBR 15495-1 (ABNT, 2007). Foram utilizados tubos de PVC rígido piezométrico (figuras 6 e 7), específicos para poços de monitoramento, com diâmetro de 2”, em perfuração de 4”. Cinco poços foram instalados primeiramente e, depois de verificadas as primeiras análises microbiológicas, mais dois poços foram instalados.



Figuras 6 e 7: tubos de PVC utilizados nos poços. Na figura 8 o detalhe do tubo-filtro. Autor: Yadyr Augusto Figueiredo Filho, Abr/2008.

Os poços foram isolados com um sistema de câmara de calçada com prolongamento de 600mm, em alumínio anodizado na cor amarela, permitindo, também, o fechamento do poço com cadeado (figuras de 8 a 11).



Figura 8: detalhes da tampa de vedação do tubo
Autor: Yadyr Augusto Figueiredo Filho, abr/2008.

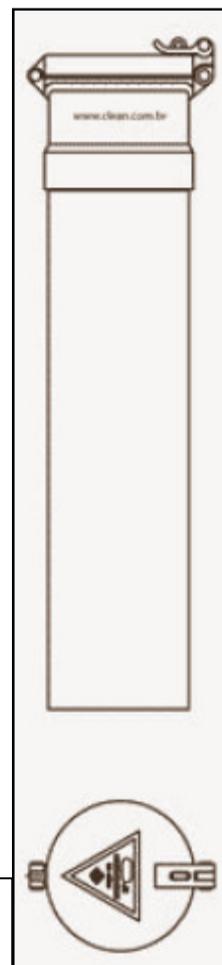


Figura 9: detalhe do tubo do poço no interior do conjunto da câmara de calçada com o prolongamento de 600mm. Autor: Yadyr Augusto Figueiredo Filho, abr/2008.



Figura 10: conjunto pronto e sinalizado, com a vedação (selo) de concreto
Autor: Yadyr Augusto Figueiredo Filho, abr/2008.

Figura 11: desenho esquemático do conjunto câmara de calçada e prolongamento.
Autor: Yadyr Augusto Figueiredo Filho, abr/2008.



3.3- Coleta de água

As coletas foram executadas de acordo com os procedimentos descritos na norma CETESB 06.010 ABR/88 (CETESB, 1988), no volume determinado por cada laboratório. Foram utilizados bailers de polietileno descartáveis (figuras 12 e 13), devido à suspeita de presença de contaminantes na água. Os bailers descartáveis também apresentam vantagens em relação à facilidade de operação e custo.



Figura 12: bailer de polietileno descartável. Autor: Yadyr Augusto Figueiredo Filho, abr/2008



Figura 13: coletando a água com o bailer. Atenção para o uso de luvas descartáveis. Autor: Yadyr Augusto Figueiredo Filho, abr/2008

Outras alternativas, como bombas submergíveis e bailers de aço inox, além do alto custo, não são 100% esterilizáveis, necessitando um equipamento para cada poço e, assim, elevando mais ainda o custo das operações de coleta.

Os procedimentos apresentados pela norma CETESB indicavam o esgotamento prévio dos poços com vinte e quatro horas de intervalo para a coleta das amostras e com volume de esgotamento de três vezes o volume de água nos poços para a vazão apresentada. No entanto, devido à diminuição do nível pluviométrico de abril a setembro, o volume de água se tornou inadequado para as operações de coleta em alguns poços a partir de maio.

Pela diminuição do volume de água nos poços perfurados inicialmente e pela falta de um poço de valor de fundo (todos apresentaram contaminação, inclusive o de montante) foram abertos mais 2 poços, em dezembro de 2008 (montante) e janeiro de 2009 (jusante).

Uma segunda fase de coleta, de junho a agosto de 2009, foi feita para complementação e confirmação dos resultados. Na maioria dos poços houve possibilidade de coleta de amostras para os ensaios e para as análises físicas e químicas. Com exceção do poço 3 (três), que não permitiu coleta por já estar esgotado, e do poço 4 (quatro), que só permitiu a coleta de uma amostra parcial (2 amostras, em vez de quatro, em 18 de junho de 2009 e nenhuma em 11 de agosto de 2009), dos outros poços foram coletadas amostras que cobriram todas as metodologias utilizadas (Figuras 14 a 20 e Tabelas 1A e 1B).

Figuras 14 a 20: Gráficos representativos da evolução do Nível do freático nos poços de monitoração durante o período de pesquisa, de maio de 2008 a agosto de 2009, com interrupção de fevereiro a maio de 2009. Organizador: Figueiredo Filho (2009)

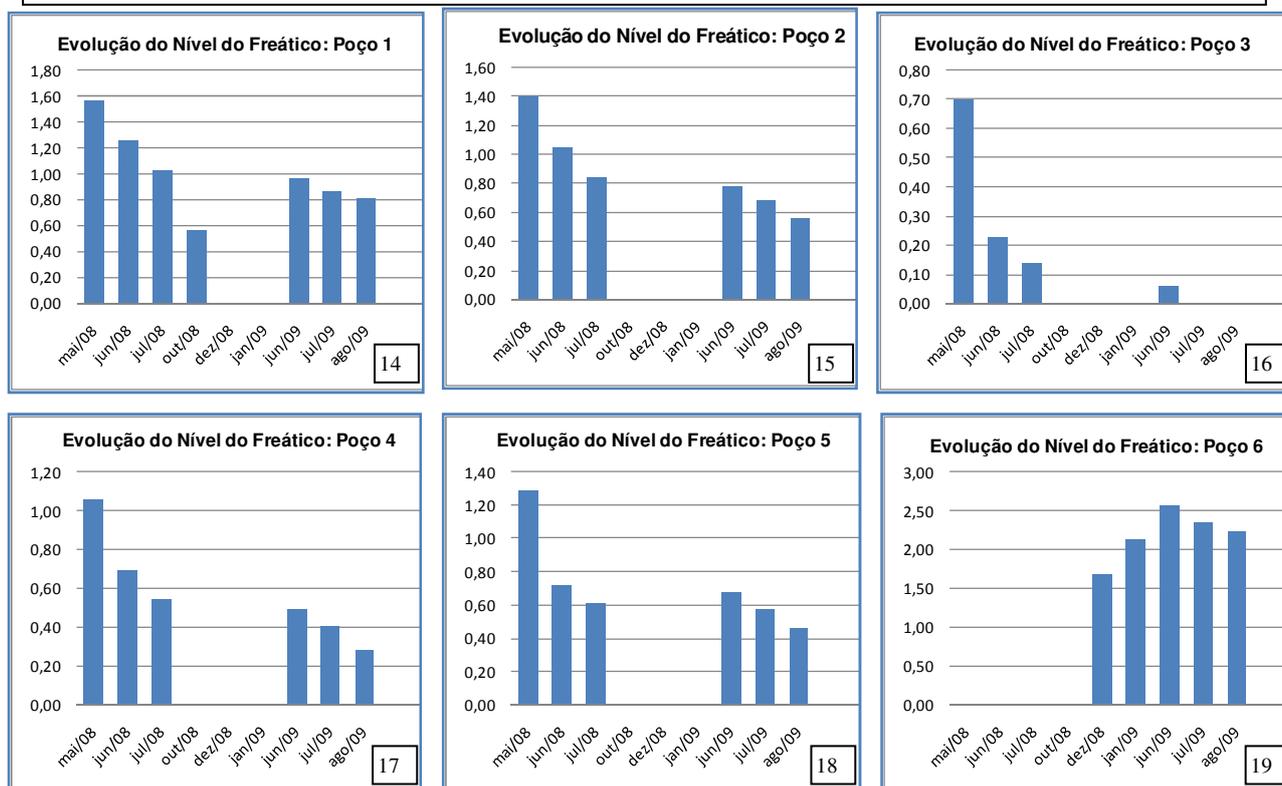




Tabela 1A - Localização dos poços de monitoração

	Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço 4
Latitude	21°56'338 S	21°56'319 S	21°56'329 S	21°56'344 S
Longitude	47°27'596 W	47°27'588 W	47°27'574 W	47°27'573 W
Altitude	611m	610m	610m	609m

	Poço 5	Poço 6	Poço 7
Latitude	21°56'358 S	21°56'298 S	21°56'350 S
Longitude	47°27'582 W	47°27'552 W	47°27'562 W
Altitude	610m	610m	610m

Organizador: Figueiredo Filho (2009)

Tabela 1B - Poços de Monitoração

Evolução do nível estático, volume de água no poço e volume para esgotamento

Diâmetro dos poços = 50mm área dos poços = 0,00196 m²

	Poço 1	Poço 2	Poço 3	Poço 4	Poço 5	Poço 6	Poço 7	Poço 8
Profundidade	11,08	10,58	9,76	9,79	10,10			
NA 24 maio	9,51	9,18	9,06	8,73	8,81			
Coluna d'água	1,57	1,40	0,70	1,06	1,29			
Volume em litros	3,08	2,74	1,37	2,08	2,53			
Volume p/ esgotamento	9,23	8,23	4,12	6,23	7,59			
Profundidade	11,08	10,58	9,76	9,79	10,10			
NA 23 junho	9,82	9,53	9,53	9,10	9,38			
Coluna d'água	1,26	1,05	0,23	0,69	0,72			
Volume em litros	2,47	2,06	0,45	1,35	1,41			
Volume p/ esgotamento	7,41	6,17	1,35	4,06	4,23			
Profundidade	11,08	10,58	9,76	9,79	10,10			
NA 08 julho	10,05	9,74	9,62	9,25	9,49			
Coluna d'água	1,03	0,84	0,14	0,54	0,61			
Volume em litros	2,02	1,65	0,27	1,06	1,20			
Volume p/ esgotamento	6,06	4,94	0,82	3,18	3,59			
Profundidade	11,08	10,58	9,76	9,79	10,10			9,82
NA 15 de outubro	10,52	10,58	9,76	9,79	10,10			9,82
Coluna d'água	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00
Volume em litros	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00
Volume p/ esgotamento	3,29	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00
Profundidade	11,08	10,58	9,76	9,79	10,10	12,08		9,82
NA 9 de dezembro	11,08	10,58	9,76	9,79	10,10	10,40		9,82
Coluna d'água	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,68		0,00
Volume em litros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,29		0,00
Volume p/ esgotamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,88		0,00
Profundidade	11,08	10,58	9,76	9,79	10,10	12,02	11,14	9,82
NA 19 de janeiro de 2009	11,08	10,58	9,76	9,79	10,10	9,90	9,65	9,82
Coluna d'água	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,12	1,49	0,00
Volume em litros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,16	2,92	0,00
Volume p/ esgotamento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,47	8,76	0,00
Profundidade	11,08	10,58	9,76	9,79	10,10	12,02	11,14	9,82
NA 18 de junho de 2009	10,11	9,80	9,70	9,30	9,43	9,46	8,93	9,82
Coluna d'água	0,97	0,78	0,06	0,49	0,67	2,56	2,21	0,00
Volume em litros	1,90	1,53	0,12	0,96	1,31	5,02	4,33	0,00
Volume p/ esgotamento	5,70	4,59	0,35	2,88	3,94	15,05	12,99	0,00
Profundidade	11,08	10,58	9,76	9,79	10,10	12,02	11,14	9,82
NA 19 de julho de 2009	10,22	9,90	9,76	9,39	9,53	9,68	9,08	9,82
Coluna d'água	0,86	0,68	0,00	0,40	0,57	2,34	2,06	0,00
Volume em litros	1,69	1,33	0,00	0,78	1,12	4,59	4,04	0,00
Volume p/ esgotamento	5,06	4,00	0,00	2,35	3,35	13,76	12,11	0,00
Profundidade	11,08	10,58	9,76	9,79	10,10	12,02	11,14	9,82
NA 12 de agosto de 2009	10,27	10,02	9,76	9,51	9,64	9,79	9,22	9,82
Coluna d'água	0,81	0,56	0,00	0,28	0,46	2,23	1,92	0,00
Volume em litros	1,59	1,10	0,00	0,55	0,90	4,37	3,76	0,00
Volume p/ esgotamento	4,76	3,29	0,00	1,65	2,70	13,11	11,29	0,00

Organizador: Figueiredo Filho (2009)

6- ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA: RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os trabalhos objetivaram analisar as condições ambientais no local onde se sepultam cadáveres e partes de animais (carcaças), verificando se a atividade é impactante e se pode acarretar riscos à saúde pública. Portanto, a verificação do grau de potabilidade das águas subterrâneas engloba uma série de parâmetros, que variam de acordo com a lei ou norma, mas que incluem a microbiologia e os aspectos físicos e químicos da água.

As análises microbiológicas da água constaram de quatro etapas, que decorreram de acordo com os resultados e problemas técnicos (de ordem ambiental e analítica) que se foram apresentando durante os trabalhos de pesquisa, e que incluíram o desenvolvimento de novas metodologias de coleta, transporte e armazenagem das amostras, bem como a fixação de novos parâmetros de análise:

6.1. 1ª Etapa: análises iniciais.

As primeiras coletas foram feitas, nos cinco poços, no dia 25 de maio a partir das 14h50min, e entregues no Laboratório Bromatológico Nacional, às 08h00min do dia 26 de maio.

As primeiras análises de água detectaram contaminação significativa por Coliformes, *Escherichia coli*, Bactérias Heterotróficas e Clostrídios Sulfito Redutores, apenas no poço 2 (dois). Em outros dois poços foi detectada a presença de Bactérias Heterotróficas acima de 500UFC/ml, mas sem a presença de Coliformes (tabelas 2 a 9).

De posse desses primeiros resultados, verificou-se uma leve deformidade dos dados apontando maior contaminação nos poços instalados a montante, em relação ao fluxo hídrico apontado nas campanhas geofísicas. Suspeitou-se, então, que algo poderia estar prejudicando as análises, como o volume das amostras, a forma da coleta, a oxigenação demasiada da amostra quando coletada ou, até mesmo, os procedimentos quanto ao manuseio e conservação das amostras.

A partir dessas hipóteses, resolveu-se experimentar outras metodologias para a coleta e manutenção das amostras, que serão descritas posteriormente.

Também, tendo como orientação trabalhos anteriores sobre possíveis contaminantes do solo e das águas subterrâneas oriundos dos cadáveres e partes de animais sepultados (FIGUEIREDO FILHO, 2008), buscou-se estabelecer como indício de alteração da qualidade da água a presença de bactérias esporulantes.

Dessa forma, além dos parâmetros estabelecidos pelas portarias e normas, estabeleceu-se a determinação de esporos de bactérias anaeróbias, como parâmetros indicadores de contaminação, em Número Mais Provável por 10 ml (NMP/10 ml) e Unidade Formadora de Colônia por ml (UFC/ml).

Estabeleceu-se, em princípio, para esses contaminantes, como Valores de Referência de Qualidade (VRQ) [qualidade natural da água subterrânea (CETESB, 2005)], ausente ou menor que 1,1NMP/10 ml (<1,1), e 500 UFC/ml (com base nos valores definidos pela MS 518/2004, para bactérias heterotróficas).

6.2. 2ª Etapa: Desenvolvimento de novas metodologias

A segunda etapa decorreu com uma nova série de coleta de amostras, obedecendo às metodologias estabelecidas nas normas oficiais e às novas, criadas a partir das constatações feitas em campo e em gabinete, com base nos primeiros resultados.

Foram coletadas 3 (três) amostras de cada poço, cada uma obedecendo a um critério diferenciado, a fim de que se testassem as seguintes hipóteses:

- a) Condições que aumentem o volume de oxigênio dissolvido na água alteram o resultado em relação aos esporos de bactérias mesófilas e termófilas. Objetivou-se coletar a água de forma a procurar manter as condições encontradas no poço.
- b) A variação da temperatura da amostra, para níveis que não são encontrados normalmente na região, no caso o resfriamento a 4°C, pode alterar os resultados obtidos nas análises. Objetivou-se manter a temperatura da amostra o mais próximo possível da coletada.
- c) O esgotamento prévio dos poços pode estar alterando a concentração de microorganismos (diminuindo ou aumentando). Objetivou-se coletar uma amostra antes do esgotamento dos poços.
- d) O tempo de armazenamento das amostras pode estar influenciando nos resultados das análises. Objetivou-se a entrega das amostras para análise no menor tempo possível (abaixo do determinado em normas).

Foram estabelecidos para análise, além dos parâmetros determinados para verificação do Padrão de Potabilidade (Ministério da Saúde, ANVISA e CETESB), aqueles que pudessem atender às necessidades, agora estabelecidas, pela pesquisa.

Parâmetros estabelecidos:

- 1- *Salmonella* (100ml)
- 2- Coliformes totais (100ml)
- 3- Coliformes termotolerantes (100ml)
- 4- *Escherichia coli* (100ml)
- 5- Clostrídios sulfito redutores (100ml)
- 6- *Clostridium perfringens* (100ml)
- 7- Esporos: bactérias mesófilas anaeróbias (NMP/10ml)

- 8- Esporos: bactérias termófilas anaeróbias (NMP/10ml)
- 9- Contagem de aeróbios mesófilos totais (UFC/ml)

Assim, buscando atender aos novos objetivos propostos estabeleceram-se as seguintes formas de coleta das amostras de águas subterrâneas:

a) Coleta da água mantendo-se as condições de aeração o mais próximas possível das encontradas no interior dos poços: utilizaram-se tubos de ensaio com capacidade de 100 ml e coletou-se a água introduzindo os tubos diretamente nos poços. As amostras foram recolhidas sem esgotamento prévio dos poços e foram resfriadas conforme especificado nas normas (a 4°C).

b) Coleta da água com bailer de polietileno, descartável, acondicionada em frasco de vidro âmbar, capacidade de 1000 ml, sem esgotamento prévio dos poços e resfriadas posteriormente (a 4°C).

c) Coleta da água com bailer de polietileno, descartável, acondicionada em frasco de vidro âmbar, capacidade de 1000 ml, com esgotamento prévio dos poços, conforme procedimento descrito na norma CETESB para o esgotamento. Essa amostra não foi resfriada, foi mantida em caixa térmica para manutenção da temperatura próxima à de coleta e entregue após quatro horas na unidade laboratorial, para análise.

As amostras, em total de quinze, foram coletadas nos dias 22 e 23 de junho e entregues na Unidade Laboratorial de Referência de Microbiologia do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (ITAL) no dia 23 de junho de 2008.

A análise das amostras apresentou níveis significativos de contaminação em todos os poços (Tabelas 2 a 9). O resultado mais importante, no entanto, não foi a contaminação, mas o fato de as novas metodologias terem se mostrado, aparentemente, eficazes.

No caso, o resfriamento das amostras causa uma considerável deformação no resultado das análises, a ponto de poços que determinaram ausência de microorganismos, como coliformes e *Escherichia coli* nas amostras resfriadas, apresentaram expressiva presença desses microorganismos quando mantidas na temperatura de coleta.

De forma geral, os resultados das análises das amostras não resfriadas apresentaram-se mais uniformes e compatíveis com a disposição dos poços e com o sentido do fluxo hídrico.

Em relação aos contaminantes, a adoção de novos parâmetros resultou em dados significativos: a presença de esporos de bactérias anaeróbias e a presença importante de bactérias aeróbias mesófilas.

Vale lembrar que esporos são formas resistentes assumidas pelas bactérias quando encontram condições inadequadas para sua existência e que, nessa forma, perduram no ambiente até que as condições propícias voltem a acontecer. Alguns esporos suportam altas temperaturas, além

daquelas utilizadas para esterilização de alimentos, baixíssimas temperaturas, até ao congelamento, resistem a radiação, inclusive a ultravioleta, à desidratação e a ambientes muito secos.

Algumas bactérias esporogênicas são patógenos humanos importantes, como as dos gêneros *Clostridium* e *Bacillus*. Entre elas podemos citar algumas bem representativas:

- *C. botulinum* - uma espécie de grande importância para a saúde pública, causadora do botulismo.

- *C. perfringens* – Existem tipos diferentes (A, B, C, D e E), com grau de toxidade diferenciado, podendo levar à morte em muitos casos.

- Grupo *B. cereus* – *B. cereus* e *B. anthracis* são as únicas espécies do grupo que são patogênicas para humanos, sendo *B. anthracis* largamente estudada e temida, inclusive pelo seu uso como arma biológica.

6.3. 3ª Etapa: Coletas seqüenciais e confirmação das novas metodologias

Essa nova etapa do processo de análise das águas subterrâneas deu-se principalmente em função de o poço número 1 (P1), considerado de montante (branco ou de valor de fundo), ter apresentado contaminação e, dessa forma, o estabelecimento de um novo poço que servisse como valor de fundo se fez necessário. Também se procurou verificar a extensão da contaminação ao perímetro próximo, buscando a instalação de mais um poço a jusante da área de pesquisa e a análise da água do córrego Tijuco Preto, que atravessa o Campus da Universidade passando a jusante da área de pesquisa.

Em 8 de dezembro, após ser verificado que os poços já instalados se apresentavam secos, um novo poço foi aberto à montante da área de pesquisa, no ponto que, anteriormente, as campanhas geofísicas também haviam indicado para um possível poço para servir como valor de fundo. Esse novo poço, número 6 (P6), apresentou inicialmente uma coluna d'água de 1,68 metros, possibilitando a coleta de água para análise. Também foram retiradas amostras do córrego Tijuco Preto à montante e à jusante da área de pesquisa

Desta vez adotou-se uma leve variação na metodologia de coleta, dispensando-se a coleta com os tubos de ensaio, pois o seu volume foi insuficiente para toda a gama de análises. Passou-se a recolher todas as amostras em frascos de 1000 ml, de vidro âmbar, como feito anteriormente. Duas amostras coletadas antes do esgotamento e duas após. Dessas, uma de cada foi resfriada e as outras foram mantidas em caixa térmica, sem resfriamento.

O resultado das análises mostrou uma menor variedade de contaminantes no poço seis (P6) e uma larga variedade de contaminantes nas águas do rio Tijuco Preto.

Sobre os resultados das primeiras análises do Poço 6 (P6) o que se pode observar é que, apesar de apresentar contaminação em menor escala, aparentemente, comparando-se aos outros

poços, ele não é um poço “branco”. Ainda, a presença de Clostrídios denota uma contaminação remota, ou seja, ocorrida em épocas anteriores e, dada a contagem de microorganismos aeróbios, seria fortemente indicado estender as análises às bactérias mesófilas aeróbias, entre as quais está o grupo dos bacilos (*B.cereus* e *B.anthraxis*, como importantes representantes). Ficou estabelecido, então, estender os parâmetros a serem analisados incluindo a verificação de esporos de bactérias mesófilas aeróbias.

A comparação entre os primeiros resultados e os resultados posteriores mostra que há significativas alterações indicando um possível padrão a ser notado no futuro: as primeiras análises feitas na abertura dos poços mostraram uma menor presença e diversidade de contaminantes (Tabelas 2 a 9).

Os resultados das primeiras análises dos poços P1, P2, P3, P4 e P5 também se apresentaram com baixa concentração e diversidade de contaminantes e a segunda análise, da mesma forma que a segunda análise do P6, exibiu um quadro mais complexo e preocupante.

Quanto ao novo parâmetro de análise, a detecção de presença de esporos de bactérias mesófilas aeróbias, o resultado mostrou a eficácia da proposição. Nota-se que o tipo de solo encontrado no local propicia uma boa oxigenação das águas subterrâneas, daí a pequena presença de esporos de aeróbias. No entanto, o contrário também é notável: a importante presença destas bactérias na forma “ativa”.

Tabela 2: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: MICROORGANISMOS PATOGENICOS - POÇO 1														
5 Coletas - Laboratório: Bromatológico Nacional e Unidade Laboratorial de Referência de Microbiologia do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos - ITAL														
PROJETO FAPESP 2007/04668-5 - FZEA-USP PIRASSUNUNGA-SP														
Autor: Figueiredo Filho, 2009.														
Determinações	Padrão de potabil. ¹	25 de Maio 08	22 e 23 de junho de 2008			25 e 26 de fevereiro de 2009				18 e 19 de junho de 2009				11/8/2008
		Laboratório Bromatológico met. CETESB	Tubos c,r	Litro A c,r	Litro B e	Natural		Resfriada		Natural		Resfriada		Resfriada
						s/ esgotar A	Esgotada B	s/ esgotar C	Esgotada D	s/ esgotar A	Esgotada B	s/ esgotar C	Esgotada D	
<i>Salmonella</i> (100ml)	ausente	---	—	aus.	aus.	ausente	ausente	ausente	ausente	---	---	---	---	---
Coliformes totais (100ml)	ausente	ausente	—	<1,1	8,0	1,1	>8,0	1,1	<1,1	1,1	<1,1	2,6	<1,1	8,0
Coliformes termotolerantes (100ml)	ausente	---	—	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
<i>Escherichia coli</i> (100ml)	ausente	ausente	—	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
Clostrídios sulfito redutores (100ml)	<1 UFC ²	< 0,3	—	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	<1,1	>8,0	8,0	>8,0	8,0
<i>Clostridium perfringens</i> (100ml)	<1 UFC ²	---	—	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	<1,1	>8,0	8,0	2,6	2,6
Esporos: bactér. mesófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	---	<1,1	>8,0	8,0	8	1,1	8	<1,1	---	---	---	---	---
Esporos: bactér. termófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	---	<1,1	<1,1	4,6	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---	---	---	---	---
Esporos: bactér. termófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	2,0X10 ³	>6,5X10 ³	>6,5X10 ³	1,3X10 ³ **	---	---	---	---	---
Contagem de aeróbios mesófilos totais (UFC/ml)	500	< 500	—	1,0x10 ⁴	6,3x10 ⁴	1,0x10 ³	1,7x10 ⁴	1,7x10 ⁴	1,6x10 ³	1,2x10 ³	2,5x10 ³	2,3x10 ⁴	8,8x10 ³	5,5x10 ⁴
Esporos: bactér. mesófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	---	---	---	---	2 (est)**	>6,5x10 ³	>6,5x10 ³	>6,5x10 ³	2,0X10 ²

Tabela 3: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: MICROORGANISMOS PATOGENICOS - POÇO 2														
4 Coletas - Laboratório: Bromatológico Nacional e Unidade Laboratorial de Referência de Microbiologia do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos - ITAL														
PROJETO FAPESP 2007/04668-5 - FZEA-USP PIRASSUNUNGA-SP														
Autor: Figueiredo Filho, 2009.														
Determinações	Padrão de potabil. ¹	25 de Maio 08	22 e 23 de junho de 2008			25 e 26 de fevereiro de 2009				18 e 19 de junho de 2009				11/8/2008
		Laboratório Bromatológico met. CETESB	Tubos c,r	Litro A c,r	Litro B e	Natural		Resfriada		Natural		Resfriada		Resfriada
						s/ esgotar A	Esgotada B	s/ esgotar C	Esgotada D	s/ esgotar A	Esgotada B	s/ esgotar C	Esgotada D	
<i>Salmonella</i> (100ml)	ausente	---	—	aus.	aus.	ausente	ausente	ausente	ausente	---	---	---	---	---
Coliformes totais (100ml)	ausente	presença	—	1,1	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0
Coliformes termotolerantes (100ml)	ausente	---	—	<1,1	8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---
<i>Escherichia coli</i> (100ml)	ausente	presença	—	<1,1	4,6	<1,1	<1,1	4,6	>8,0	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---
Clostrídios sulfito redutores (100ml)	<1 UFC ²	9,3	—	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	2,6	>8,0	8,0	---
<i>Clostridium perfringens</i> (100ml)	<1 UFC ²	---	—	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	2,6	>8,0	8,0	---
Esporos: bactér. mesófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	---	<1,1	4,6	8,0	4,6	2,6	<1,1	1,1	---	---	---	---	---
Esporos: bactér. termófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	---	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---	---	---	---	---
Esporos: bactér. termófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	1,6x10 ²	>6,5x10 ³	6,9x10	>6,5x10 ³	---	---	---	---	---
Contagem de aeróbios mesófilos totais (UFC/ml)	500	< 500	—	8,6x10 ³	1,3x10 ⁵	1,9x10 ⁴	6,4x10 ³	2,1x10 ⁴	2,6x10 ²	3,7x10 ⁴	3,3x10 ⁴	1,0x10 ⁴	2,6x10 ⁴	---
Esporos: bactér. mesófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	---	---	---	---	>6,5x10 ³	>6,5x10 ³	>6,5x10 ³	>6,5x10 ³	---

Tabela 4: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: MICROORGANISMOS PATOGENICOS - POÇO 3

2 Coletas - Laboratório: Bromatológico Nacional e Unidade Laboratorial de Referência de Microbiologia do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos - ITAL

PROJETO FAPESP 2007/04668-5 - FZEA-USP PIRASSUNUNGA-SP

Autor: Figueiredo Filho, 2009.

Determinações	Padrão de potabil. ¹	25 de Maio 08		22 e 23 de junho de 2008			25 e 26 de fevereiro de 2009				18 e 19 de junho de 2009				11/8/2008
		Laboratório Bromatológico met. CETESB	ausente	Tubos C,r	Litro A C,r	Litro B e	Natural		Resfriada		Natural		Resfriada		Resfriada Esgotada
							s/ esgotar	Esgotada	s/ esgotar	Esgotada	s/ esgotar	Esgotada	s/ esgotar	Esgotada	
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	D			
Salmonella (100ml)	ausente	---	---	aus.	aus.	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Coliformes totais (100ml)	ausente	ausente	---	2,6	>8,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Coliformes termotolerantes (100ml)	ausente	---	---	<1,1	8,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Escherichia coli (100ml)	ausente	ausente	---	<1,1	8,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Clostrídios sulfito redutores (100ml)	<1 UFC ²	< 0,3	---	>8,0	>8,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Clostridium perfringens (100ml)	<1 UFC ²	---	---	>8,0	>8,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Esporos: bactér. mesófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	---	<1,1	8,0	>8,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Esporos: bactér. termófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	---	<1,1	<1,1	<1,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Esporos: bactér. termófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Contagem de aeróbios mesófilos totais (UFC/ml)	500	< 500	---	1,3x10 ⁵	8,5x10 ⁵	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Esporos: bactér. mesófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	

Tabela 5: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: MICROORGANISMOS PATOGENICOS - POÇO 4

4 Coletas - Laboratório: Bromatológico Nacional e Unidade Laboratorial de Referência de Microbiologia do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos - ITAL

PROJETO FAPESP 2007/04668-5 - FZEA-USP PIRASSUNUNGA-SP

Autor: Figueiredo Filho, 2009.

Determinações	Padrão de potabil. ¹	25 de Maio 08		22 e 23 de junho de 2008			25 e 26 de fevereiro de 2009				18 e 19 de junho de 2009				11/8/2008
		Laboratório Bromatológico met. CETESB	ausente	Tubos C,r	Litro A C,r	Litro B e	Natural		Resfriada		Natural		Resfriada		Resfriada Esgotada
							s/ esgotar	Esgotada	s/ esgotar	Esgotada	s/ esgotar	Esgotada	s/ esgotar	Esgotada	
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	D			
Salmonella (100ml)	ausente	---	---	aus.	aus.	---	---	ausente	ausente	---	---	---	---	---	
Coliformes totais (100ml)	ausente	ausente	---	8,0	4,6	---	---	>8,0	>8,0	>8,0	---	---	---	---	
Coliformes termotolerantes (100ml)	ausente	---	---	<1,1	4,6	---	---	<1,1	>8,0	<1,1	---	---	<1,1	---	
Escherichia coli (100ml)	ausente	ausente	---	<1,1	<1,1	---	---	<1,1	<1,1	<1,1	---	---	<1,1	---	
Clostrídios sulfito redutores (100ml)	<1 UFC ²	0,3	---	>8,0	>8,0	---	---	>8,0	>8,0	8,0	---	---	>8,0	---	
Clostridium perfringens (100ml)	<1 UFC ²	---	---	>8,0	>8,0	---	---	>8,0	>8,0	8,0	---	---	>8,0	---	
Esporos: bactér. mesófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	---	1,1	4,6	1,1	---	---	<1,1	1,1	---	---	---	---	---	
Esporos: bactér. termófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	---	<1,1	<1,1	<1,1	---	---	<1,1	<1,1	---	---	---	---	---	
Esporos: bactér. termófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	---	---	>6,5x10 ³	>6,5x10 ³	---	---	---	---	---	
Contagem de aeróbios mesófilos totais (UFC/ml)	500	< 500	---	8,5x10 ⁴	2,5x10 ⁵	---	---	2,6x10 ⁴	3,7x10 ⁵	5,1x10 ⁴	---	---	1,7x10 ⁵	---	
Esporos: bactér. mesófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	---	---	---	---	>6,5x10 ³	---	---	>6,5x10 ³	---	

Tabela 6: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: MICROORGANISMOS PATOGENICOS - POÇO 5

5 Coletas - Laboratório: Bromatológico Nacional e Unidade Laboratorial de Referência de Microbiologia do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos - ITAL

PROJETO FAPESP 2007/04668-5 - FZEA-USP PIRASSUNUNGA-SP

Autor: Figueiredo Filho, 2009.

Determinações	Padrão de potabil. ¹	25 de Maio 08		22 e 23 de junho de 2008			25 e 26 de fevereiro de 2009				18 e 19 de junho de 2009				11/8/2008
		Laboratório Bromatológico met. CETESB	ausente	Tubos C,r	Litro A C,r	Litro B e	Natural		Resfriada		Natural		Resfriada		Resfriada Esgotada
							s/ esgotar	Esgotada	s/ esgotar	Esgotada	s/ esgotar	Esgotada	s/ esgotar	Esgotada	
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	D			
Salmonella (100ml)	ausente	---	---	aus.	aus.	ausente	ausente	ausente	ausente	---	---	---	---	---	
Coliformes totais (100ml)	ausente	ausente	---	<1,1	2,6	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	4,6	---	---	1,1	<1,1	
Coliformes termotolerantes (100ml)	ausente	---	---	<1,1	1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---	---	<1,1	<1,1	
Escherichia coli (100ml)	ausente	ausente	---	<1,1	1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---	---	<1,1	<1,1	
Clostrídios sulfito redutores (100ml)	<1 UFC ²	< 0,3	---	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	1,1	---	---	4,6	>8,0	
Clostridium perfringens (100ml)	<1 UFC ²	---	---	8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	1,1	---	---	2,6	>8,0	
Esporos: bactér. mesófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	---	>8,0	>8,0	4,6	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---	---	---	---	---	
Esporos: bactér. termófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	---	4,6	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---	---	---	---	---	
Esporos: bactér. termófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	6,8x10	5,7x10 ²	1,9x10 ²	>6,5x10 ³	---	---	---	---	---	
Contagem de aeróbios mesófilos totais (UFC/ml)	500	< 500	---	1,6x10 ⁴	6,3x10 ⁴	1,3x10 ⁵	1,0x10 ⁴	5,2x10 ⁴	4,4x10 ⁴	4,2x10 ³	---	---	2,9x10 ³	6,0x10 ⁴	
Esporos: bactér. mesófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	---	---	---	---	>6,5x10 ³	---	---	>6,5x10 ³	2,1x10 ⁴	

Tabela 7: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: MICROORGANISMOS PATOGENICOS - POÇO 6

5 Coletas - Unidade Laboratorial de Referência de Microbiologia do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos - ITAL

PROJETO FAPESP 2007/04668-5 - FZEA-USP PIRASSUNUNGA-SP

Autor: Figueiredo Filho, 2009.

Determinações	Padrão de potabil. ¹	9 e 10 de dezembro de 2008				20 e 21 de janeiro de 2009				25 e 26 de fevereiro de 2009				18 e 19 de junho de 2009				11/8/2009
		Natural		Resfriada		Natural		Resfriada		Natural		Resfriada		Natural		Resfriada		Resfriada Esgotada
		s/ esgotar	Esgotada	s/ esgotar	Esgotada	s/ esgotar	Esg.	s/ esgotar	Esg.	s/ esgotar	Esg.	s/ esgotar	Esg.	s/ esgotar	Esg.			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	D		
Salmonella (100ml)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	aus.	---	---	---	---	---	
Coliformes totais (100ml)	ausente	>8,0	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	8,0	4,6	8,0	1,1	8,0	>8,0	<1,1	1,1	<1,1	4,6	<1,1
Coliformes termotolerantes (100ml)	ausente	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
Escherichia coli (100ml)	ausente	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1
Clostrídios sulfito redutores (100ml)	<1 UFC ²	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	2,6	>8,0	1,1	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	<1,1	<1,1	4,6	<1,1	<1,1
Clostridium perfringens (100ml)	<1 UFC ²	---	---	---	---	4,6	<1,1	2,6	1,1	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	<1,1	<1,1	2,6	<1,1	<1,1
Esporos: bactér. mesófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	1,1	<1,1	<1,1	4,6	<1,1	---	---	---	---	---
Esporos: bactér. termófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	>8,0	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---	---	---	---	---
Esporos: bactér. termófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Contagem de aeróbios mesófilos totais (UFC/ml)	500	2,3x10 ⁵	2,3x10 ⁵	10	2,3x10 ⁴	9,2x10 ⁴	7,8x10 ⁴	9,2x10 ⁴	1,0x10 ⁴	2,6x10 ⁴	2,1x10 ⁴	1,3x10 ⁵	1,1x10 ⁴	1,8x10 ³	2,1x10 ²	8,4x10 ²	1,2x10 ⁴	1,5x10 ²
Esporos: bactér. mesófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	3	1,2x10	2,3x10	2,3x10 ²	1	5	1,7x10 ²	3,9x10 ²	5	1	>6,5x10 ³	>6,5x10 ³	5

6.4. 4ª Etapa: fase complementar de coleta

Nesta etapa complementar, os resultados obtidos nas primeiras baterias de ensaios, desenvolvidos de maio de 2008 a janeiro de 2009, se confirmaram (Tabelas de 2 a 9).

Confirmou-se, também, que a extensão da contaminação à periferia da área de descarte é de tal forma importante, que não se conseguiu estabelecer um poço de valor de fundo (ou branco). Em uma primeira bateria de análises do poço número 6 (seis), estabelecido com maior afastamento a montante (Figura 20), aberto posteriormente às primeiras análises, para servir como poço de valor de fundo (substituindo o poço 1), havia sido determinado contaminação “remota” (Clostrídios sulfito redutores) e uma presença relativamente menor de colônias de bactérias aeróbias mesófilas (em relação aos outros poços). No entanto, as análises subseqüentes demonstraram que, assim como nos outros poços, havia uma grande e importante diversidade de contaminantes (Tabela 7).

As metodologias utilizadas, que se mostraram bastante eficazes, foram mantidas e foi confirmada sua importância na caracterização da diversidade microbiológica.

Quanto aos parâmetros analisados, foram suprimidos nessa etapa os ensaios para Salmonella, para esporos de bactérias mesófilas anaeróbias, esporos de bactérias termófilas anaeróbias e esporos de bactérias termófilas aeróbias. Também foram incluídos os ensaios para número de aeróbios mesófilos totais (em unidades formadoras de colônia), visando o grupo Cereus, e incluídos ensaios para esporos de bactérias mesófilas aeróbias (com o mesmo objetivo).

Todos os poços apresentaram significativos índices de contaminação, não havendo nenhum que não apresentasse, em algum momento e em várias metodologias, índices acima dos limites máximos (Tabelas 2 a 9). Foram feitas análises da água do córrego Tijuco Preto, a montante e a jusante do local de pesquisa. As águas do córrego a montante já se encontram com contaminação expressiva. No entanto, pode-se notar que há aumento do número de unidades formadoras de colônias de bactérias termófilas e mesófilas a jusante (Tabela 9).

Tabela 9: Águas Superficiais: MICROORGANISMOS PATOGENICOS - Córrego Tijuco Preto						
2 Coletas - Unid. Labor. de Refer. de Microbiologia do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos - ITAL						
PROJETO FAPESP 2007/04668-5 - FZEA-USP PIRASSUNUNGA-SP				Autor: Figueiredo Filho, 2009.		
Determinações	Padrão de potabil. ¹	9 e 10 de dezembro de 2008				11/8/2008
		Montante		Jusante		Jusante
		Resfriada	Natural	Resfriada	Natural	Resfriada
		E	F	E	F	E
<i>Salmonella</i> (100ml)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	---
Coliformes totais (100ml)	ausente	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0
Coliformes termotolerantes (100ml)	ausente	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0
<i>Escherichia coli</i> (100ml)	ausente	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0
Clostrídios sulfito redutores (100ml)	<1 UFC ²	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0
<i>Clostridium perfringens</i> (100ml)	<1 UFC ²	---	---	---	---	<1,1
Esporos: bactér. mesófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1	---
Esporos: bactér. termófilas anaeróbias (NMP/10ml)	<1,1	<1,1	<1,1	>8,0	<1,1	---
Esporos: bactér. termófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	---
Contagem de aeróbios mesófilos totais (UFC/ml)	500	1,2x10 ³	9,1x10 ²	4,8x10 ⁴	4,4x10 ⁴	4,9x10 ²
Esporos: bactér. mesófilas aeróbias (NMP/10ml)	< 2,0X10	---	---	---	---	64

- 1- Portaria MS 518/2004
2- ANVISA RDC 275/2005

Legenda para as tabelas de 2 a 9

- A-** Coleta com bailer em polietileno descartável, frasco de 1000 ml, ambar, sem esgotamento prévio, sem resfriamento a 4°C e manutenção da temperatura de coleta
B- Coleta com bailer em polietileno descartável, frasco de 1000 ml, ambar, com esgotamento prévio, sem resfriamento a 4°C e manutenção da temperatura de coleta
C- Coleta com bailer em polietileno descartável, frasco de 1000 ml, ambar, sem esgotamento prévio, com resfriamento a 4°C
D- Coleta com bailer em polietileno descartável, frasco de 1.000 ml, âmbar, com esgotamento prévio, com resfriamento a 4°C

* Número mais provável por 10ml **Unidade formadora de colônias por ml ***Contagem estimada, abaixo do limite de qualificação do método

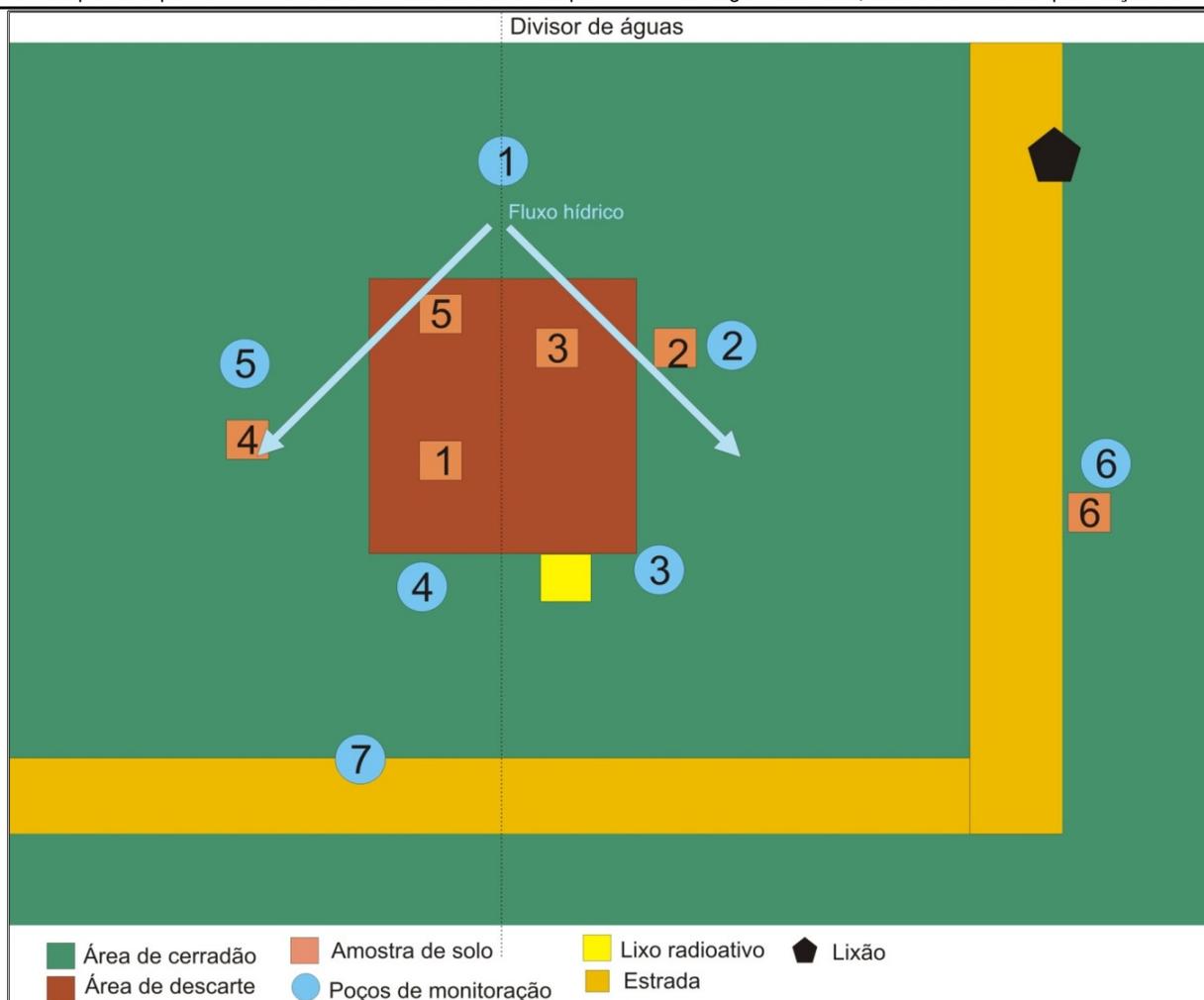


Figura 20: representação gráfica esquemática, sem escala, da área de pesquisa e seu entorno, localização dos poços de monitoração, dos pontos de coleta de amostras de solo, da área de descarte de lixo do Campus (lixão) e de uma área onde foram enterrados materiais utilizados em vacinação (resíduos radioativos). A representação também define o divisor de águas e o fluxo hídrico determinado nas campanhas geofísicas.

7- Análises microbiológicas do solo

As análises microbiológicas do solo foram realizadas pelo Instituto Agrônomo (IAC) e abordaram os ensaios disponíveis: *Salmonella sp*, *Escherichia coli* e Ovos de Helminthos (Tabela 10). Todos os pontos de coleta registraram a presença de algum contaminante, sendo que os pontos 4, 5 e 6 apresentaram maior diversidade e importante volume de contaminantes.

Pontos de Coleta de Amostras de Solo			E. coli	Salmonella sp	ovos helmintos
Data da Coleta	Ponto 1	Coordenadas: 21° 56' 342" S - 47° 27' 577" W	NMP/g	NMP/g	ovo/g
9/12/2008	Amostra 1	Microbiológica Superfície - Resfriada	0	ausente	0,08
10/12/2008	Amostra 2	Microbiológica Superfície - Sem resfriamento	30	ausente	0,06
9/12/2008	Amostra 3	Microbiológica 0,40 m - Resfriada	0	ausente	0,01
9/12/2008	Amostra 4	Física			
9/12/2008	Amostra 5	Química			
9/12/2008	Amostra 6	Microbiológica 0,50 m - sem resfriamento	0	ausente	0,04
Data da Coleta	Ponto 2	Coordenadas: 21° 56' 327" S - 47° 27' 583" W			
9/12/2008	Amostra 1	Microbiológica Superfície - Resfriada	0	1,07	0,04
10/12/2008	Amostra 2	Microbiológica Superfície - Sem resfriamento	0	ausente	0,03
9/12/2008	Amostra 3	Microbiológica 0,40 m - Resfriada	0	ausente	0,03
9/12/2008	Amostra 4	Microbiológica 1 m - Sem resfriamento	0	ausente	0
9/12/2008	Amostra 5	Física			
9/12/2008	Amostra 6	Química			
Data da Coleta	Ponto 3	Coordenadas: 21° 56' 338" S - 47° 27' 589" W			
9/12/2008	Amostra 1	Microbiológica Superfície - Resfriada	0	ausente	0,03
10/12/2008	Amostra 2	Microbiológica Superfície - Sem resfriamento	0	ausente	0,03
9/12/2008	Amostra 3	Química			
9/12/2008	Amostra 4	Física			
9/12/2008	Amostra 5	Microbiológica 0,40 m - Resfriada	0	4,71	0,02
9/12/2008	Amostra 6	Microbiológica 1 m - sem resfriamento	0	2,06	0,02
Data da Coleta	Ponto 4	Coordenadas: 21° 56' 355" S - 47° 27' 578" W			
9/12/2008	Amostra 1	Microbiológica Superfície - Resfriada	0	ausente	0,04
10/12/2008	Amostra 2	Microbiológica Superfície - Sem resfriamento	25	10,37	0,03
9/12/2008	Amostra 3	Química			
9/12/2008	Amostra 4	Física			
9/12/2008	Amostra 5	Microbiológica 0,40 m - resfriada	256,5	ausente	0,04
9/12/2008	Amostra 6	Microbiológica 1 m - sem resfriamento	0	ausente	0,04
Data da Coleta	Ponto 5	Coordenadas: 21° 56' 320" S - 47° 27' 584" W			
9/12/2008	Amostra 1	Microbiológica Superfície - Resfriada	0	10,4	0,04
10/12/2008	Amostra 2	Microbiológica Superfície - Sem resfriamento	0	ausente	0,04
9/12/2008	Amostra 3	Química			
9/12/2008	Amostra 4	Física			
9/12/2008	Amostra 5	Microbiológica 0,40 m - Resfriada	0	10,39	0
9/12/2008	Amostra 6	Microbiológica 1 m - sem resfriamento	257	ausente	0,01
Data da Coleta	Ponto 6	Coordenadas: 21°56'298" S - 47°27'552" W			
9/12/2008	Amostra 1	Microbiológica Superfície - Resfriada	0	10,4	0
10/12/2008	Amostra 2	Microbiológica Superfície - Sem resfriamento	260	ausente	0,02
9/12/2008	Amostra 3	Química			
9/12/2008	Amostra 4	Física			
9/12/2008	Amostra 5	Microbiológica 1 m - sem resfriamento	0	ausente	0

Ressalta-se o fato de que os pontos 1, 2, 5 e 6 situam-se no perímetro da área de descarte, dentro do cerrado e, portanto, não deveriam apresentar contaminação, ainda mais tão expressiva (vide Figura 22).

Tabela 10: análises microbiológicas do solo.
Organizador: Figueiredo Filho, 2009.

Na área de pesquisa e seu entorno imediato, no solo, subsolo e águas subterrâneas, foi

detectada importante grupo de patógenos, de menor ou maior risco à saúde pública, podendo, em alguns casos, levar à morte o indivíduo que for contaminado.

Alguns patógenos foram encontrados nos três níveis estudados, enquanto outros apenas no solo e subsolo, no solo e nas águas subterrâneas ou apenas nas águas subterrâneas (Figura 21). De outro modo, não houve a possibilidade de submeter aos mesmos ensaios (parâmetros determinados para análise) as amostras de solo, visto que a complexidade dos fatores laboratoriais exigidos para tal, não é atendida na maioria dos laboratórios nacionais

Contaminação do solo e águas subterrâneas

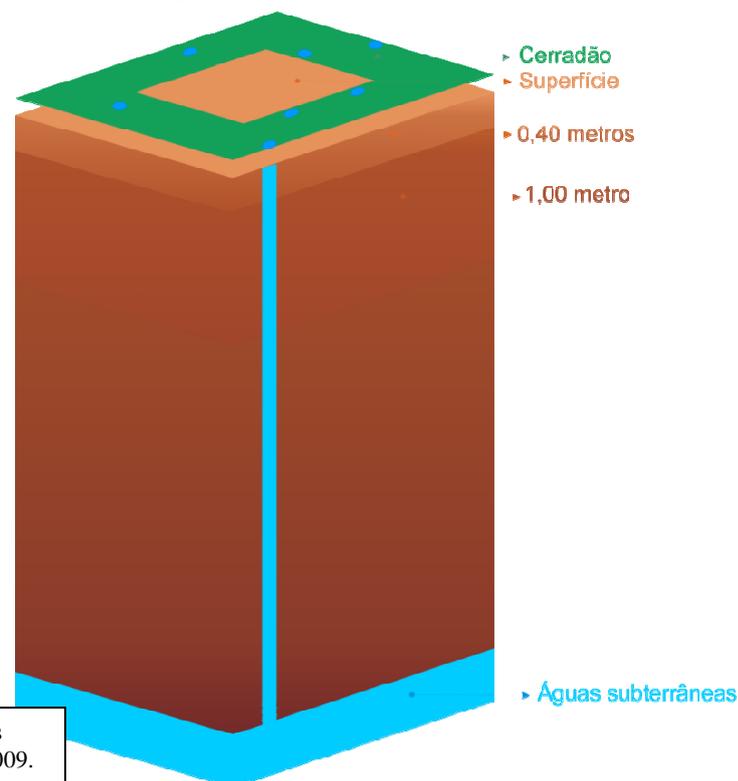


Figura 21: Bloco diagrama apresentando os níveis estratigráficos onde foi pesquisada a contaminação. Autor: Figueiredo Filho, 2009.

7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nas análises das águas subterrâneas e do solo revelam que há uma expressiva contaminação por uma importante diversidade de microorganismos, alguns muito importantes para a saúde pública, como esporos de bactérias mesófilas anaeróbias e por bactérias mesófilas aeróbias, como o *Clostridium botulinum* e o *Bacillus anthracis*, que representam risco epidemiológico e morte.

As análises pedológicas feitas no local, principalmente por meio de de tradagens até o embasamento rochoso e de trincheira escavada próxima à área de estudo, revelam que o Latossolo vermelho de textura média se estende até doze metros de profundidade. Esse ambiente oxidativo, que vai até o nível freático, favorece a decomposição dos cadáveres e partes de animais sepultados e propicia a demanda química de oxigênio necessária para a decomposição do necrochorume produzido por esses cadáveres, e também favorece a manutenção dos microorganismos aeróbios associados a esse ambiente. Por outro lado, esse quadro se torna extremamente negativo ao desenvolvimento ou manutenção dos microorganismos anaeróbios que possam se originar dos cadáveres sepultados, fazendo com que estes assumam formas resistentes (esporos) e, desse modo, persistam no ambiente. Nos dois casos, os microorganismos aeróbios em atividade e os esporos de anaeróbios, podem ser transportados pela água atingindo a zona saturada do aquífero e estendendo a contaminação muito além da área de descarte.

A determinação de presença de contaminantes em todos os poços denota que há um “espalhamento” da “pluma” de contaminantes. Devido à condição pedológica e hidrogeológica do local, esses contaminantes podem, com certa facilidade, atingir as calhas de rio através do aquífero livre, o que já pode estar acontecendo visto que foi detectado aumento do nível de contaminantes nas águas do córrego Tijuco Preto, a jusante da área de descarte.

Esses dados, interpretados em conjunto com as condições pedológicas e climáticas, revelam que há uma notável possibilidade de que esses contaminantes estejam sendo transportados a distâncias consideráveis, além da área de sepultamento de cadáveres e partes de animais.

Considerando o impacto que o descarte de carcaças (cadáveres e partes de animais) pode representar, que incluem também áreas não registradas, como terrenos baldios, sítios, residências, lixões e, até mesmo, os aterros sanitários, que são inadequados para esse fim, tornam-se imprescindíveis estudos que permitam que se estabeleçam parâmetros e procedimentos para uma correta investigação dessas áreas potencialmente contaminadas e normas de conduta para que se estabeleçam processos de reabilitação.

Para que isso seja viável, é importantíssimo o estabelecimento de protocolos de análise adequados a essas investigações, que envolvam procedimentos analíticos reprodutíveis, confiáveis e de baixo custo.

Como demonstrado pelos resultados obtidos, as normas técnicas em vigor atendem apenas parcialmente a esses requisitos.

Somente a partir do estabelecimento de normas é que se poderá estabelecer uma legislação eficaz, que discipline o uso do solo com essa finalidade, minimizando os riscos ambientais e à saúde pública.

8- BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **“Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 1: Projeto e construção”**. NBR 15495-1:2007. Rio de Janeiro, 2007

BASTIANON, D.; MATOS, B.A.; AQUINO, W.F.; PACHECO, A.; MENDES, J.M. **Geophysical surveying to investigate groundwater contamination by a cemetery**. In: SYMPOSIUM ON THE APPLICATION OF GEOPHYSICS TO ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS, Arlington, VA, U.S.A., 2000. Proceedings. Arlington, Environmental and Engineering and Geophysical Society. p. 709-718.

BRASIL. Presidência da República. Subchefia para assuntos jurídicos da Casa Civil: LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981 — **POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. 2007

BRASIL. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2001. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>.

BRASIL. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. 1ª edição. São Paulo, 155p, 1987.

BRASIL. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. **“Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo”**. Decisão de Diretoria nº 195-2005-E. São Paulo. 2005.

BRASIL. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. **“Amostragem e monitoramento das águas subterrâneas - construção de poços de monitoramento de aquífero freático”**, capítulo 6410 Norma 06.010, São Paulo, 1988.

BRASIL, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. **Determinação do Número Mais Provável de Clostrídios Sulfito-Redutores (Clostridium perfringens): Método de Ensaio**. CETESB: São Paulo, 1993. 28p.(Norma técnica L5.213)

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.º 518/2004** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação- Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

DOWNES, F. P. & ITO, K. (eds.). 2001. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods, 4th ed.* American Public Health Association, Washington, D. C.

EATON, A.D., CLESCERI, L.S., GREENBERG, A.E.(eds.). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed.* Washington: American Public Health Association (A.P.H.A.), American Water Works Association (A.W.W.A.), Water Environment Federation (W.E.F.), 2005.

FIGUEIREDO FILHO, Yadyr A.; PACHECO, A.. **Avaliação da Contaminação do solo e das águas subterrâneas por sepultamento de carcaças de animais.** In: Encontro Internacional Geografia: Tradições e Perspectivas, 2008, São Paulo.

FIGUEIREDO FILHO, Yadyr A.; MANFREDINI, S.; PACHECO, A.. **A importância dos solos tropicais nos processos transformativos destrutivos nos cemitérios.** In: Encontro Internacional Geografia: Tradições e Perspectivas, 2008, São Paulo.

FIGUEIREDO FILHO, Yadyr A.; PACHECO, A.. **Cemitérios de animais domésticos e impactos ambientais.** In: Encontro Internacional Geografia: Tradições e Perspectivas, 2008, São Paulo. ENCONTRO INTERNACIONAL GEOGRAFIA: Tradições e Perspectivas, 2008.

FIGUEIREDO FILHO, Yadyr A.; MANFREDINI, S.; GALVANI, E. **Influências Climáticas e Pedológicas de Ambientes Tropicais na Manutenção e Desenvolvimento Microbiano Zoonótico Originado em Cadáveres e Partes de Animais Sepultados no Solo.** In: IV SEMINÁRIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA FÍSICA, 2009, São Paulo.

HORWITZ, W. & LATIMER, G.W. (eds.). *Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th ed.* Gaithersburg, Maryland: AOAC International, 2005.

KYAW, Cynthia Maria. **Crescimento Microbiano.** Instituto de Biologia – Aula de Biologia: material didático. Universidade de Brasília. Consultado em junho de 2009. Disponível em: <http://www.unb.br/ib/cel/microbiologia/crescimento/crescimento.html>

MARTINS, Maria Therezinha, **Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios.** Revista de Saúde Pública, v.25, n.1 , p.47-52, 1991

NAUIACK, Juliana Boscardin. **INFECÇÕES BACTERIANAS MAIS IMPORTANTES NO LEITE DE VACA.** Universidade Castelo Branco, Pró-reitoria de pesquisa e pós-graduação, São Paulo. 2006.

OTTMANN, François. **Créer ou aménager un cimetière** – Geologie, Techniques, Hygiène. CEP Edition, Paris, 1987.

PACHECO, Alberto, **Cemitério e Meio Ambiente.** Tema de Livre Docência, Instituto de Geociências, USP, São Paulo.2000

PACHECO, Alberto, **Análise das características técnicas e da legislação para uso e proteção das águas subterrâneas em meio urbano (município de São Paulo).** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP, São Paulo.1984

SILVA, Neusely da, [et al]. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** São Paulo: Livraria Varela, 2007.