UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E TRANSPORTES

MARIZA ELIZABETH DE ALMEIDA SALES ABRÃO

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS A PARTIR DE CEMITÉRIOS: O CASO DO CEMITÉRIO SANTO AMARO EM CAMPO GRANDE – MS

Campo Grande, MS
2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E TRANSPORTES

MARIZA ELIZABETH DE ALMEIDA SALES ABRÃO

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS A PARTIR DE CEMITÉRIOS: O CASO DO CEMITÉRIO SANTO AMARO EM CAMPO GRANDE – MS

Dissertação relativa ao Programa de Pós Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, requisito para obtenção do título de Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Giancarlo Lastória.

Campo Grande, MS
2007

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo Job, aos meus filhos Milton, Juliane e Marianne, pelo carinho e conforto nessa difícil passagem.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul que me acolheu e tornou possível a viabilização do presente trabalho, a qual me concedeu a oportunidade da realização do Mestrado. Reconheço e sou grato ao apoio dos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Hidráulica e Transportes dessa instituição.

Agradeço, particularmente, ao Prof. Giancarlo Lastória pela orientação, paciência e conselhos preciosos que me foram concedidos durante todo o processo de construção desta Dissertação. Especialmente, sou muito grato à Profª. Maria Izabel Lima Ramos pelas análises bacteriológicas desta pesquisa, como também pelas sugestões e apoio durante a fase de conclusão desse trabalho.

Agradeço à Empresa Sanesul S/A, em especial ao geólogo Antonio Carlos Benatti Valente, pelas informações cadastrais e materiais de trabalho disponibilizados.

Agradeço à Secretaria de Meio Ambiente Municipal, em especial ao Secretário engenheiro sanitarista e especialista em Recursos Hídricos Frederico Luiz de Freitas Júnior, pelo apoio e atenção a mim concedidos e agradeço também ao engenheiro ambiental Antonio Carlos Silva Sampaio pelas informações complementares que se fizeram necessárias para o alcance do objetivo.

Agradeço à Secretaria Estadual de Meio Ambiente, e aos funcionários da Superintendência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos SUPEMA MS, em especial ao Mestre Luís Mário Ferreira, sendo este responsável pela coleta e pelas análises físico-químicas deste trabalho, sem os quais eu não poderia concluir este trabalho.

Sou muito grata aos colegas de mestrado pelas discussões e trabalhos conjuntos realizados durante o curso, em especial à colega Mestre Dirce Martins de Oliveira, pelo auxilio nas análises dos metais. Também, agradeço ao Guilherme Cavazzana, estudante do curso de Engenharia Ambiental/UFMS, pelo auxílio na elaboração dos mapas.

Agradeço aos funcionários do cemitério Santo Amaro, pela colaboração e presteza que sempre demonstraram em todos os momentos que foram solicitados. Aos moradores e comerciantes do entorno do cemitério, que disponibilizaram os poços rasos para realização de algumas pesquisas e também para análises bacteriológicas e físico-químicas da água.

Agradeço todos meus amigos próximos, pela paciência em me escutar, dividindo as angústias e alegrias de nossas vidas. Enfim, a todos que possibilitaram a realização desse curso, desse estudo e que, por falha da minha memória, não tenham sido citados.

EPÍGRAFE

“A natureza é exatamente simples, se conseguimos encará-la de modo apropriado... Essa crença tem-me auxiliado, durante toda a minha vida, a não perder as esperanças, quando surgem dificuldades de investigação”.

Albert Einsten (1879 – 1955)

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA ii
AGRADECIMENTOS iii
EPÍGRAFE iv
SUMÁRIO v
LISTA DE FIGURAS vi
LISTA DE QUADROS vii
RESUMO viii
ABSTRACT ix
1. INTRODUÇÃO 1
2. OBJETIVOS 4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5
3.1 Cemitérios e meio ambiente 5
3.2 Geologia local e regional 7
3.3 Hidrogeologia 8
3.4 Precipitação e clima 9
3.5 Contaminação das águas subterrâneas 11
3.6 Indicadores físico-químicos 14
3.7 Indicadores bacteriológicos 16
3.8 Aspectos legais 19
4. MATERIAIS E MÉTODOS 21
4.1 Levantamentos preliminares 22
4.1.1 Área de estudo 22
4.1.2 Entorno imediato do cemitério 25
4.1.3 Geomorfologia 27
4.1.4 Águas superficiais 27
4.1.5 Águas subterrâneas 28
4.2 Etapa de campo 28
4.2.1 Localização Geográfica do cemitério Santo Amaro e dos poços observados 28
4.2.2 Superfície freática dos poços 32
4.2.3 Amostragem do Solo 33
4.3 Etapas de laboratório e a avaliação da contaminação 36
4.3.1 Amostragem e análises da água subterrânea 37
4.3.2 Parâmetros físico-químicos 39
4.3.3 Parâmetros bacteriológicos 40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 42
5.1 Solo 42
5.2 Superfície freática dos poços 44
5.3 Indicadores de contaminação 47
5.3.1 Indicadores Físico-Químicos 47
5.3.2 Indicadores bacteriológicos 58
6. CONCLUSÕES 63
7. RECOMENDAÇÕES 66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68
ANEXOS 81

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Dados pluviométricos dos meses de Julho/2006 à Março/2007, para a região de Campo Grande, MS. 10
Figura 4.1 Visão parcial dos túmulos no cemitério Santo Amaro em Campo Grande MS..... 22
Figura 4.2 Vista da entrada do cemitério Santo Amaro em Campo Grande – MS. 23
Figura 4.3 Posição do muro em relação ao interior do cemitério e em frente à grande área vazia, no lado sul. 24
Figura 4.4 Vista parcial das sepulturas e a posição do poço piezométrico (PT-02) no interior do cemitério Santo Amaro em Campo Grande MS. 25
Figura 4.5 Mapa de localização do Cemitério Santo Amaro, em Campo Grande-MS. (Modificado de OLIVEIRA, 2003). 26
Figura 4.6 Georreferenciamento do poço PT-11 com o GPS ProXR, da Trimble, na região do Cemitério Santo Amaro em Campo Grande – MS. 29
Figura 4.7 Localização da área de estudo e dos pontos amostrados - Escala 1: 5.000..... 30
Figura 4.8 Medidor de nível d'água elétrico. 32
Figura 4.9 Poço piezométrico (PT-08) ou poço de monitoramento, no interior do Posto Santo Amaro em Campo Grande - MS. 33
Figura 4.10 Amostras coletadas sendo analisadas no aparelho para medição da condutividade elétrica (condutivimetro) no Laboratório de Controle Ambiental da SUPEMA – MS. 37
Figura 4.11 Aparelho de Absorção Atômica no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), utilizado para análise de metais. 38
Figura 5.1 Variação do nível do lençol freático no piezômetro (PT-02) e a pluviometria da região (Campo Grande-MS). 43
Figura 5.2 Mapa potenciométrico da região do Cemitério Santo Amaro, obtida com os poços pesquisados. 45
Figura 5.3 Medição da profundidade do freático realizada no poço de monitoramento (PT-02) em julho/2006. 46
Figura 5.4 Modelo 3D da potenciometria do aqüífero na área do Cemitério Santo Amaro.... 47
Figura 5.5 Coleta das amostras de água no interior do cemitério realizada pelos técnicos da SUPEMA MS e com a orientação do Prof. Giancarlo Lastória. 49

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 Doenças causadas por microrganismos veiculados pela água..... 13
Quadro 3.2 Alguns parâmetros físico-químicos de avaliação da qualidade da água 16
Quadro 3.3 Ocorrência, em flora fecal, dos indicadores bacteriológicos de contaminação de água..... 17
Quadro 3.4 Parâmetros biológicos de avaliação da qualidade da água..... 17
Quadro 4.1 Dados dos Poços Investigados..... 31
Quadro 4.2 Classificação da permeabilidade de acordo com a granulometria dos sedimentos35
Quadro 5.1 Nível da Água nos Poços Rasos monitorados na região do cemitério Santo Amaro. 44
Quadro 5.2 Parâmetros obtidos "*in loco*", durante a amostragem em julho/2006. 48
Quadro 5.3 Parâmetros obtidos "*in loco*", durante a amostragem em Abril/2007. 48
Quadro 5.4 Resultado das Análises Químicas realizadas Laboratório do Centro de Controle Ambiental (CCA). 52
Quadro 5.5 Resultado das Análises Químicas de Metais realizadas no Laboratório de Análises de Água (LAQUA). 55
Quadro 5.6 Resultados das análises bacteriológicas da água subterrânea coletada. 59

RESUMO

ABRÃO, M.E.A.S (2007). *Avaliação da contaminação de águas subterrâneas a partir de cemitérios: o caso do Cemitério Santo Amaro em Campo Grande Campo Grande, 2007. 98p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.*

Nas últimas décadas, tem se tornado uma preocupação em alguns estados brasileiros, como São Paulo, Paraná, entre outros, a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas, tendo como foco cemitérios humanos. Este trabalho visa a caracterização da qualidade físico-química da água do aqüífero freático, na região do cemitério Santo Amaro em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, enfatizando-se também os indicadores de contaminação, sobretudo, do ponto de vista bacteriológico. Em operação desde 1961 é o segundo cemitério mais antigo da cidade, e um dos três cemitérios públicos administrados pelo Município de Campo Grande. O cemitério Santo Amaro, possui uma área de 27,3 ha e está localizado no bairro de mesmo nome, na zona noroeste da cidade de Campo Grande, na região Urbana do Imbirussu. Do ponto de vista metodológico, foi feito o levantamento de poços rasos no interior do cemitério e no entorno do mesmo, com medição da superfície piezométrica e determinação do sentido do fluxo subterrâneo, e a amostragem da água subterrânea para realização de análises bacteriológicas e físico-químicas. Nas amostras coletadas da água subterrânea de dois poços no interior do cemitério, o piezômetro apresentou maior ocorrência de bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas e clostridios sulfito redutores em comparação ao poço de observação. Esse poço de observação acusou a presença das bactérias anteriormente citadas acrescidas do *enterococcus* e coliformes totais. Nas análises físico-químicos desses poços apenas o poço piezométrico excedeu o valor de alguns metais Cd, Pb e Fe comumente considerados como ocorrência natural para água potável conforme recomendação da legislação federal vigente. Dentre as amostras de águas subterrâneas pesquisadas no entorno do cemitério, somente um poço observado está dentro dos padrões exigidos na legislação federal e não está localizado numa área de influência direta do cemitério, ou seja, área de risco de contaminação. Esta pesquisa traduz os principais fatos sobre a água subterrânea e a sua importância na vida de todos que a utilizam, pois nas amostras das águas coletadas foram constatadas a contaminação físico-química e bacteriológica em quase todos os poços observados na região do cemitério Santo Amaro, podendo estar relacionada com a decomposição dos corpos.

Palavras-Chave: aqüífero freático, contaminação, cemitério.

ABSTRACT

ABRÃO, M.E.A.S (2007). *Evaluation of contamination underground water from cemeteries: the case of Santo Amaro cemitery in Campo Grande. Campo Grande, 2007. 98p. Dissertation (Master's degree) - Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil.*

In the last decades, it's been a concern in some Brazilian states, like São Paulo, Paraná, among others, the possibility of contamination in the underground water with focus on human cemeteries. This work shows the characterization of the physiochemical quality of the unconfined aquiferous in the area of the Santo Amaro cemetery in Campo Grande, Mato Grosso do Sul, also emphasized the indicators of contamination, especially in the bacteriological point of view. In operation since 1961, it is the second oldest cemetery in the city, and one of the three public cemeteries manage by Campo Grande municipal. The Santo Amaro cemetery has an área of 27,3 ha and it is located in the neighborhood of the same name, in the northwest area of the city in Campo Grande, the Urban area of Imbirussu. By the methodological point of view, it was made a survey of shallow wells inside the cemetery and around it, measurement of the piezométric surface and determination of direction of the underground flow and samples of the underground water to make the bacteriological and physiochemical analyses. In the samples, especially, those two wells built inside the cemetery, the well piezômetric presented larger occurrence of heterotrophic bacteria, proteolytic bacteria and sulfite reducer clostridios in comparison with the observation well. That observation well showed the presence of those bacterium already mentioned added to the *enterococcus* and *total coliform bacteria*. In the chemical wells analyses the piezométric well exceeded the value of some metals Cd, Pb and Fe commonly considered as natural occurrence of drinking water according to the rule of recommendation of the federal legislation. Among the samples of the underground water around the cemetery, only one observed shallow well can be considered right according to the patterns demanded the federal legislation and it is not located in an influence area of the cemetery or área risk of contamination. This research shows the main facts in the underground water and it's importante in the lives of those who use it, because the samples of the collected water was verified the physiochemical and bacteriological contamination in almost all the wells observed in the area of Santo Amaro cemetery, this could be associated with the body decay.

Key-words: unconfined aquiferous, contamination, cemetery.

1. INTRODUÇÃO

A dissertação ora apresentada foi desenvolvida na região do Cemitério Santo Amaro, no bairro de mesmo nome, na cidade de Campo Grande, MS. As atividades desenvolvidas durante o estudo contaram com o apoio da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Foram utilizados três laboratórios, sendo dois laboratórios da UFMS, o primeiro utilizado foi o Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia que realizou as análises quantitativas e qualitativas de metais; o segundo foi o Laboratório de Toxicologia, Fisioquimica e Microbiologia do Departamento de Tecnologias de Alimentos e Saúde Pública (DTA), que avaliou e quantificou o número de microrganismos presentes, e o terceiro laboratório utilizado, o Laboratório de Controle Ambiental (CCA) da Superintendência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SUPEMA-MS, que deu suporte nas coletas e análises físicas e químicas das amostras de água.

Em vários países, incluindo o Brasil, a proteção das águas subterrâneas vem sendo negligenciada, apesar da sua grande importância estratégica. A água constitui um elemento essencial para a manutenção da vida no Planeta e, embora ocupe 75% da superfície da Terra, apenas 0,8% está disponível sob a forma de água doce no estado líquido e não se tem conhecimento de quanto desta fração encontra-se contaminada (CETESB, 1996).

Nos centros urbanos, a exemplo de Campo Grande - MS, é grande o adensamento populacional e a diversidade de fontes contaminantes. O resultado da combinação desses problemas é o incremento na demanda de água potável e o maior risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas que se tornam, dessa forma, um problema permanente na medida em que a água representa um veículo importante de disseminação de diversas doenças.

Existe a preocupação com o necrochorume – neologismo que designa o líquido liberado intermitentemente pelos cadáveres em putrefação, que também pode conter microrganismos patogênicos – transportados pela percolação da água de chuva infiltrada diretamente nas covas, bem como na área restante do cemitério.

Os cemitérios, quando implantados sem consideração dos aspectos técnicos necessários à proteção das águas subterrâneas, nomeadamente as do aqüífero freático, poderão causar impactos ao meio ambiente, como a contaminação dessas águas em decorrência do processo de decomposição dos corpos (PACHECO *et al*., 1991), quando prolifera uma infinidade de microrganismos. A esse processo, soma-se a permeabilidade dos terrenos, a

ocorrência de períodos de maior precipitação pluviométrica, que propiciam o transporte desses microrganismos e a elevação do nível freático do aqüífero, podendo expor suas águas ao contato direto com as sepulturas ou com camadas contaminadas do solo.

Após a morte, o corpo humano sofre putrefação, que é a destruição dos tecidos por ação das bactérias e enzimas, resultando na dissolução gradual do organismo em gases, líquidos e sais. Ocorrendo a contaminação das águas do lençol freático no processo de decomposição dos corpos e se esta água for captada em poços, quem fizer uso da mesma, corre, eventualmente, riscos de saúde, pois este recurso pode veicular doenças como a febre tifóide, paratifóide, cólera, entre outras.

O "cemitério" é uma área destinada a sepultamentos, podendo ser do tipo horizontal - tradicional, do tipo parque ou jardim, ou ainda vertical que é um edifício de um ou mais pavimentos dotados de compartimentos destinados a sepultamentos.

O cemitério Santo Amaro iniciado em 1961 é o maior cemitério público da Capital de Mato Grosso do Sul, sendo do tipo tradicional onde o sepultamento é realizado em sepulturas, as quais podem conter uma construção tumular, ou por inumação, sendo que neste último caso o caixão é depositado diretamente no solo.

Para este Estado, as normas atuais que regem sobre o assunto, Lei n° 1.293, de 21.09.92, Código Sanitário do Estado de Mato Grosso do Sul, e em seu capítulo III, artigos 100 a 108 dispõe sobre velórios, cemitérios e cremação; Resolução da Secretaria de Estado da Saúde SES/MS n°79, de 20.01.94, que dispõe sobre normas técnicas especiais de sepultamento, cremação, embalsamento, exumação, transporte e exposição de cadáveres; Resolução CONAMA 335 de 03 de Abril de 2003, que dispõe sobre licenciamento Ambiental em cemitérios, alterada pela Resolução CONAMA n° 368, de 28 de março de 2006. Normas para Licenciamento Ambiental publicadas no Diário Oficial n° 6248 de 19 de março de 2004 - folha 36, que determina: item c; estudo demonstrando o nível máximo do aqüífero freático ao final da estação de maior precipitação pluviométrica; item e: descrição da área com caracterização da vegetação, curso d'água e áreas vizinhas.

No entanto, há necessidade de algumas adequações, no que tange ao estudo de Licenciamento para os cemitérios, acrescentando na documentação exigida, a informação da potenciometria do aqüífero mais superficial, em escala de detalhe da área do empreendimento, com indicação do sentido do fluxo subterrâneo e determinação do coeficiente de permeabilidade.

Os projetos de implantação dos cemitérios devem apoiar-se na caracterização do meio físico, ou seja, no conhecimento geológico e hidrogeológico da área do empreendimento como forma de garantir a proteção do aqüífero freático e o controle no processo normal de decomposição dos corpos.

A escolha desse assunto para elaboração da dissertação, decorreu da escassez de estudos sobre o tema, em especial no Estado de Mato Grosso do Sul, e de dados que substanciem as análises para o processo de licenciamento ambiental desses empreendimentos. Nas últimas décadas, a preocupação de toda a sociedade com a disponibilidade e qualidade da água decorre do fato de que, por mais abundante que pareça este recurso, não é rara também sua escassez, ora pela ocorrência de períodos prolongados de falta de chuva ou ora pela alta carga poluidora a que é submetido.

O estudo proposto consubstanciou os trabalhos para investigação da possibilidade da contaminação do aqüífero freático por corpos em decomposição, na área do cemitério Santo Amaro, localizado no bairro de mesmo nome, no município de Campo Grande - MS.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho foi verificar a possibilidade de contaminação do lençol freático pela decomposição dos corpos sepultados no cemitério Santo Amaro em Campo Grande, MS;

Destacando-se como objetivos específicos a identificação de:

1) Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos;

2) Indicadores de contaminação;

3) Fluxo das águas na área de estudo;

4) Análise granulométrica do solo e determinação da permeabilidade;

5) Proposição de diretrizes para o licenciamento ambiental de cemitérios.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cemitérios e meio ambiente

No Brasil, apenas no início da década de 80 foram iniciadas as pesquisas relacionadas com este tema, coordenadas pelo Professor Alberto Pacheco, do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas da Universidade de São Paulo - CEPAS - USP, com o apoio do Instituto de Ciências Biomédicas da USP (COSTA *et al*., 2002). PACHECO (1986) realizou estudos em 22 cemitérios da cidade de São Paulo e alertou para a necessidade de cuidados na implantação dos cemitérios, estabelecendo faixas de proteção sanitária, no sentido de garantir a preservação e potabilidade das águas subterrâneas e superficiais (MARINHO, 1998; MATOS, 2001).

Os estudos relativos a cemitérios e meio ambiente, embora considerados relativamente escassos (MARINHO, 1998) e incipientes (MATOS, 2001), não parecem ser motivo de preocupação recente entre os pesquisadores. Isto, apesar de MULDER (1954 *apud* BOUWER, 1978) relacionar a alta incidência de febre tifóide, no período de 1863-1867, ao consumo de água subterrânea por pessoas que viviam nas proximidades de cemitérios da cidade de Berlim. O mesmo autor menciona a captação de água com sabor adocicado e odor desagradável, sem referir o período de ocorrência, em poços localizados próximos a cemitérios na cidade de Paris, principalmente na época do verão.

Em cemitérios, as águas subterrâneas podem ser contaminadas por microrganismos existentes nos corpos em decomposição. BERGAMO (1954) defendeu a necessidade de estudos geológicos e sanitários das áreas dos cemitérios e a verificação das possibilidades de contaminação das águas subterrâneas e superficiais. PACHECO (1986) alertou para a necessidade de implantação cuidadosa de cemitérios e fixação de faixas de proteção sanitária como forma de garantir a preservação das águas subterrâneas e o uso potável das mesmas. MIOTTO (1990) propôs uma metodologia baseada em mapeamentos de informações geológicas, geotécnicas e hidrológicas, visando a adequabilidade dos solos para áreas destinadas a implantação de cemitérios.

Estudos feitos em várias necrópoles dos municípios de São Paulo e de Santos (PACHECO *et al*., 1991) constataram a contaminação do aqüífero freático por microrganismos - coliformes totais, coliformes termotolerantes, estreptococos fecais,

clostrídios sulfito redutores e outros contaminantes oriundos da decomposição dos corpos sepultados por inumação.

WHO (1998) refere-se a uma pesquisa realizada no cemitério Botany na Austrália, por Dent, hidrogeólogo australiano, onde foi constatado um aumento da salinidade nas águas subterrâneas próximas a sepulturas recentes, bem como uma diminuição rápida desses sais à medida que aumentava a distância do cemitério.

DENT (2003), através da análise em amostras de água subterrânea obtida em nove cemitérios australianos, constatou que a quantidade dos produtos de decomposição dos corpos é tão pequena que não pode ser chamada de poluição, sobretudo em regiões de clima temperado.

Os corpos sepultados em cemitérios, normalmente, estão sujeitos aos fenômenos transformativos destrutivos. Porém, sob certas condições ambientais, podem ocorrer fenômenos transformativos conservadores, como a mumificação e a saponificação (PACHECO & BATELLO, 2000).

MATOS *et al*. (1998) realizaram estudos de investigação no Cemitério Vila Nova Cachoeirinha, no município de São Paulo e constataram o comprometimento da qualidade da água subterrânea naquele cemitério, devido à contaminação advinda do processo de decomposição dos corpos.

MATOS (2001) constatou que as bactérias heterotróficas, as bactérias proteolíticas e os clostrídios funcionam como bons indicadores da contaminação das águas subterrâneas por cemitérios. Por outro lado, alertou para o fato de que concentrações elevadas de coliformes totais e termotolerantes, a jusante das sepulturas, podem ter outra origem que não os cemitérios. Neste mesmo trabalho, também verificou que os vírus têm uma mobilidade maior que as bactérias e que as mesmas diminuem em concentração com o aumento da distância à fonte de contaminação.

A qualidade da água sempre foi avaliada utilizando bactérias do grupo dos coliformes como indicadores biológicos. Entretanto, nos últimos anos com o avanço dos métodos de estudo em microbiologia e virologia, principalmente, com a introdução de métodos moleculares para fins de detecção e identificação viral, pesquisadores tem proposto uma reavaliação do uso destes indicadores biológicos (PINA *et al*., 1998). Este fato é justificado pela maior labilidade das bactérias frente aos fatores ambientais e processos de tratamento de água do que os vírus (PAYMENT *et al.,* 1985). Assim sendo, alguns aspectos favorecem a inclusão dos vírus como indicadores biológicos da qualidade da água como: boa resistência

aos fatores ambientais e aos métodos de tratamento de água, inclusive cloração; alguns tipos de vírus circulam no meio ambiente o ano todo; estão presentes em concentrações detectáveis; não guardam nenhuma correlação em termos quantitativos com os atuais indicadores (coliformes termotolerantes).

Concluem-se de que uma água livre ou com baixíssima contagem de coliformes jamais poderá ser considerada livre de vírus. Estudos comparando os números de Enterovírus (STEWIEN, 1979) e de rotavírus (MEHNERT, 1989) com os de coliformes termotolerantes mostraram que não há uma correlação entre estes agentes nas amostras de água de esgoto e córrego examinadas.

Com base nos estudos apresentados, conclui-se que a maior parte dos trabalhos considera os cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas, confirma essa possibilidade com indicação de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e alguns pesquisadores consideram que uma água livre ou com baixíssima contagem de coliformes jamais poderá ser considerada livre de vírus, e que também devam ser investigados para acompanhamento de provável contaminação dessas águas.

3.2 Geologia local e regional

O Município de Campo Grande está situado sobre a Bacia Sedimentar do Paraná, seu arcabouço geológico é constituído pelas litologias de duas unidades geológicas diferentes: Grupo São Bento e Grupo Bauru. O Grupo São Bento, localizado na porção oeste do município, é representado pelas formações Botucatu e Serra Geral. A primeira formada por arenitos eólicos de idade jurássica é recoberta pela segunda, representada por uma seqüência de derrames basálticos contendo níveis areníticos intertrapeanos. O Grupo Bauru, que capeia as litologias anteriores, ocorre na porção centro-oeste de Campo Grande e é composto pelos arenitos finos a médios, localmente conglomeráticos, da Formação Caiuá.

O Projeto RADAMBRASIL (MME, 1982), classificou a região como Latossolo Vermelho-Escuro álico, textura média, mais areia quartzosa álica, relevo plano e suavemente ondulado, da Formação Serra Geral.

Segundo a Carta Geotécnica de Campo Grande (PLANURB, 1991), a área em questão situa-se na Unidade Homogênea I e litologia formada por basalto e arenito intertrapeanos da Formação Serra Geral, solos Latossolos vermelho escuro, textura média e Latossolo vermelho escuro, textura fina baixa.

Estudos geotécnicos realizados pela Prefeitura Municipal de Campo Grande, descrevem o perfil geológico (características litológicas e estrutura do terreno) e hidrogeológico (nível do lençol freático) do local em estudo, ou seja, o tipo de material encontrado e a profundidade do lençol freático. É composto por uma argila siltosa, muito mole (consistência), coloração avermelhada, gradeando para uma argila-siltosa, com uma compactação e consistência média, com cascalho (7,85 até 8,60 m), e dura até no final do furo (10,50 m), a coloração é sempre avermelhada, este material representa alteração "*in situ*", da rocha basáltica (SEMUR, 2004).

3.3 Hidrogeologia

No Estudo Hidrogeológico de Mato Grosso do Sul, elaborado pela Tahal Consulting Engineers LTDA, entre 1996 e 1997, disponível na Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul – SANESUL, basicamente em Campo Grande podem ser encontrado dois tipos de aqüíferos subterrâneos.

-Fraturado: Neste tipo de aqüífero as águas percolam e são armazenadas nos sistemas de fraturamento da rocha. Isto lhe impõe uma condição de exploração local, apesar das grandes áreas de afloramento. Representam este aqüífero as rochas basálticas da Formação Serra Geral.

-Poroso: No aqüífero poroso, as águas ocorrem nos espaços entre os grãos das rochas sedimentares, estando seu fluxo intimamente relacionado ao tamanho das partículas e seu grau de retenção. Este tipo de aqüífero permite que suas características hidráulicas sejam tratadas matematicamente, através de parâmetros específicos (transmissividade e armazenamento).

De acordo com a situação hidráulica, os aqüíferos podem ser classificados em livre, semi-confinados e confinados. O aqüífero livre tem seu nível de água dentro da formação aqüífera e com escoamento gravitacional, com o coeficiente de armazenamento equivalente a porosidade efetiva variando entre 0,5% - 30%. No aqüífero confinado o nível de água é representado por um ponto situado acima do topo da Formação, o coeficiente de armazenamento é menor que 10^{-3}, quanto mais confinado o aqüífero menor será o armazenamento. O aqüífero semiconfinado representa o estágio intermediário entre os aqüíferos livres e confinados, com coeficiente de armazenamento entre 10^{-2} e 10^{-4} (SANESUL, 1998).

Os aqüíferos do tipo poroso, quer em superfície ou em profundidade variáveis, ocupam a maior parte do município de Campo Grande e são representados pelos sedimentos da Formação Caiuá e pelo sistema Botucatu/Pirambóia.

A cidade de Campo Grande encontra-se assentada na borda oeste da Bacia Sedimentar do Paraná, parcialmente sobre os sedimentos da Formação Caiuá e sobre rochas basálticas da Formação Serra Geral. Os basaltos capeiam os arenitos da Formação Botucatu/Pirambóia, que não possuem afloramentos no município de Campo Grande (SANESUL, 1998).

Os aqüíferos da região de Campo Grande são representados pelo Aqüífero Caiuá, em muito pequena escala, Aqüífero Basaltico e pelo Sistema Aqüífero Botucatu/Pirambóia.

Dados de perfurações recentes efetuadas na cidade de Campo Grande dão conta de espessuras da ordem de 250 a 280 metros para o Sistema Botucatu/Pirambóia, com vazões de 150 a 350 m^3/h, sendo que o nível piezométrico varia entre as cotas de 420 e 440 metros (SANESUL, 1998).

A necessidade do conhecimento do comportamento hidrogeológico do Sistema Aqüífero Botucatu/Pirambóia para a cidade de Campo Grande, implica necessariamente no conhecimento deste dentro do Estado de Mato Grosso do Sul. Na busca de alternativas para o abastecimento de água de Campo Grande, o aquífero subterrâneo foi naturalmente e progressivamente ganhando destaque. São poucos os estudos regionais específicos sobre o assunto e as necessidades prementes para o abastecimento da população aliada ao menor custo da captação subterrânea em comparação com a superficial, torna necessária a viabilização destes estudos. O volume extraído na cidade de Campo Grande é da ordem de 10.800.000 m^3/ano (SANESUL,1998).

3.4 Precipitação e clima

Segundo a classificação de Koppen, o clima de Campo Grande situa-se na faixa de transição entre o sub-tipo (Cfa) mesotérmico úmido sem estiagem, em que a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C, tendo o mês mais seco mais de 30 mm de chuvas e o sub - tipo (Aw) tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Cerca de 75% das chuvas ocorre entre os meses de outubro e abril, quando a temperatura média oscila em torno de 24°C. Os meses de menor precipitação são junho, julho e agosto. Os déficits hídricos ocorrem com maior intensidade nesses meses (PLANURB, 2005).

O Centro Estadual de Monitoramento do Tempo, Clima e Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul (CEMTEC), está em operação desde outubro de 2004, e tem como objetivo sistematizar o monitoramento do tempo, clima e recursos hídricos, possibilitando o desenvolvimento do estudo, pesquisas, caracterização, previsão e transferência de informações de fenômenos meteorológicos, para subsidiar o planejamento e desenvolvimento das atividades econômicas, defesa civil, lazer e ambiente.

Este Centro de Monitoramento do Tempo, Clima e Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul (CEMTEC) tem sua base de operações, situada na Agência Estadual de Defesa Sanitária Animal e Vegetal (IAGRO). No decorrer deste estudo analisaram-se as informações metereológicas para a região de Campo Grande onde se utilizou os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do CEMTEC, baseado nas informações médias trimestrais para as estações do ano (verão, outono, inverno e primavera) para o critério da coleta e as análises das amostras de água. Na Figura 3.1, são representados os dados pluviométricos obtidos no período de julho/2006 a março/07, para a região de Campo Grande, MS, dados obtidos do CEMTEC.

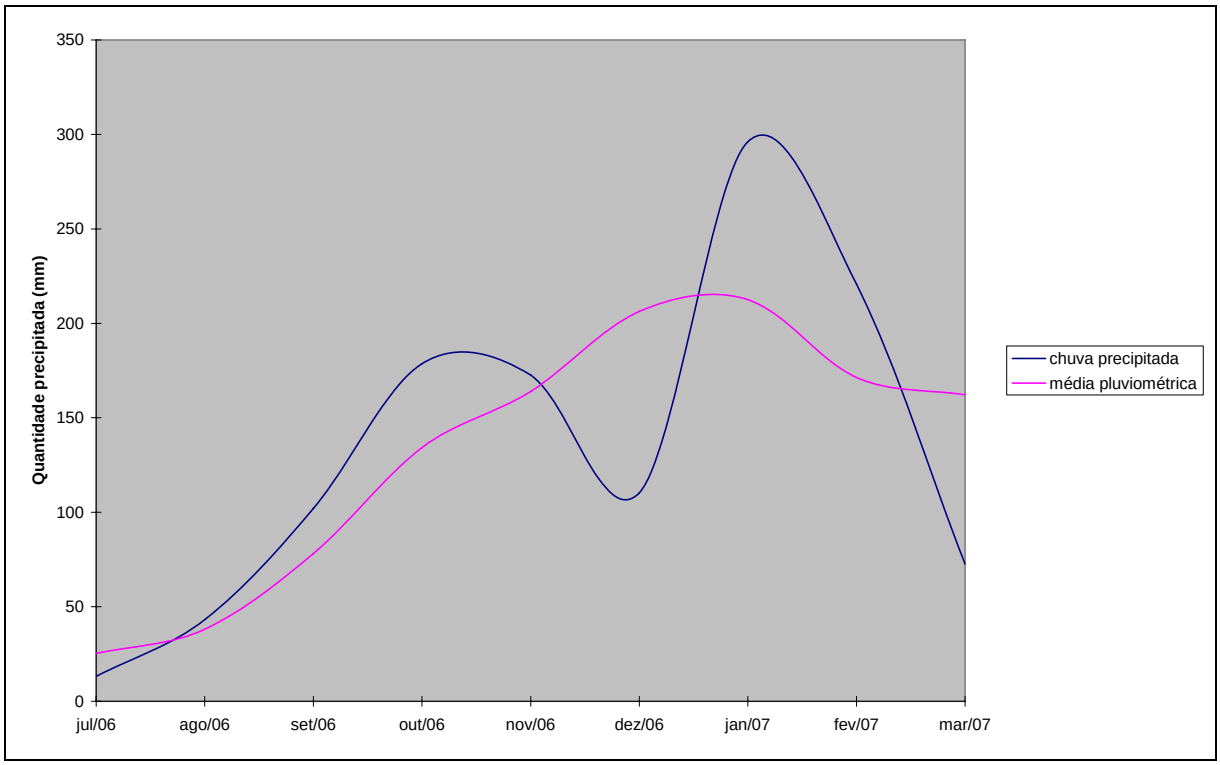


Figura 3.1 Dados pluviométricos dos meses de Julho/2006 à Março/2007, para a região de Campo Grande, MS.
Fonte: CEMTEC (2007)

3.5 Contaminação das águas subterrâneas

É comum as diversas ações humanas alterarem a qualidade das águas, razão pela qual as águas superficiais são mais susceptíveis a contaminação que as águas subterrâneas. Estas, em geral, são de boa qualidade, embora não sejam estéreis.

A grande maioria das bactérias presentes na água é originária do solo e uma proporção considerável é constituída pelas espécies nitrificantes e fixadoras de nitrogênio envolvidas no ciclo da matéria orgânica.

Os resíduos orgânicos oriundos da morte de animais ou de vegetais, ou da excreção, sofrem sua primeira transformação através do processo de decomposição pelas bactérias saprófitas, liberando o íon amônia (NH_4^+). Este composto tanto pode ser adsorvido pelo solo e usado pelas plantas como nutriente, como também pode ser oxidado, biologicamente por bactérias, para formar nitritos (NO_2^-) e, posteriormente, nitratos (NO_3^-) que chegam às águas subterrâneas. A oxidação da amônia para formação de nitritos é mediada pelas bactérias do gênero *Nitrosomonas* e a oxidação do nitrito para nitratos requer a participação de bactérias do gênero *Nitrobacter*.

Segundo HEM (1985), nitrito é um indicador de poluição recente enquanto a presença de nitrato mostra que ela ocorreu longe do local da amostragem ou muito antes da amostragem. Isto acontece porque no ciclo do nitrogênio, a partir da degradação da matéria orgânica, as concentrações crescem com o tempo na seguinte seqüência: NH_4^+, NO_2^- e NO_3^-. Desse modo, a distância provável do ponto de poluição ao ponto de coleta da amostra cresce segundo a mesma ordem de ocorrência.

A legislação federal vigente não estabelece limites para as concentrações de nitrogênio amoniacal e nitrito, porém elas merecem atenção devido aos efeitos adversos à saúde causados pelos compostos nitrogenados. Nem sempre os compostos de nitrogênio estão presentes simultaneamente numa mesma amostra, devido à origem da água e da fonte de contaminação. Portanto, a ausência de nitrato não significa que amônio e nitrito estejam ausentes.

Diferentes comportamentos são esperados para as distintas formas em que se encontra o nitrogênio. Na forma de nitrato (NO_3^-), este apresenta alta mobilidade e estabilidade em sistemas aeróbicos de água subterrânea, e a forma amônio (NH_4^+) apresenta vários mecanismos de alteração. O aumento da contaminação das águas por compostos nitrogenados vem merecendo atenção especial, uma vez que está se tornando um problema mundial, devido

a sua ampla e diversificada procedência (ALABURDA, 1998). No Brasil, as águas subterrâneas constituem uma fonte importante de abastecimento, sendo que no Estado de Mato Grosso do Sul são mais de 20.000 poços profundos e uma quantidade imensurável de poços escavados rasos fornece águas para abastecimento público e uso industrial.

Nos cemitérios, é citada na bibliografia a contaminação das águas subterrâneas por produtos oriundos dos processos de coliquação a que são submetidos os cadáveres. Esses produtos, segundo SILVA (1998 *apud* MARINHO, 1998), são constituídos por 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas complexas e tóxicas. No entanto, para os profissionais de saúde, o risco de contaminação por produtos resultantes da decomposição dos corpos decorre mais da presença de microrganismos e sua patogenicidade que da toxicidade das substâncias liberadas (OTTMANN,1987).

Embora não se tenha conhecimento da composição microbiológica da coliquação, admite-se, com base em sua constituição e origem, que seja elevado o número de microrganismos de natureza, ora degradadoras ora patogênica. Daí decorre os riscos para a saúde caso alcancem as águas subterrâneas, na medida em que a água se constitui em um importante fator de veiculação de diversas doenças (Quadro 3.1). Dentre estas, além das gastrenterites que têm origem entre as bactérias, vírus e protozoários, figuram a febre tifóide, a leptospirose e a cólera causadas por bactérias; a hepatite e meningite causadas por vírus e as diarréias causadas por protozoários.

Dentre os agentes causadores de doenças de veiculação hídrica, estão os que provocam infecções graves com altos índices de mortalidade, especialmente em crianças, a exemplo das bactérias do gênero *Shigella* e vírus do grupo Rotavírus, até aqueles que causam, freqüentemente, infecções assintomáticas como os protozoários dos gêneros *Entamoeba* e *Giardia* e, por essa razão, permanecem sendo disseminados no meio ambiente, sobretudo, em regiões que apresentam deficiências nas condições sanitárias.

Além das doenças transmitidas pela água, existem aquelas relacionadas à ocorrência de substâncias químicas em concentrações, geralmente, superiores às preconizadas nos padrões de qualidade da água para consumo humano.

Além disso, uma avaliação adequada da qualidade da água a ser devolvida ao meio ambiente, quanto aos parâmetros físico-químicos, parasitológicos e bacteriológicos é fundamental para restabelecer o equilíbrio na natureza e conseqüentemente a qualidade de vida da população.

Quadro 3.1 Doenças causadas por microrganismos veiculados pela água

DOENÇAS	AGENTES CAUSADORES		
	GRUPO	ESPÉCIE	CARACTERÍSTICAS
Febre tifóide	Bactérias	*Salmonella typhi*	Bacilo Gram-negativo, anaeróbio facultativo
Gastrenterite, diarréia		*Shigella dysenteriae, S. flexneri, S. sonei*	Bacilo Gram-negativo, anaeróbio facultativo, imóveis
Pode provocar pneumonia		*Legionella pneumophila*	Bacilo Gram-negativo, aeróbio
Leptospirose		*Leptospira interrogans*	Em forma de hélice flexível, Gram-negativo, aeróbio
Cólera		*Vibrio cholerae*	Bacilo reto ou curvo, Gram-negativo, anaeróbio facultativo
Infecções de ouvido, infecções de olhos e infecções hospitalares		*Pseudomonas aeruginosa*	Bacilo Gram-negativo, aeróbios
Gastrenterites		*Clostridium perfringens*	Bacilo Gram-positivo, esporulados, anaeróbio
Pode provocar diarréia, dores abdominais		*Escherichia coli*	Bacilo reto, Gram-negativo, anaeróbio facultativo
Poliomielite, meningite, infecções assintomáticas	Vírus	*Enterovírus*	Isocaédrico, relativamente resistente em águas poluídas
Gastrenterites		*Rotavírus grupo B*	Icosaédrico, estável até pH 3,0 e relativamente resistente ao calor
Hepatite infecciosa		*Hepatite A*	Isocaédrico, muito estável, resistente em meio ácido e em temperatura elevada
Infecções respiratórias, conjutivites		*Adenovírus*	Isocaédrico, resistente no ambiente.
Amebíase (diarréia amebiana)	Protozoários	*Entamoeba histolytica*	Locomove-se e alimenta-se por pseudopódes. As formas infectantes são císticas.
Giardíase (diarréia e cólica)		*Giardia lamblia*	Flagelado com simetria bilateral
Criptosporidiose (gastrenterite)		*Cryptosporidium*	Resistente a cloração

Fonte: PELCZAR JR. *et al*., 1996; CETESB, 1996; SOARES & MAIA, 1999; *apud* MATOS, 2001.

A contaminação refere-se à transmissão pela água de substâncias ou microrganismos nocivos à saúde, não implicando necessariamente em um desequilíbrio ecológico (PORTO *et al.*, 1991).

3.6 Indicadores físico-químicos

As características físicas da água são representadas pela cor, odor, sabor, turbidez e temperatura que são de natureza estética e em altas concentrações podem causar repugnância nos consumidores, contudo, nas águas subterrâneas raramente são perceptíveis

O material geológico, no qual estão armazenadas as águas subterrâneas influencia na composição das mesmas. Em primeiro lugar, as características químicas dessas águas dependem da composição das águas de recarga e, em segundo, das litologias que atravessam (CETESB, 2001). Naturalmente, a água subterrânea ao atravessar os solos e as rochas se enriquece em sais minerais, em decorrência das baixas velocidades de circulação e das maiores pressões e temperaturas a que estão submetidas, podendo ocorrer, em alguns casos, concentrações mais elevadas de componentes químicos específicos, dependendo da composição desses solos e rochas.

Do ponto de vista químico, as variações naturais de qualidade das águas subterrâneas são pequenas. Assim, resultados elevados ou diferentes dos esperados poderão indicar a ocorrência de situações anormais do meio no qual a água circula. Daí decorre a necessidade do conhecimento prévio dos parâmetros químicos das formações aqüíferas para se distinguir o que é natural do que é oriundo de fontes antropogênicas (CETESB, 2001).

Nesse contexto, inserem-se as águas do aqüífero freático em áreas de cemitérios que poderão ter alguns dos seus parâmetros químicos alterados em decorrência da contaminação oriunda da decomposição dos corpos, com alteração nas concentrações de compostos nitrogenados (NH_3, NH_4^+, NO_2^- e NO_3^-) (MIGLIORINI *et al*., 1994; MARINHO, 1998) e de bicarbonatos, cloretos, sódio e cálcio (MIGLIORINI *et al*., 1994; MATOS & PACHECO, 2000; MATOS *et al*., 2002), bem como da contaminação por metais ferro, cromo, manganês, alumínio, cádmio, chumbo, zinco provenientes do desprendimento de tintas, vernizes e guarnições utilizadas nos ataúdes (MIGLIORINI *et al*., 1994; COSTA *et al*., 2002). Dentre os parâmetros citados, destacam-se o nitrato (NO_3^-) e o chumbo (Pb). O primeiro quando ingerido em altas concentrações, pode trazer conseqüências danosas à saúde de crianças recém-nascidas e adultas mais vulneráveis, além de vir sendo apontado como um dos responsáveis pelas taxas de incidência de câncer gástrico (CHAPELLE, 1992). O segundo se acumula gradativamente no organismo, e os sintomas são difíceis de serem distinguidos de outras doenças em estágios iniciais. Entre os sintomas iniciais, reversíveis, destacam-se dores abdominais, perda de apetite, constipação intestinal, fadiga, distúrbios do sono e diminuição

das atividades físicas. Longas exposições podem provocar danos ao fígado, anemia e distúrbios ao sistema nervoso, incluindo danos ao cérebro, podendo levar até óbito.

O indicador de contaminação, nitrogênio amoniacal é a forma inorgânica mais reduzida do nitrogênio na água, compondo-se da amônia dissolvida (NH_3) e o íon amônio (NH_4^+). Quando a poluição é recente (quando normalmente o perigo para a saúde é maior), o nitrogênio em geral está presente na forma amoniacal; se houver condições aeróbicas, com o passar do tempo, passa as formas nitrito e nitrato. Os compostos de nitrogênio são liberados nos resíduos produzidos pelo corpo humano durante a vida, e com a morte estes compostos ficam estocados no corpo tornando-se resíduos em disposição no solo. Se considerarmos que os processos de coliquação que ocorrem nas áreas de cemitérios podem incrementar a disponibilidade da matéria orgânica passível de alcançarem as águas subterrâneas, sobretudo aquelas armazenadas em sedimentos arenosos imediatamente subjacentes a esses cemitérios, pode-se pressupor que as concentrações dos íons relacionados às cadeias de fósforo (P), nitrogênio (N) e enxofre (S), podem estar alteradas, sem necessariamente excederem os valores referenciais. Contudo, para que isso se verifique, é necessário o conhecimento prévio desses parâmetros nos aqüíferos existentes nessas áreas que são os valores representativos de "Background" (EPA, 1992).

No Brasil, os parâmetros físico-químicos adotados para avaliação da qualidade da água para consumo humano estão relacionados na Portaria n°518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), que estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências (Quadro 3.2). As novas adequações e atualizações de parâmetros tiveram como referência nos dados da Organização Mundial de Saúde, OMS (1995, 1996 e 1997) e Legislações Internacionais dos Estados Unidos, Canadá e Europa (ANA, 2004).

No que tange a potabilidade da água, a recomendação de avaliar alguns parâmetros físico-químicos em águas subterrâneas das áreas de cemitérios é reiterada pelos resultados obtidos em estudos desenvolvidos em cemitérios brasileiros, a exemplo dos cemitérios do Estado de São Paulo, os quais relacionam as alterações físico-químicas observadas nas águas subterrâneas dessas áreas, sobretudo nas águas colhidas em poços construídos próximo das sepulturas, aos processos de decomposição dos cadáveres (MIGLIORINI *et al.*, 1994; MATOS & PACHECO, 2000; MATOS, 2002).

Quadro 3.2 Alguns parâmetros físico-químicos de avaliação da qualidade da água

PARÂMETROS	VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS	
	Portaria nº 518/2004 – MS	OMS
Cor	15 uH [1]	15 Pt/l
Turbidez	5 UT [2]	5 UT
Ph	6,0 – 9,5	6,5 – 8,5
Dureza	500 mgL^{-1}	500 mgL^{-1}
Cloreto	250 mgL^{-1}	250 mgL^{-1}
Amônia	1,5 mgL^{-1}	-
Nitrito	1 mgL^{-1} (como N)	-
Nitrato	10 mgL^{-1} (como N)	10 mgL^{-1} (como N)
Sulfato	250 mgL^{-1}	400 mgL^{-1}
Sólidos dissolvidos totais	1.000 mgL^{-1}	1.000 mgL^{-1}
Sódio	200 mgL^{-1}	200 mg^{-L}
Ferro	0,3 mgL^{-1}	0,3 mgL^{-1}
Cromo	0,05 mgL^{-1}	0,05 mgL^{-1}
Manganês	0,10 mgL^{-1}	0,10 mgL^{-1}
Alumínio	0,20 mgL^{-1}	0,20 mgL^{-1}
Cádmio	0,005 mgL^{-1}	0,005 mgL^{-1}
Chumbo	0,01 mgL^{-1}	0,05 mgL^{-1}
Zinco	5,0 mgL^{-1}	5,0 mgL^{-1}

Fonte: BRASIL – MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004.

(1) uH – Unidade Hazen (mg Pt-Co/I); (2) UT – Unidade de turbidez.

3.7 Indicadores bacteriológicos

Em geral, na avaliação da qualidade da água, não é necessária a identificação completa dos microrganismos presentes, mas apenas a determinação de grupos de significado valor higiênico e sanitário que, na maior parte dos casos, não são patogênicos. Dessa forma, as bactérias usualmente empregadas como indicadoras de contaminação das águas são os coliformes totais (*Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*), os coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*), os estreptococos fecais (*Enterococcus*) e os clostrídios (*Clostridium perfringens*) (Quadro 3.3).

Esses indicadores são definidos com base na prevalência dessas bactérias em flora fecal de origem humana ou animal. A presença, em elevadas concentrações, desses microrganismos nas análises de água, sugere a ocorrência de agentes de doenças infecciosas e parasitárias. Esses agentes, por ocorrerem em número reduzido e de forma intermitente na água não se constituem em indicadores adequados, além de exigirem, para sua identificação, procedimentos laboratoriais onerosos e, algumas vezes, complexos, tornando inviável sua

aplicação para avaliação da qualidade da água do ponto de vista bacteriológico (CETESB, 1996).

Quadro 3.3 Ocorrência, em flora fecal, dos indicadores bacteriológicos de contaminação de água.

INDICADORES	GÊNERO/ESPÉCIE	MÉDIA (UFC[1]/g)
Coliformes totais	*Citrobacter*	1×10^{6}
	Klebsiella	5×10^{4}
	Enterobacter	1×10^{5}
Coliformes termotolerantes	*Escherichia coli*	4×10^{8}
Estreptococos fecais	*Enterococcus*	2×10^{8}
Clostrídios	*Clostridium*	4×10^{6}

Fonte: CETESB, 1996.

(1) UFC – Unidade de Formação de Colônia.

A avaliação da qualidade da água para consumo humano, estabelecidos na Portaria n°518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), recomenda a inclusão de pesquisa de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp (Quadro 3.4).

Quadro 3.4 Parâmetros biológicos de avaliação da qualidade da água

PARÂMETROS	INSTRUMENTO REGULADOR
	Portaria nº 518/2004-MS
E. coli, coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Coliformes Totais	Ausência em 100 mL
Bactérias heterotróficas	500 UFC[1] /mL
Recomenda-se ainda: enterovírus. *Giárdia* spp e *Cryptosporidium* sp	Ausente

Fonte: BRASIL - MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004.

(1) UFC – Unidade de Formação de Colônia.

Como indicadores eficientes para a avaliação da qualidade das águas subterrâneas passíveis de contaminação pelos produtos de coliquação dos cemitérios, acrescentam-se às bactérias heterotróficas, já relacionadas e recomendadas no instrumento regulador adotado no

país, os clostrídios e as bactérias proteolíticas (MARTINS *et al*., 1991; MATOS, 2001), bem como as bactérias lipolíticas (MARTINS *et al*., 1991). As duas últimas são responsáveis, respectivamente, pela degradação de proteínas e lipídeos.

Os clostrídios sulfito redutores são bactérias formadoras de esporos sendo, portanto, mais resistentes às condições ambientais adversas, permanecendo por longo período de tempo no solo. Por esses motivos são indicadores de poluição remota (MARTINS *et al*., 1991).

As bactérias proteolíticas e as lipolíticas são mais comumente estudadas na microbiologia de alimentos como decompositoras de carnes e outros produtos de origem animal (MARINHO, 1998) e são ausentes ou encontradas em concentrações mínimas nos poços construídos em áreas que não apresentam ocorrência de fontes de contaminação ou nos poços que captam água de aqüíferos confinados (MARTINS *et al*., 1991; MARINHO, 1998).

Além desses, outro indicador tem sido proposto para avaliação da qualidade das águas, os estreptococos fecais (*enterococcus*) que também são excretados nas fezes humanas, embora em concentração inferior aos coliformes termotolerantes (*Escherichia coli),* mas podem sobreviver por tempo maior em águas subterrâneas mantidas naturalmente em temperaturas baixas (MARTINS *et al*., 1991).

É evidente entre os indicadores considerados de maior especificidade para avaliação da contaminação de águas subterrâneas em áreas de cemitérios, o predomínio de grupos de bactérias degradadoras de matéria orgânica, que não apresentam, à primeira vista, relação com essa fonte específica de contaminação, mas com qualquer fonte que resulte em aumento da disponibilidade de matéria orgânica no meio, além de não constituírem, por si só, indicadores da presença de patógenos. Contudo, não se podem desprezar os cemitérios como possível fonte de contaminação dessas águas, tendo em vista o potencial de patogenicidade que ela representa.

Para a avaliação da qualidade da água tem sido proposta a utilização das bactérias do grupo dos coliformes e as heterotróficas como indicadores biológicos. Normalmente, não têm sido utilizados outros possíveis indicadores da presença de matéria orgânica como proteínas e lipídeos, em água.

3.8 Aspectos legais

A polêmica em torno das possíveis contaminações que as necrópoles causam ao meio ambiente forçou os órgãos responsáveis a fiscalizar e multar os cemitérios públicos e privados que não se adequarem às novas normas da legislação.

Embora o CONAMA considere o respeito às práticas e valores religiosos e culturais da população, suas Resoluções CONAMA nº 001 de 23 de janeiro de 1986 e CONAMA nº 237 de 19 de dezembro de 1997, indicam as atividades ou empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental e remetem ao órgão ambiental competente a incumbência de definir os critérios de exigibilidade, o detalhamento (observadas as especificidades), os riscos ambientais e outras características da atividade ou empreendimento, visando a obtenção de licença ambiental.

Especificamente, na Resolução CONAMA n° 237, é permitida a criação de critérios para agilizar e simplificar os procedimentos de licenciamento ambiental das atividades e empreendimentos. E visando a melhoria contínua e o aprimoramento da gestão ambiental, e ainda considerando que os cemitérios são fontes de contaminação, com necessidade de regulamentação dos aspectos essenciais relativos ao processo de licenciamento ambiental dos mesmos, foi elaborada a Resolução CONAMA n° 335 em 03 de abril de 2003, a qual dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, alterada pela Resolução CONAMA n° 368, de 28 de março de 2006, em função das particularidades existentes em áreas de proteção de mananciais localizadas em regiões metropolitanas.

A Resolução CONAMA n° 335 estabelece entre outras exigências para emissão de Licença Ambiental, a apresentação de um “estudo demonstrando o nível máximo do aqüífero freático ao final da estação de maior precipitação pluviométrica”; a proibição de instalação de cemitérios em Áreas de Preservação Permanente ou que exijam desmatamento, em áreas que contenham cavernas, sumidouros ou aqüíferos, bem como em áreas de manancial para abastecimento; que a base das sepulturas esteja a pelo menos 1,5 m do nível máximo do freático.

Resolução CONAMA n° 368 estabelece que o nível inferior das sepulturas deva estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias, e a área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade, de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão licenciador;

o perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra; o subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja a dez metros acima do nível do lençol freático.

Também, em âmbito Federal, os parâmetros de qualidade da água devem estar de acordo com a Portaria n°518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), que estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. A avaliação da qualidade da água para consumo humano, estabelecida nesta Portaria, recomenda a inclusão de pesquisa de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia spp* e oocistos de *Cryptosporidium sp.*

Em âmbito Estadual, a Superintendência de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, SUPEMA MS - dispõe de um Manual de Licenciamento, elaborado com o objetivo de definir diretrizes básicas e padronizar os procedimentos que devem ser adotados nos processos de Licenciamento Ambiental, no sentido de orientar e disciplinar os empreendimentos e atividades a serem licenciados. Além disso, a Secretaria de Estado da Saúde de Mato Grosso do Sul dispõe da Lei n° 1293, de 21.09.92, onde o Código Sanitário do Estado de Mato Grosso do Sul, seção V, artigos 100 a 108 dispõe sobre velórios, cemitérios e cremação e da Resolução da Secretaria de Estado da Saúde SÉS/MS n° 79, de 20.01.94, que dispõe sobre normas técnicas especiais de sepultamento, cremação, embalsamento, exumação, transporte e exposição de cadáveres, que orienta a implantação de cemitérios

Em âmbito Municipal a Lei n° 3909, de novembro de 2001, que dispõe sobre serviços funerários e de cemitérios, públicos e particulares, no município de Campo Grande e dá outras providências. Há também a Lei n° 2567, de 08.12.88, alterada pela Lei 2720, de 21.05.90 e pela Lei n°3054 de 16.06.94, que disciplina as áreas para uso e ocupação do solo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa abrangeu três etapas, descritas a seguir:

1- Levantamento e leitura da bibliografia relacionada ao tema, com vistas a fundamentar teoricamente a pesquisa e o levantamento de dados secundários da área de estudo, relativos a geologia, geomorfologia, precipitação pluviométrica, temperatura, hidrologia, tendo como fontes de informação relatórios técnicos, mapas topográficos, fotografias aéreas, planta do cemitério, entre outros;

2- A obtenção de dados através do levantamento de poços residenciais no entorno do cemitério, e dos dois poços existentes no seu interior. Nestes poços foram feitas as medições do nível estático, bem como o georreferenciamento e a altimetria. Estes pontos foram utilizados para amostragem de água subterrânea, objetivando a realização de análises físico-químicas e bacteriológicas. Os resultados foram executados e tabulados conforme a seguir:

- ✓ Investigação hidrogeológica do local para determinação da profundidade e extensão do aqüífero, presença e extensão de camadas confinantes; abundância, localização, e extensão de qualquer caminho potencial de migração dos contaminantes; e a direção e taxas de fluxo das águas subterrâneas (mapa potenciométrico da área):
- ✓ Revisão do plano das análises físico-químicas dos resíduos que podem afetar a distribuição dos contaminantes no aqüífero;
- ✓ Seleção dos poços de monitoramento para interceptar e monitorar os caminhos potenciais de migração dos contaminantes;
- ✓ Locação dos poços a montante para obter valores representativos de "Background" (qualidades naturais) das águas subterrâneas (EPA, 1992);
- ✓ Construção do mapa potenciométrico, com as medidas do nível das águas dos poços de observação monitorados, através de programa computacional SURFER (2002).

3- Na última etapa foram interpretados os dados fornecidos pelas análises de laboratório e comparados com as normas vigentes, para verificação da contaminação. A partir do mapa potenciométrico foi verificada a contribuição da carga poluidora do cemitério no sentido do fluxo subterrâneo.

4.1 Levantamentos preliminares

4.1.1 Área de estudo

Em operação desde 1961 é o segundo cemitério mais antigo da cidade, um dos três cemitérios públicos administrados pelo Município de Campo Grande - MS. O portão e a entrada principal que dão acesso ao interior do cemitério Santo Amaro, estão situados na Avenida Presidente Vargas, a infra-estrutura existente compreende um prédio com uma sala da administração, uma capela, um depósito e instalações sanitárias para empregados e para o público. É um cemitério horizontal do tipo tradicional, onde os corpos são enterrados em construção tumular ou por inumação, caixão colocado diretamente na cova (Figura 4.1). Os sepultamentos por entumulamento, ou seja, em jazigos, são construídos em alvenaria e concreto na forma de caixas retangulares, que recebem os caixões e são devidamente lacrados. São construções subterrâneas e podem atingir uma profundidade de 1,70 m para covas rasas a 2,50 m para cova com 3 gavetas.

Figura 4.1 Visão parcial dos túmulos no cemitério Santo Amaro em Campo Grande MS.

O Cemitério Santo Amaro está localizado no bairro de mesmo nome, na zona noroeste do município de Campo Grande - MS, na região Urbana do Imbirussu, tendo como coordenadas de sua porção central os valores de 20º26’34”S (latitude) e 54°38’42”W (longitude), distante aproximadamente 5.500 m do centro da cidade, delimitado pela Avenida Presidente Vargas, Rua Fernando de Noronha, Avenida Aero Clube e uma grande área totalmente desocupada ao sul da área em questão. O acesso ao local é fácil, podendo ser realizado através da Avenida Afonso Pena, tomando a Avenida Júlio de Castilho até a Avenida Presidente Vargas, na qual seguindo na mesma direção terá à frente a área do cemitério (Figura 4.2).

O Cemitério Santo Amaro está inserido segundo a Lei de Ordenamento, Uso e Ocupação do Solo em Zona Residencial 4 – ZR4, possuindo uma área de 27,3 hectares, sendo o maior cemitério público do município, segundo dados da Prefeitura Municipal de Campo Grande. O empreendimento utiliza água proveniente de um poço tubular, que é usada nos serviços de limpeza, rega de plantas, lavagem dos túmulos e construção. No local não existe rede coletora de esgoto sanitário, sendo os resíduos enviados diretamente para uma fossa comum.

Figura 4.2 Vista da entrada do cemitério Santo Amaro em Campo Grande – MS.

Após um período mínimo de três anos para adultos e dois anos para crianças, os restos mortais, ou seja, os ossos provenientes da exumação (ato de retirar a pessoa falecida, parte ou restos mortais do local em que se acha sepultado) eram encaminhados ao ossário coletivo, mas atualmente são reinumados, ou seja, os restos mortais após a exumação são reintroduzidos na mesma sepultura ou em outra, informação da Prefeitura Municipal de Campo Grande - MS, que administra o Cemitério Santo Amaro.

O cemitério Santo Amaro ocupa uma área de 27,3 hectares, distribuída em 224 quadras, perfazendo um total de 23.865 túmulos, e está no limite da capacidade de armazenamento. Na Figura 4.3, temos a posição do muro do cemitério Santo Amaro em relação às sepulturas e na Figura 4.4, temos a posição do poço piezométrico em relação às sepulturas.

Figura 4.3 Posição do muro em relação ao interior do cemitério e em frente à grande área vazia, no lado sul.

Nesse cemitério, as sepulturas, em sua maior parte, não são perpétuas, havendo reutilização das mesmas após um período mínimo de dois anos, quando os restos mortais são retirados e em seguida procedidos nova inumação. Após esse período, caso o corpo não tenha sido completamente decomposto, ocorrência designada pelos coveiros como “deu carne” (corpo em estado de conservação), o mesmo permanece no local por mais dois anos para que o processo de decomposição seja efetivado. Os demais cemitérios da cidade de Campo Grande – MS estão relacionados no apêndice A.

Figura 4.4 Vista parcial das sepulturas e a posição do poço piezométrico (PT-02) no interior do cemitério Santo Amaro em Campo Grande MS.

4.1.2 Entorno imediato do cemitério

Os cemitérios, em geral, são implantados fora dos perímetros urbanos. Contudo, a expansão urbana tende a diminuir essa distância, envolvendo-os e inserindo-os na malha urbana. Tal é o caso do cemitério Santo Amaro que, nos dias atuais, está em área completamente urbanizada.

O entorno da área é ocupada principalmente por atividades comerciais existentes na Avenida Presidente Vargas, área Militar na Rua Fernando de Noronha, residências na Rua Aero Clube e uma grande área desocupada no limite sul do cemitério (Figura 4.5). Todas estas atividades comerciais e residenciais são atendidas pela rede de abastecimento de água, atualmente sobre a concessão da empresa Águas Guariroba S.A. A rede de abastecimento público possui um poço tubular profundo (Anexo A) situado na Avenida dos Crisântemos s/n, próximo ao Lar do Trabalhador, e no entorno do cemitério.

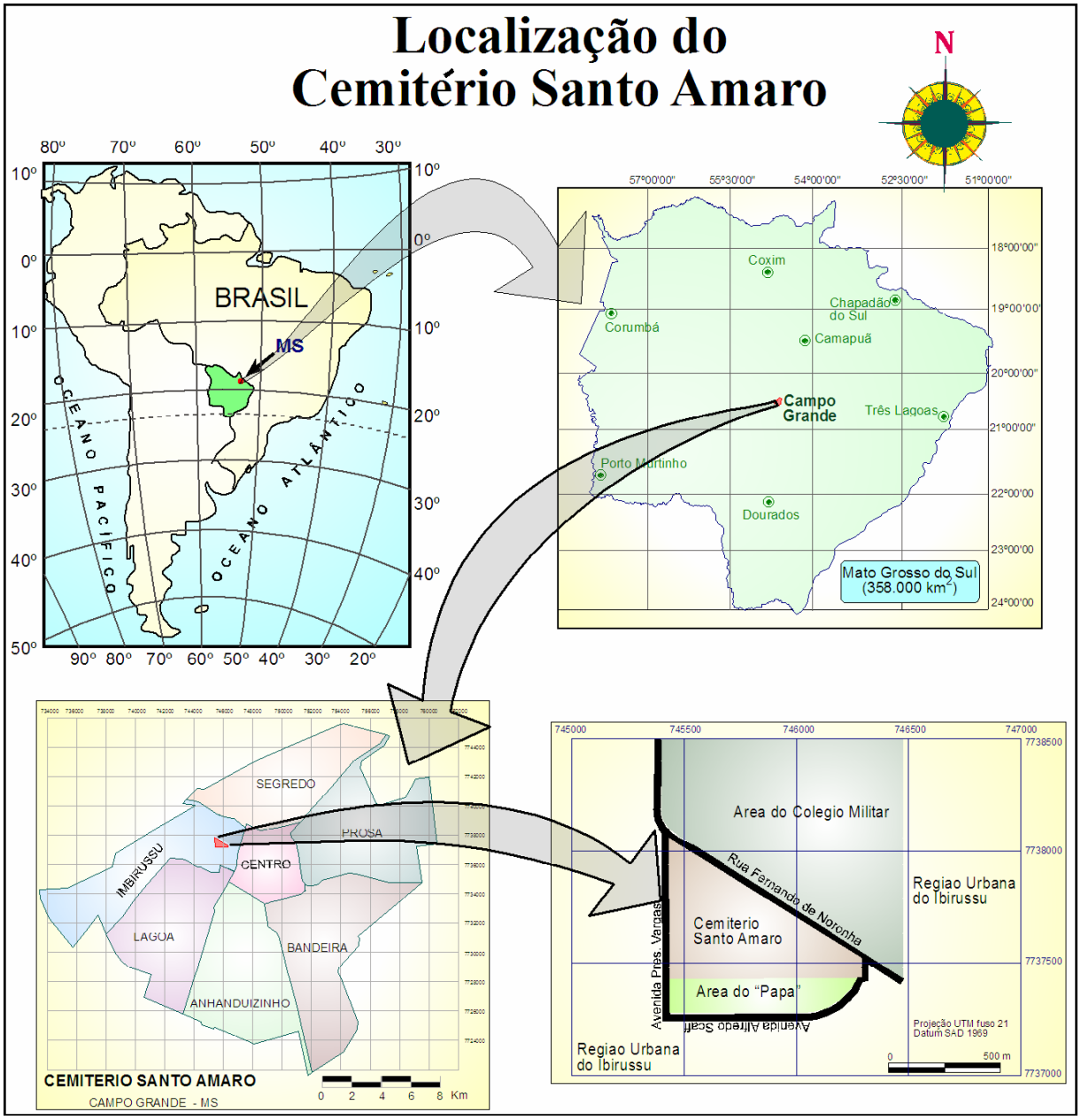


Figura 4.5 Mapa de localização do Cemitério Santo Amaro, em Campo Grande-MS. (Modificado de OLIVEIRA, 2003).
Fonte da área de estudo: PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE-MS, 2005.

4.1.3 Geomorfologia

Segundo o Projeto RADAMBRASIL (MME,1982), a área está inserida na área denominada Planalto de Maracajú - Campo Grande, relevos elaborados pela ação fluvial, apresentando topos tabulares definidos pela combinação das variáveis, densidade de drenagem e declividade das vertentes. Os aspectos do relevo resultantes do trabalho realizado pelos agentes erosivos são planos, com drenagem regularizada, ou com lençol freático rebaixado, apresentando topos, parte mais alta da área, na forma tabular, com áreas praticamente planas a suavemente onduladas. Apenas na porção noroeste do município, na unidade do Terceiro Patamar da Borda Ocidental, encontram-se topos colinosos e uma frente de cuestas basálticas. Na área em estudo as cotas altimétricas giram em torno de 585,77 a 597,50 m e a topografia é de uma colina plana e suavemente ondulada.

4.1.4 Águas superficiais

O Atlas Multireferencial publicado pela Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN, 1990), detalha as unidades morfológicas no Estado de Mato Grosso do Sul, onde são identificadas duas bacias hidrográficas, cujo divisor com direção N-NE, passa pela cidade de Campo Grande. Em linhas gerais, a escarpa de basaltos, com a denominação de Serra de Maracajú, constitui este divisor. A oeste desta linha situa-se a bacia hidrográfica do Rio Paraguai e a leste a do Rio Paraná (LASTÓRIA, 2002).

O município de Campo Grande localiza-se na bacia Hidrográfica do Rio Paraná, mas especificamente na sub-bacia do Rio Pardo, não tem grandes rios, sendo cortado apenas por córregos, ribeirões e rios de pequeno porte. Os rios são o Anhandui e Anhanduizinho, e os córregos que cruzam a cidade são o Prosa e o Segredo, e a água que é consumida vem principalmente dos córregos Lageado, Guariroba e águas da subsuperfície. A área do cemitério Santo Amaro está situada na Bacia do Lagoa (PLANURB, 2005), cuja drenagem principal está representada pelo córrego Lagoa, afluente do Prosa, com cerca de 3 quilômetros de extensão, cuja nascente fica próximo a Avenida Duque de Caxias, região da Vila Militar, deságua numa região rural na saída para a cidade de Sidrolândia, perto do bairro Coophavila II.

4.1.5 Águas subterrâneas

Segundo o Projeto RADAMBRASIL (MME,1982), as águas subterrâneas do município de Campo Grande apresenta basicamente três unidades fontes, associadas a três formações geológicas diferentes. A primeira, mais superficial, localizada na região oeste do Município está relacionada aos arenitos do Grupo Bauru. A segunda encontra-se associada às rochas da Formação Serra Geral, em zonas de fraturamentos, a qual se encontra parcialmente sobreposta pela formação anterior. Por fim, num nível mais profundo, encontram-se as rochas da Formação Botucatu, que devido às suas características petrográficas e abrangência em termos de área, contêm o maior aqüífero subterrâneo da América do Sul, denominado de Aqüífero Guarani. A avaliação da potencialidade das águas subterrâneas, principalmente em aqüíferos livres, exige bom conhecimento dos recursos hídricos superficiais e das chuvas, principal fonte de recarga, tornando necessária a elaboração do balanço hídrico (LASTÓRIA, 2002).

Estudos geotécnicos realizados pela Prefeitura Municipal de Campo Grande em julho de 2004, no interior do cemitério Santo Amaro, indicaram que o nível da superfície freática foi alcançado até 10 metros de profundidade. Um poço de observação, construído em julho 2004 no interior do cemitério, possibilitou a determinação do nível da água em subsuperfície, o qual se encontrava a 8,05 metros de profundidade. No entorno desse cemitério é significativa a ocorrência de poços rasos residenciais. Esses poços apresentam profundidade que variam de 9 a 18 metros e são utilizados, em geral, como complementação do abastecimento público realizado pela empresa Águas Guariroba S.A.

4.2 Etapa de campo

4.2.1 Localização Geográfica do cemitério Santo Amaro e dos poços observados

A área do cemitério Santo Amaro, bem como todos os poços observados e o poço piezométrico ou de monitoramento foram georeferenciados com GPS - Global Position System (Figura 4.6) com correção diferencial através do software Pathfinder Office, coordenadas homologadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) utilizando o datom SAD 69. O Cemitério Santo Amaro tem como coordenadas de sua porção

central os valores de 20º26’34”S e 54°38’42”W, distante aproximadamente 5.500 m do centro da cidade.

Figura 4.6 Georreferenciamento do poço PT-11 com o GPS ProXR, da Trimble, na região do Cemitério Santo Amaro em Campo Grande – MS.

A Figura 4.7 apresenta a localização do cemitério Santo Amaro no contexto da região estudada, bem como estão indicados os poços utilizados para a investigação.

O Quadro 4.1 mostra as características dos pontos investigados, como as coordenadas geográficas em UTM, cota altimétrica da boca do poço, o nível estático e o nível d a água em metros. Visando a caracterização hidrogeológica da área do cemitério, primeiramente foram selecionados os 06 poços (PT-01, PT-02, PT-03, PT-07, PT-08 e PT-11), sendo dois no local e quatro nas proximidades para a determinação do nível de água o sentido do fluxo subterrâneo. Não foram utilizados os poços PT-04, PT-05, PT-06 e PT-10, por não estarem estrategicamente localizados.

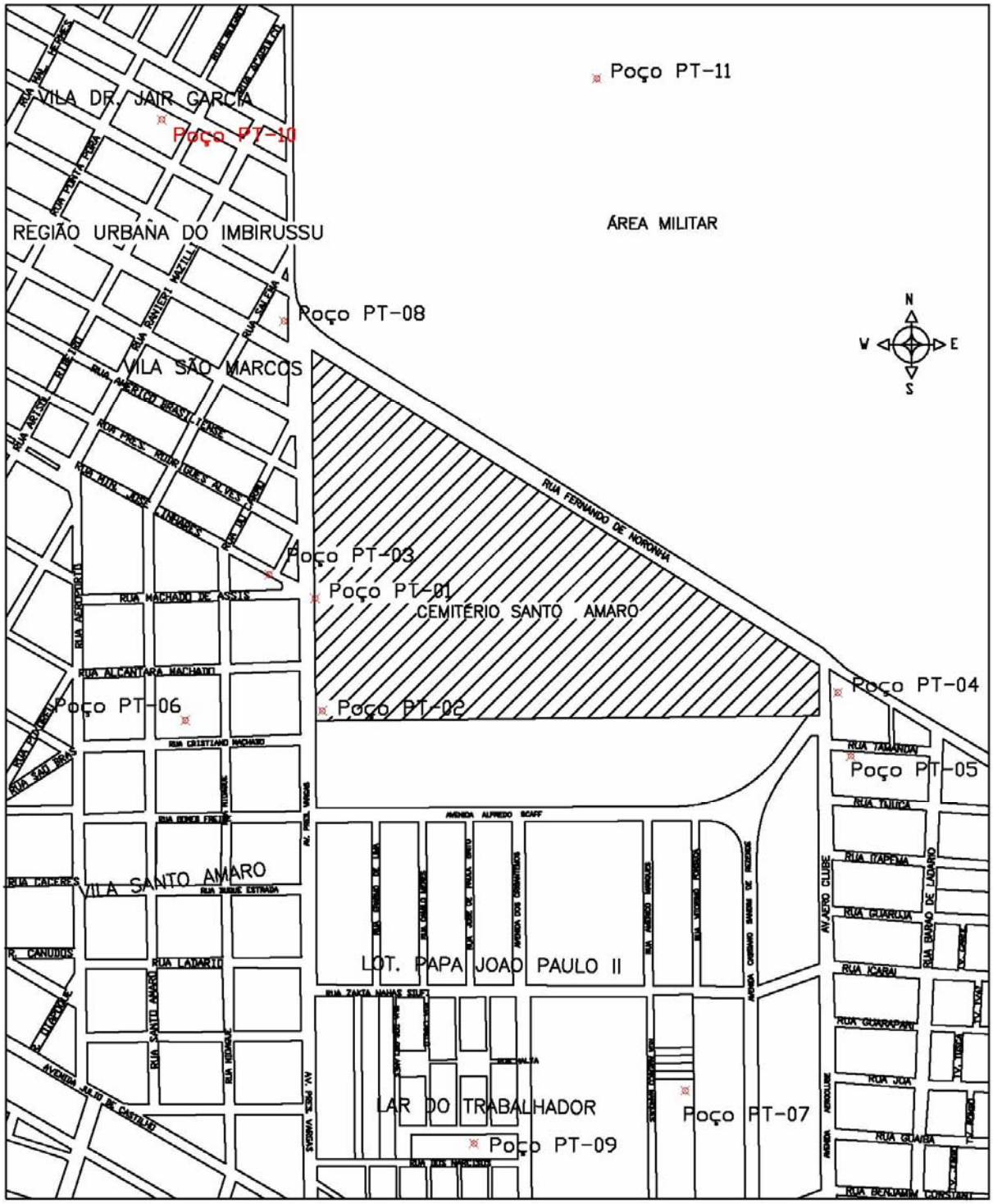


Figura 4.7 Localização da área de estudo e dos pontos amostrados - Escala 1: 5.000
Fonte: Prefeitura Municipal de Campo Grande, 2005.

Quadro 4.1 Dados dos Poços Investigados.

Poços	Dados e localização dos poços(UTM) em julho/2006					
	ENDEREÇO	**Longitude (W)**	**Latitude (S)**	**Cota Altimétrica**	**Nível Estático**	**N.A.**
Poço (PT-01)	Interior do Cemitério Santo Amaro – próximo à entrada, portaria e administração (com a bomba d'água).	745.504	7737.612	587,22 m	9,57m	577,65 m
Poço (PT-02)	Idem – próximo à área vazia e ao muro do cemitério (Piezômetro).	745.515	7737.439	588,27 m	8,05 m	580,22 m
Poço (PT-03)	Avenida Presidente Vargas, n° 10 Oficina Mecânica em frente ao Cemitério	745.433	7737.648	585,77 m	9,07 m	576,70 m
Poço (PT-04)	Avenida Aero Clube, n° 1220, Vila Sobrinho (Residência)	746.293	7737.467	597,50 m	15,50 m	582,00 m
Poço (PT-05)	Rua Tamandaí, n° 143, Vila Sobrinho (Residência)	746.328	7737.369	596,62 m	14,23 m	582,39 m
Poço (PT-06)	Rua Cristóvão Machado, n°162, Santo Amaro – Em frente ao Colégio Municipal (Residência)	745.305	7737.425	587,67 m	5,00 m	582,67 m
Poço (PT-07)	Hospital Evangélico - Rua Américo Marquês esquina Rua Projetada Vila Parque dos Ipês	746.074	7736.855	585,12 m	10,80 m	574,32 m
Poço (PT-08)	Posto Santo Amaro – Rua Presidente Vargas, n°34 esquina Avenida Eng. Amélio de Carvalho Baís	745.457	7738.040	590,55 m	5,65 m	584,90 m
Poço (PT-09)	CGR 015 Águas Guariroba – Avenida dos Crisântemos, s/n praça, próximo ao Lar do Trabalhador.	745.749	7736.774	580,96 m	4,50 m	576,46 m
Poço (PT-10)	Rua Presidente Nilo Peçanha, n° 215, Santo Amaro (Residência)	745.269	7738.350	598,68 m	8,24 m	590,44 m
Poço (PT-11)	Avenida Presidente Vargas, n° 2.800 – Santo Amaro (Colégio Militar).	745.938	7738.413	613,80 m	18,03 m	595,77 m

4.2.2 Superfície freática dos poços

Pode-se citar a existência de dois poços perfurados dentro da área em estudo e muitos outros nas proximidades que são explorados por pequenos empreendimentos ou residências que consomem água provinda desses poços que serviram de base para a descrição da contaminação.

Os níveis da água dos poços foram medidos através do medidor de nível elétrico de marca Altronic. A Figura 4.8 ilustra o medidor de nível elétrico e sua forma de operação. Esse dispositivo consiste basicamente de um cabo elétrico ligado a uma fonte, tendo na outra extremidade um eletrodo que, ao tocar na superfície da água, fecha o circuito e aciona um alarme sonoro ou luminoso. O cabo possui revestimento robusto e condutores em aço inoxidável em seu interior de modo a tornar o conjunto inextensível.

Os poços PT-02 (Figura 4.3) e PT-08 (Figura 4.9) possuem tubo de revestimento e a extremidade superior de ambos são protegidas por tampas de pressão e por tampas de Ferro (tampas de calçada) identificando o poço piezométrico e o de monitoramento.

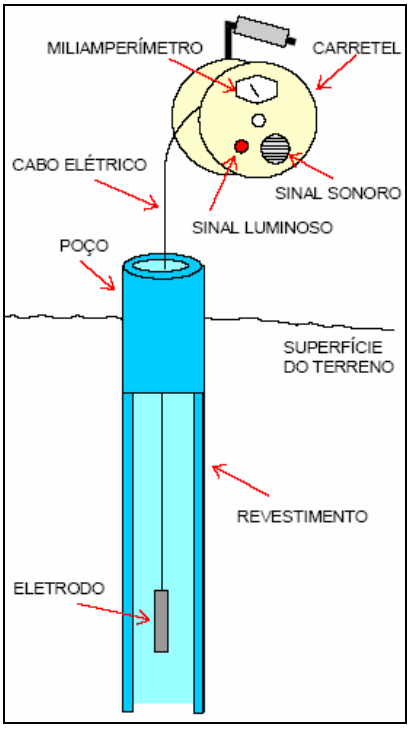


Figura 4.8 Medidor de nível d'água elétrico.

Com a profundidade do lençol freático (nível estático) e cota altimétrica, por diferença, determinou-se a altitude da superfície do lençol. Foram utilizados os aspectos da análise espacial e os da interpolação de dados, metodologia usada para a confecção de mapas através do programa computacional SURFER (2002). A partir das coordenadas do ponto e dos valores assumidos pelos níveis de água nesses pontos, obteve-se o mapa potenciométrico. As técnicas de amostragem podem variar para cada área de conhecimento, mas sempre há necessidade de se conhecer a posição das amostras no espaço, ou seja, o seu georreferenciamento (LANDIM *et al*, 2002).

Figura 4.9 Poço piezométrico (PT-08) ou poço de monitoramento, no interior do Posto Santo Amaro em Campo Grande - MS.

4.2.3 Amostragem do Solo

Na Resolução CONAMA n° 368, de 28 de Março de 2006; estabelece que o subsolo da área pesquisada deva ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para a verificação do coeficiente de permeabilidade e composição granulométrica do solo do cemitério Santo Amaro com a referida resolução foram realizadas as análises do solo em área próxima ao piezômetro (PT-02). Os contaminantes antes de alcançarem o aqüífero (zona saturada) movimentam-se através da zona não saturada, quando, então, sofrem uma série de processos de atenuação, capazes de

provocar diluição, retardação ou, até mesmo, eliminação dos mesmos. Em relação aos microrganismos, essa capacidade de atenuação da camada não saturada, depende de alguns fatores como a litologia, a aeração, a espessura da camada não saturada, a redução de umidade, os nutrientes, o pH, a temperatura, além de demonstrar uma relação inversa com a permeabilidade (MARINHO, 1998).

Com a finalidade de obter os parâmetros do solo, foram feitas as análises das amostras de solo deformadas e indeformadas segundo as recomendações da ABGE (1990, *apud* MATOS, 2001), após as medidas do lençol freático no mês de março/2007. Coletaram-se amostras deformada e indeformada para a determinação das características do solo.

Para a amostra deformada foi utilizado o método de investigação do solo apenas como instrumento o trado - amostrador de solo manual constituído por laminas cortantes, e que podem ser espiraladas (trado helicoidal ou espiralado), ou convexas (trado concha). As ferramentas utilizadas foram trado helicoidal 3'' (manual), cruzetas, hastes, trena, sacos plásticos e etiquetas. As sondagens à trado foram executadas no cemitério para a investigação das características do solo, segundo as recomendações da ABGE (1990, *apud* MATOS, 2001). Foi Introduzido o trado na superfície e submetendo-se manualmente a movimentos circulares contínuos, as laminas cortantes vão escavando o solo e coletando no interior do amostrador as amostras deformadas de metro em metro para caracterização geológica. As amostras de solo foram coletadas em profundidades variando de 0 – 1,60 m e acondicionadas em sacos plásticos transparentes de alta resistência, etiquetadas e enviadas para análise física no Laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). As amostras deformadas recolhidas na área em estudo foram analisadas e classificados quanto a sua composição, porcentagens granulométricas e cor (Apêndice B).

Na retirada da amostra indeformada para análise física (peso específico, coeficiente de permeabilidade) foi utilizada caixa de Kubiena, ou seja, em forma de paralelepípedo, compostas de duas tampas destacáveis e estrutura de quatro lados que possa ser aberta num dos cantos para facilitar a retirada das amostras. Para coletar as amostras deve-se esculpir com uma faca afiada um bloco de solo do tamanho da caixa onde ficará acondicionado. A caixa foi cravada no solo, com muito cuidado para não trincar ou deformar a amostra. A análise física foi realizada pelos técnicos do Laboratório de Análises de Solo da UFMS. A Análise táctil-visual das amostras do solo mostrou o caráter areno-argiloso deste, com predominância da cor avermelhada.

O coeficiente de permeabilidade k é um parâmetro que tem a dimensão de uma velocidade (espaço/tempo: LT^{-1}). A permeabilidade, por sua vez, está relacionada a capacidade de um meio poroso transmitir água (Quadro 4.2). O movimento da água entre um ponto e outro sucede sempre que entre esses se estabelece uma diferença de pressão (CETESB,1978).

Quadro 4.2 Classificação da permeabilidade de acordo com a granulometria dos sedimentos

GRANULOMETRIA DOS SEDIMENTOS	PERMEABILIDADE	
	Coeficiente k (cm/s)	Classificação
Cascalho	10 a 10^{-2}	Muito boa
Areia	10^{-3} a 10^{-5}	Boa
Areia muito fina, areia siltosa e areia argilosa	10^{-6} a 10^{-9}	Má
Argila	10^{-10} a 10^{-11}	Fraca a muito fraca (impermeável)

Fonte: OTTMANN, 1987.

Sedimentos argilosos apresentam características impermeáveis, conferindo aos mesmos capacidade de retenção dos líquidos e microrganismos bem como fixação de certos íons e substâncias orgânicas. Por outro lado, a boa permeabilidade apresentada pelos sedimentos arenosos, torna-os mais susceptíveis à infiltração dos contaminantes (OTTMANN, 1987).

Originam-se na superfície do solo, a contaminação das águas subterrâneas e a grande maioria das ações antrópicas capazes de contaminar as águas subterrâneas. Assim, as águas do aqüífero freático ou livre, sobretudo, se o seu nível for pouco profundo, encontram-se mais expostas à contaminação que aquelas armazenadas nos aqüíferos confinados drenantes e não drenantes, uma vez que esses últimos apresentam, recobrindo-os, camadas de sedimentos consolidados ou não consolidados, com características semipermeáveis e impermeáveis, que dificultam ou impedem o alcance dessas águas por líquidos oriundos das diversas fontes de contaminação.

Assim, o risco de contaminação das águas subterrâneas resulta da interação de dois fatores. Primeiro, a vulnerabilidade natural do aqüífero, que pode ser definida como a sensibilidade do estrato geológico frente a uma carga contaminante e, segundo, a própria carga contaminante que, como resultado de atividade antrópica, é capaz de provocar alteração na qualidade dessas águas.

Daí, provavelmente, decorra a referência constante nos estudos realizados em áreas de cemitérios, à necessidade de avaliação das condições geológicas e hidrogeológicas das áreas escolhidas para a implantação de futuras necrópoles, sobretudo, as horizontais, de maneira a impedir que essa fonte específica venha a tranformar-se em risco efetivo de contaminação das águas subterrâneas, notadamente, aquelas armazenadas no aqüífero freático.

4.3 Etapas de laboratório e a avaliação da contaminação

O Laboratório do Centro de Controle Ambiental (CCA) da antiga SEMA MS atualmente Superintendência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SUPEMA-MS, deu suporte nas coletas e análises físicas e químicas das amostras de água.

As amostras de água foram coletadas nos meses de julho/2006 e Abril/2007 através de caçambas e amostradores especialmente desenhados. Antes da amostragem os poços foram esgotados para remoção da água no poço e foram coletadas posteriormente águas "novas" providas do aqüífero.

Os equipamentos de amostragem devem ser construídos de material inerte e utilizados sempre limpos. Nos poços de observação, as amostras de água foram coletadas com amostrador plástico (tipo beiler) preso por um cordão de nylon, ambos, previamente lavados e desinfetados em laboratório. Antes da obtenção da amostra para análise, os amostradores foram introduzidos 05 vezes nos respectivos poços e essas coletas desprezadas, de forma que a amostra não fosse obtida da coluna de água estagnada, tendo sido realizada a análise apenas da água obtida através da sexta introdução do amostrador no poço. Para cada poço foi utilizado um amostrador e, a cada coleta, um par de luvas esterilizadas.

Em alguns poços, as amostras de água foram coletadas em torneiras localizadas próximo à captação, previamente desinfetada com álcool a 70% e após escoamento da água por aproximadamente 2 minutos.

As amostras foram coletadas e armazenadas segundo CETESB (1987). As amostras foram armazenadas em frascos: estéreis de polipropileno de baixa densidade de boca larga (250 mL), preservadas com ácido nítrico ou preservadas com ácido sulfúrico; estéreis de vidro (500 mL), preservadas com ácido nítrico ou preservadas com ácido nítrico e dicromato de potássio; estéreis de plástico de boca larga (200 mL). Logo após a coleta as amostras foram encaminhadas a três Laboratórios (dois deles na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul), ao Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) do Centro de Ciências Exatas e de

Tecnologia que realizou as análises quantitativas e qualitativas de metais por espectrometria de absorção atômica, ao Laboratório de Toxicologia, Fisioquimica e Microbiologia do Departamento de Tecnologias de Alimentos e Saúde Pública (DTA), que avaliou e quantificou o número de microrganismos presentes e ao Laboratório de Controle Ambiental (CCA) da Superintendência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SUPEMA-MS, que analisou os demais parâmetros físico-químicos.

4.3.1 Amostragem e análises da água subterrânea

O programa de amostragem foi feito em duas etapas e compreendeu os meses de Julho/2006 a Abril/2007. Nesse período, coletou-se no mínimo, um total de 36 (trinta e seis) amostras de água subterrânea nos seis poços de observação selecionados (interior do cemitério e no entorno), sendo:

- 12 amostras para a realização de análise bacteriológica;

- 12 amostras para a avaliação do pH, temperatura, condutividade elétrica, e realização de análise dos demais parâmetros físico-químicos;

- 12 amostras para a quantificação da ocorrência de 13 metais (cálcio, magnésio, sódio, potássio, cobre, zinco, cádmio, mercúrio, níquel, manganês, ferro, cromo e chumbo).

As amostras apresentadas na Figura 4.10 foram destinadas às análises físico-químicas e foram armazenadas em frascos plásticos (200mL), previamente lavados e, imediatamente, encaminhadas ao Laboratório de Controle Ambiental da Superintendência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SUPEMA-MS.

Figura 4.10 Amostras coletadas sendo analisadas no aparelho para medição da condutividade elétrica (condutivimetro) no Laboratório de Controle Ambiental da SUPEMA – MS.

Foram determinados *in loco*, a condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e a temperatura (do ar e da água) com condutivímetro (que também mede a temperatura) digital portátil marca HANNA (Figura 4.10), OD com oxímetro marca WTW, e o pH com o medidor de pH marca TECNOPON, a turbidez com turbidímetro portátil marca Hach, aparelhos estes previamente calibrados, sendo que alguns parâmetros foram novamente confirmados no laboratório da SUPEMA MS.

A quantidade de amostras foi estabelecida conforme na Portaria n°518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), que revogou a Portaria nº. 1469, de 29 de dezembro de 2000, ambas de âmbito federal, para controle da qualidade da água de solução alternativa (captada em poços), para fins de análises físicas, químicas e microbiológicas. Em cada amostragem, parte das amostras para análise da água, num total de doze (12) foram mantidas sob refrigeração no Laboratório do Centro de Controle Ambiental (CCA) sendo que seis (6) das amostras foram enviadas, ao Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da UFMS para a análise de metais pelo método de espectrotometria de absorção atômica (Figura 4.11), sendo que as demais amostras foram enviadas no mesmo dia para o Laboratório de Toxicologia, Fisioquimica e Microbiologia do Departamento de Tecnologias de Alimentos e Saúde Pública (DTA) para avaliação dos seguintes indicadores: coliformes totais e termotolerantes, bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas, clostrídios sulfito-redutores, *pseudomonas aeruginosa* e os *enterococcus* .

Figura 4.11 Aparelho de Absorção Atômica no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), utilizado para análise de metais.

Conforme a Portaria n°518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) anteriormente citada, as metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria, da edição mais recente da publicação Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA, 2005), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), ou das normas publicadas pela ISO (International Standartization Organization).

As análises laboratoriais para o controle e a vigilância da qualidade da água podem ser realizadas em laboratório próprio ou não que, em qualquer caso, deve manter programa de controle de qualidade interna ou externa ou ainda ser acreditado ou certificado por órgãos competentes para esse fim (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

4.3.2 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros pesquisados correspondem a: pH, temperatura da água, temperatura do ar, turbidez, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, fosfato total, carbonatos, bicarbonatos, alcalinidade, cloretos, sulfatos, nitrogênio amoniacal, amônia, nitrito e nitrato. As análises para avaliação da ocorrência dos metais cálcio, magnésio, sódio, potássio, cobre, zinco, cádmio, mercúrio, níquel, manganês, ferro, cromo e chumbo, foram realizadas em 6 (seis) poços selecionados.

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e no Laboratório do Centro de Controle Ambiental (CCA) da SUPEMA - Superintendência de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, e seguiram a metodologia preconizada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21ª edição, da Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2005), ou das normas publicadas pela ISO (International Standartization Organization).

4.3.3 Parâmetros bacteriológicos

No estudo das águas subterrâneas dos cemitérios, os parâmetros biológicos têm um papel de destaque. Do ponto de vista da saúde pública, os aspectos sanitários devem ser focados estudando o comportamento dos indicadores de contaminação de origem fecal, bem como de bactérias patogênicas. Os indicadores mais comumente utilizados são os do grupo dos coliformes, termotolerantes e totais. Apesar de serem bons indicadores de contaminação de origem humana ou animal, as bactérias do grupo coliforme não são tão resistentes ao meio ambiente, além disso, elas podem ser inibidas pela presença de outras bactérias (CETESB, 1996). Um dos problemas da utilização dos coliformes termotolerantes como indicador de patógenos entéricos é que eles possuem um menor tempo de sobrevivência no solo e em águas subterrâneas. Contudo, a maior vantagem é que os coliformes termotolerantes não têm demonstrado condições de desenvolvimento no meio aquático, diferindo dos coliformes totais, que sobrevivem tempo suficiente para ser um indicador útil (BARROW, 1977 *apud* MARTINS *et al.*,1991).

Com base nos trabalhos anteriores de MARTINS *et.al.* (1991), MATOS & PACHECO (2000), MATOS (2001) e diversas bibliografias sobre o assunto, foram definidos para a análise, os parâmetros bacteriológicos que seguem:

-Grupo Coliforme - Essas bactérias são muito utilizadas para avaliação da qualidade da água, por se constituírem em bons indicadores de contaminação humana ou animal, sobretudo, por que a sua concentração, na água, decresce na mesma proporção das bactérias patogênicas intestinais. O grupo dos coliformes é representado pelas bactérias dos gêneros *Escherichia* (coliformes termotolerantes), *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (coliformes totais). Esses três últimos podem ocorrer no solo e na vegetação, não sendo, portanto, de origem exclusivamente fecal;

-Clostrídios sulfito redutores - indicador de contaminação tardia ou remota, condição relacionada à capacidade de esporular apresentada por esses microrganismos frente a ambiente desfavorável ao seu desenvolvimento. Em geral, são bactérias anaeróbias estritas;

-Bactérias Heterotróficas - ocorrem naturalmente na água e no solo. Contudo, a ocorrência em altas concentrações na água é relacionada à presença de matéria orgânica;

-Bactérias Proteolíticas - normalmente, utilizadas na microbiologia de alimentos como decompositoras de proteínas. Dentre as bactérias que compõem esse grupo, encontram-se os gêneros *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas* e *Proteus* (APHA, 1976). Também foram

incluídos nos parâmetros analisados os *Pseudomonas aeruginosa,* gênero deste grupo das bactérias proteolíticas, considerada como patógeno oportunista e importante agente de infecções hospitalares, causa septicemia e pneumonia, principalmente em pessoas com fibrose cística ou com o sistema imune comprometido. A ocorrência desta bactéria proteolítica é citada como responsável por resultados falso-negativos em testes para detecção de coliformes (CETESB, 1996).

-Enterococos: bactérias do grupo dos estreptococos fecais, pertencentes ao gênero *Enterococcus* (previamente considerado estreptococos do grupo D), o qual se caracteriza pela alta tolerância às condições adversas de crescimento. *Os Enterococcus* sp. são comensais (devoradores) do trato intestinal humano e de outros animais, mas também são causadores de infecções nosocomiais (transmissão aos profissionais da saúde) e de endocardite subaguda. Durante as duas últimas décadas, a resistência a drogas entre os cocos Gram-positivos tem aumentado (HERSHBERGER *et al.*, 2003). Os enterococos têm-se destacado, nos últimos anos, como patógenos importantes em infecção hospitalar (SARAIVA *et al.*, 1997).

As análises bacteriológicas foram realizadas no Laboratório de Toxicologia, Fisioquimica e Microbiologia do Departamento de Tecnologias de Alimentos e Saúde Pública (DTA) da UFMS, e seguiram a metodologia preconizada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21ª edição, da Associação Americana de Saúde Pública (APHA, 2005), ou das normas publicadas pela ISO (International Standartization Organization).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Solo

Os resultados obtidos das análises das amostras de solo foram:

- ✓ Classificação em areia argilo-siltosa com 44% de areia; 31% de argila, 25% de silte.
- ✓ Cor avermelhada;
- ✓ Peso específico de 2,850 g/cm^3;
- ✓ Coeficiente de permeabilidade avaliado em 10^{-5} cm/s.

OTTMANN (1987) classifica este tipo de solo como de boa permeabilidade. Embora não tenha sido possível moldar um corpo de prova indeformado para a determinação do coeficiente de permeabilidade, pelos técnicos do Laboratório de Solos da UFMS, pode-se admitir um valor de permeabilidade para a área do cemitério Santo Amaro de 10^{-5}cm/s, com base nas seguintes constatações:

- ✓ Características granulométricas do solo (Apêndice B);
- ✓ Dados bibliográficos de permeabilidade (PLANURB, 1991);
- ✓ Defasagem de 2 meses entre o pico de precipitação e o pico de maior elevação do nível do lençol freático, observado no piezômetro (PT-02), conforme indicado na Figura 5.1.

Segundo a Carta Geotécnica de Campo Grande (PLANURB, 1991), a área em questão situa-se na Unidade Homogênea I, Litologia formada por basalto e arenitos intertrapeanos da Formação Serra Geral, solos Latossolo vermelho escuro, textura média e Latossolo vermelho escuro, textura fina baixa, baixa a média permeabilidade, entre 10^{-3} e 10^{-6} cm/s.

Este coeficiente de permeabilidade de 10^{-5}cm/s está dentro do limite permitido na Resolução CONAMA n° 368, de 28 de Março de 2006, que define a faixa necessária deve estar entre 10^{-5} a 10^{-7} cm/s.

Ao final da estação de maior precipitação pluviométrica, na região do piezômetro PT-02, as distâncias entre o fundo das sepulturas de uma gaveta (profundidade do sepultamento 1,70 m) e o nível máximo do aqüífero é de 5,82 m, e entre o fundo das sepulturas de duas gavetas (profundidade do sepultamento 2.50 m) e o nível máximo do aqüífero é de 5,02 m. Para a permeabilidade encontrada, a mesma resolução entende que a distância deva ser, no

mínino um metro e meio, entre o fundo das sepulturas e o nível máximo do aqüífero na estação das cheias, entre final de março e início de abril (Resolução CONAMA n° 368 de 28 de março de 2006). Esse fato mostra que as distâncias (5,82 m e 5,02 m), entre o fundo do sepultamento e o nível freático estão compatíveis com a resolução vigente. Esta resolução recomenda para solos com permeabilidades maiores a necessidade da distância entre o nível inferior dos jazigos esteja a dez metros acima do lençol freático.

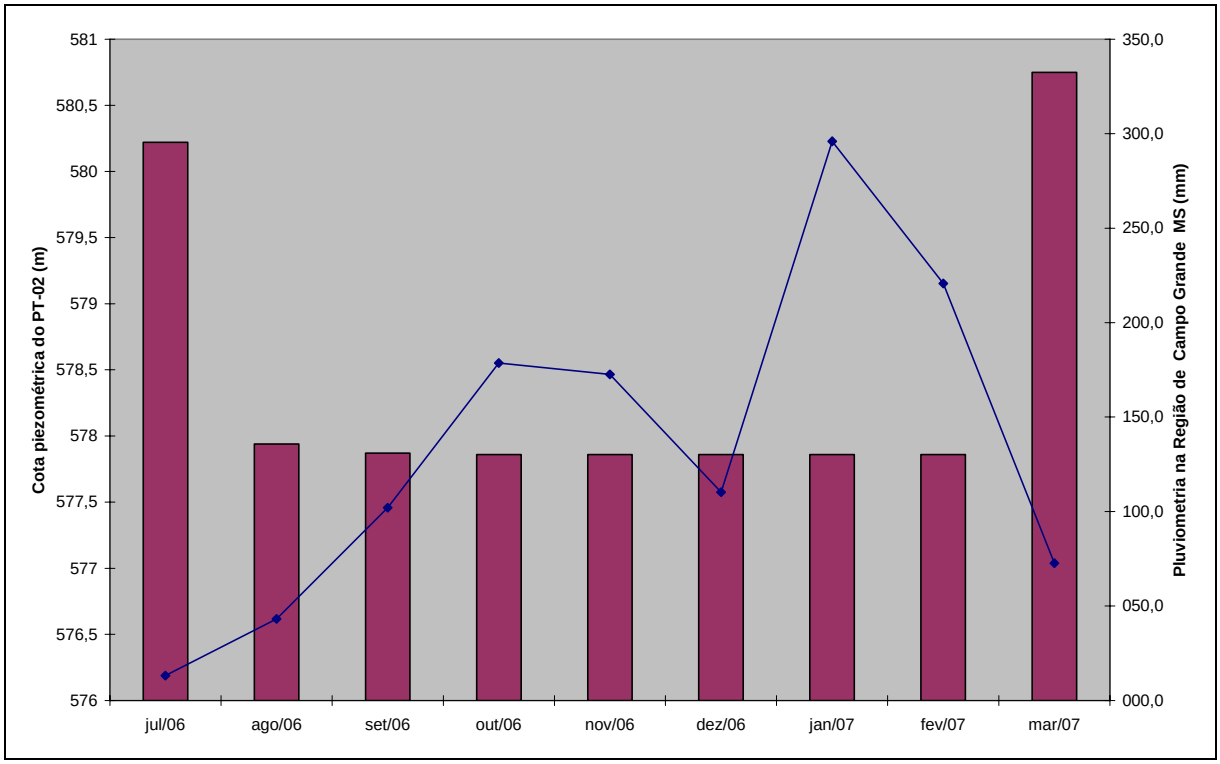


Figura 5.1 Variação do nível do lençol freático no piezômetro (PT-02) e a pluviometria da região (Campo Grande-MS).
Fonte para os dados da pluviometria: CEMTEC (2007).

Como na Carta Geotécnica de Campo Grande (PLANURB, 1991) são citadas permeabilidades entre 10^{-3} e 10^{-6} cm/s, pode-se esperar que na área de localização de outros poços observados, sejam encontradas permeabilidades diferentes do valor aqui citado (10^{-5}cm/s). Caso sejam encontradas permeabilidades maiores (podendo ser 10^{-3} $_{ou}$ 10^{-4} cm/s), a mesma resolução determina que fosse necessária uma distância maior (dez metros), ao final da estação de maior precipitação pluviométrica, para que o solo possa resguardar o aqüífero freático da contaminação, conforme determina a resolução CONAMA n° 368, de 28 de março de 2006.

5.2 Superfície freática dos poços

No decorrer do estudo, foram realizadas as medidas do nível estático, ou seja, a profundidade da superfície freática da água subterrânea dos seis poços selecionados daquela região no período de julho/2006 a março/2007, e em dias diferentes dos dias de coleta das amostras para análises físico-químicas e bacteriológicas. As medidas de nível dos poços rasos daquela região estão reunidas no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 Nível da Água nos Poços Rasos monitorados na região do cemitério Santo Amaro.

POÇO	NÍVEL DA ÁGUA (m) de Julho/2006 à Abril/2007								
	Julho	Agosto	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Março
PT-01	9,57	-	-	-	-	-	-	-	-
PT-02	8,05	10,33	10,40	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50	7,52
PT-03	9,07	9,41	9,80	10,05	10,05	10,05	10,05	-	8,21
PT-07	10,80	-	12,46	12,50	-	12,50	12,50	-	
PT-08	5,65	6,90	-	-	-	-	-	-	6,20
PT-11	-	-	-	-	-	-	-	-	18,03

PT – Poço de Observação

As medidas do nível das águas dos poços de observação monitorados são utilizadas para calcular as cotas piezométricas e construir o mapa potenciométrico (Figura 5.2), através do programa computacional SURFER (2002).

Esta metodologia foi utilizada para visualizar o sentido do fluxo, no interior do cemitério. No entanto, é nítido que o PT-08 localiza-se em uma porção superior topograficamente, e assim o sentido do fluxo se faz do Posto de Abastecimento (PT-08) para o Cemitério Santo Amaro em direção ao Bairro Santo Amaro, e em outro sentido o fluxo vem do Posto de Abastecimento passa pelo cemitério seguindo em direção ao Lar do Trabalhador nos sentidos dos poços PT-07 e PT-09. Neste caso, é óbvio que qualquer problema ambiental na área do cemitério Santo Amaro (necrochorume), como também na região do PT-08 levará os contaminantes em duas direções: uma no sentido do Bairro Santo Amaro, e outra no sentido do Lar do Trabalhador, conforme Figura 5.2..

Caso ocorra a disseminação do líquido oriundo das covas (necrochorume), os contaminantes correspondentes aos corpos em decomposição e materiais usados nas necrópoles seguirão nas duas direções.

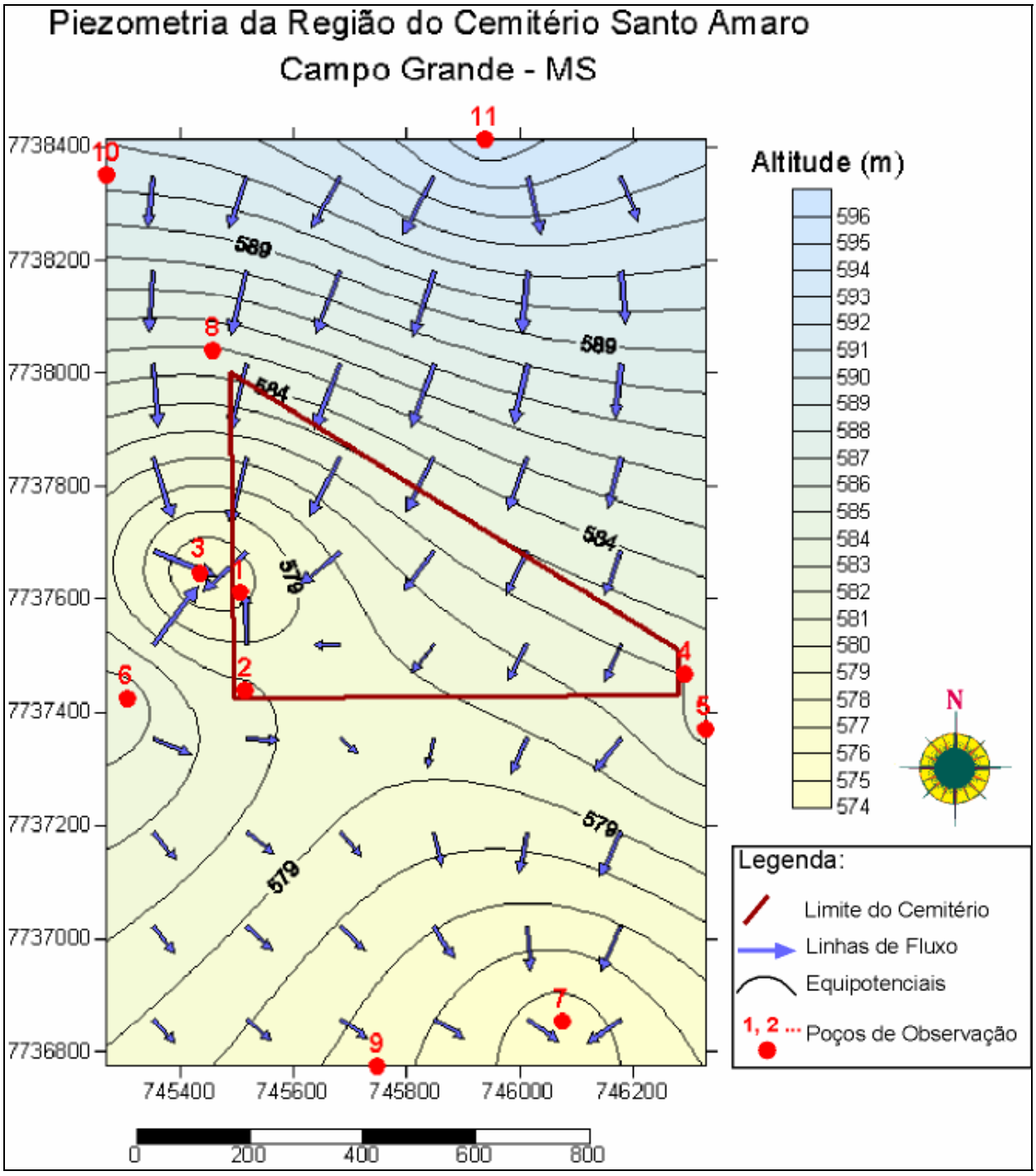


Figura 5.2 Mapa potenciométrico da região do Cemitério Santo Amaro, obtida com os poços pesquisados.

Figura 5.3 Medição da profundidade do freático realizada no poço de monitoramento (PT-02) em julho/2006.

Com os valores da profundidade do freático (nível estático) e a cota altimétrica, no piezômetro (PT-02), por diferença, determinou-se a altitude da superfície do lençol freático.

Durante o período de amostragem, o nível da água, nos poços, variou em média, cerca de 2,5 metros, com maior rebaixamento ocorrido no mês de outubro e maior elevação no final do mês de março. Esse último, coincidindo com o final do período de maior incidência de chuvas. As fortes chuvas que caíram durante todo o mês de janeiro/2007 em Campo Grande, foram consideradas recordes, representando 55% a mais que o volume registrado no mesmo período de 2006. Foram registrados, no mesmo período, média de 365 milímetros de precipitação acumulados, superando a previsão que era de 212 milímetros, e o total acumulado em janeiro de 2006, 235 milímetros. Verificou-se que o tempo gasto para a precipitação pluviométrica alterar o nível do lençol freático foi de 60 dias ou mais, pois em Março/2007, o nível alcançou a maior elevação (Figura 5.4). Em Abril/2007, o nível permaneceu inalterado. Neste caso, pode-se afirmar que, a variação do nível da água nos poços é influenciada pela precipitação pluviométrica de 60 dias anteriores. A previsão dada para os meses de junho, julho, agosto e setembro/2007 era de ausência de chuvas, como ocorreu naquele período nesta região.

Com base nas cotas altimétricas também foram criados através do programa computacional SURFER (2002), a superfície para o topo da camada superior, representando a

superfície topográfica (Figura 5.4). A diferença de cota observada entre os poços monitorados é pouco significativa, dada a ocorrência de um relevo quase plano na área estudada.

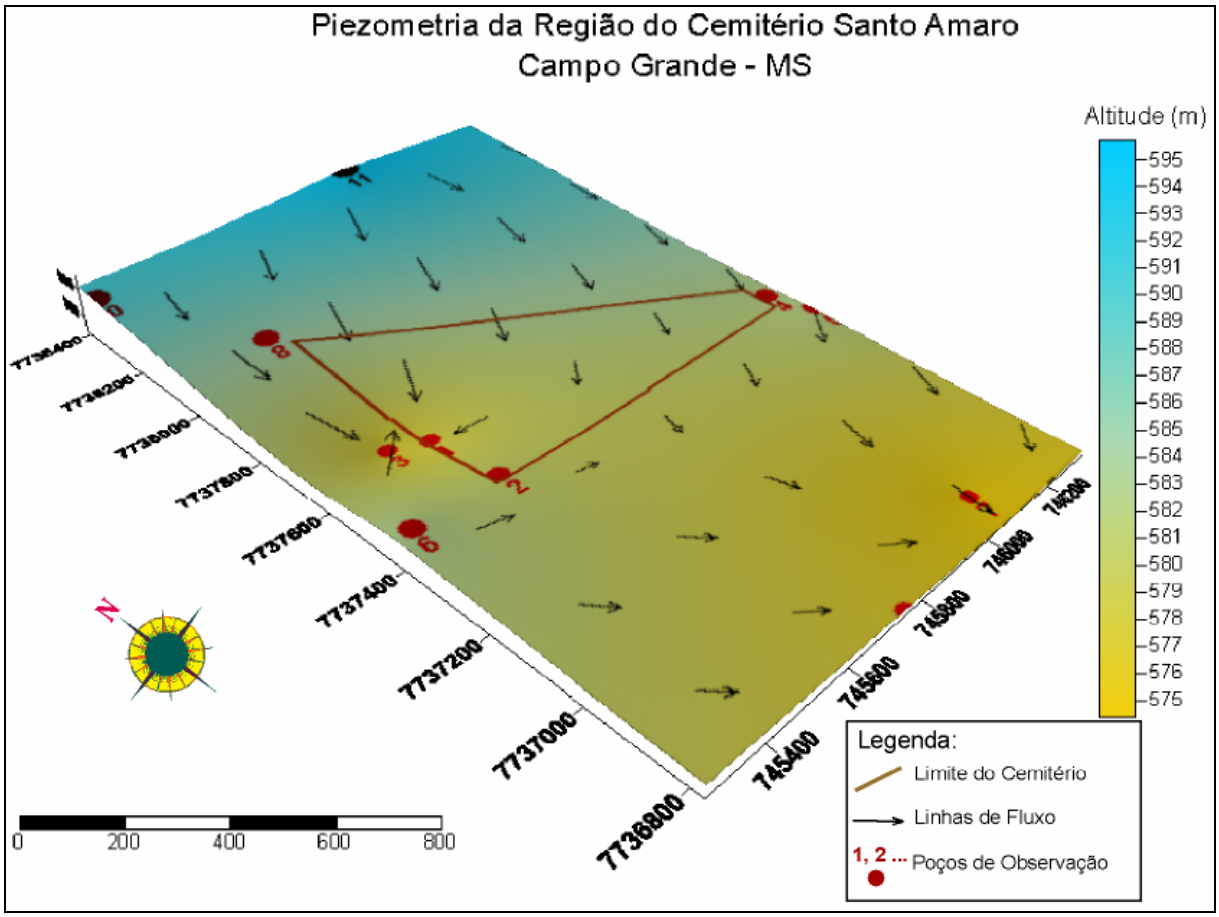


Figura 5.4 Modelo 3D da potenciometria do aqüífero na área do Cemitério Santo Amaro.

5.3 Indicadores de contaminação

5.3.1 Indicadores Físico-Químicos

As amostragens do período de julho/2006 e de abril/2007, são apresentadas nos Quadros 5.2 e 5.3 respectivamente, onde são mostrados os valores de condutividade elétrica, temperatura do ar e da água, turbidez e pH determinados "*in loco*", com aparelhos previamente calibrados.

Quadro 5.2 Parâmetros obtidos "*in loco*", durante a amostragem em julho/2006.

POÇO	Hora da coleta	Turbidez (UT) Limite – 5	Temperatura (°C) do ar	Temperatura (°C) da água	pH
PT-01	09:30	7,20	25	26	5,17
PT-02	10:00	4,87	26	26	4,34
PT-03	10:30	1,13	26	26	4,92
PT-07	08:45	0,91	21	26	6,30
PT-08	12:20	14,52	27	29	5,76
PT-11	11:35	1,67	29	25	6,47

UT – Unidade de turbidez

Devido a problemas ocorridos com o condutivímetro do Laboratório do Centro de Controle Ambiental (CCA) da SUPEMA Superintendência de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, ficou prejudicada a obtenção da condutividade elétrica (µS/cm) no mês de julho/2006.

Quadro 5.3 Parâmetros obtidos "*in loco*", durante a amostragem em Abril/2007.

POÇO	Hora da coleta(h)	Turbidez (UT) Limite – 5	Condutividade Elétrica (µS/cm)	Temperatura (°C) do ar	Temperatura (°C) da água	pH
PT-01	09:45	1,06	41	30º	26º	6,45
PT-02	10:00	129,00	12	30º	28º	5,59
PT-03	11:15	1,82	32	30º	27º	6,10
PT-07	10:55	0,62	67	30º	26º	6,98
PT-08	09:30	5,81	141	30º	28º	6,42
PT-11	10:25	1,57	116	30º	26º	6,72

UT – Unidade de turbidez

Os dados das amostragens das águas subterrâneas no interior do cemitério Santo Amaro (Figura 5.5) nas duas fases, uma em julho/2006 (Quadro 5.2) e outra em abril/2007 (Quadro 5.3) evidenciam que essas águas são, em geral, ácidas com pH variando entre 4,34 – 6,98 sendo que o poço de observação mais próximo da área analisada (PT-03) está com pH variando entre 4,92 - 6,10, e o mais distante (PT-11) está com pH variando entre 6,47 - 6,72. Nas amostras de água dos locais onde o nível freático encontra-se mais próximo da superfície

apresentam menor pH, um rápido aumento do pH poderá ocasionar um acréscimo na concentração de amônia, que é tóxica. Desta maneira, justifica-se importância do pH nestas análises.

Os valores determinados da turbidez na primeira amostragem sugerem um meio predominantemente variável, relacionada à possível contaminação. Foram encontrados valores de 7,20 UT no poço (PT-01) com bomba d'água no interior do cemitério e 14,50 UT no poço de observação (PT-08) localizado no Posto de Combustível próximo ao cemitério, os demais poços de observação apresentaram medidas de turbidez de acordo com a Portaria n°518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004). Os padrões recomendam mantê-la igual ou inferior a 1 $mg.L^{-1}$, sendo permitido até 5 mg L^{-1}. Na segunda amostragem, o poço de monitoramento (PT-08) excedeu o limite permitido de 5 UT alcançando o valor de 5,80 UT.

Figura 5.5 Coleta das amostras de água no interior do cemitério realizada pelos técnicos da SUPEMA MS e com a orientação do Prof. Giancarlo Lastória.

Os dados das amostragens realizadas no mês de Abril/2007 (Quadro 5.3), fornecem condutividade elétrica no interior do cemitério Santo Amaro alcançou valores de referência inferiores aos demais poços observados variando de 12 µS/cm (PT-02) a 41 µS/cm (PT-01). A água, considerada como um eletrólito fraco, sempre conduz, em algum grau, a corrente elétrica. Assim sendo, a água se ioniza levemente e os seus íons influenciam sobre as reações que ocorrem em seu meio.

Os valores de condutividade elétrica nos poços localizados na área do entorno variaram de 32 μS/cm (PT-03) a 141 μS/cm (PT-08). A condutividade é um parâmetro muito empregado no monitoramento da qualidade de águas, porque pode ser relacionada com o teor de sólidos dissolvidos. Nos poços do entorno do cemitério, foram verificados valores de condutividade elétrica superiores aos valores verificados nos poços construídos dentro do cemitério, bem como no poço PT-03 mais próximos do cemitério, o que leva a admitir-se nesta amostragem, que não há uma relação direta entre as águas naturais, concentrações de sólidos dissolvidos e condutividade elétrica (PORTO *et al.*, 1991).

A temperatura da água obtida na primeira fase da amostragem, no interior do cemitério e nos demais poços analisados, variou de 25°C a 29°C e na segunda fase obteve os valores de 26ºC a 28ºC. O aumento da temperatura é uma consideração importante quando substâncias tóxicas estão presentes. Muitas substâncias mostram-se mais tóxicas a temperaturas elevadas. O aumento de temperatura pode causar efeitos nocivos tais como diminuir a solubilidade do oxigênio dissolvido (PORTO *et al.*, 1991).

Na análise comparativa com as medidas de julho/2006 e Abril/2007, nota-se que o poço PT-02 localizado no interior da área analisada, que constava com pH 4,34 alcançou o pH 5,59 devido a incidência de chuvas e elevação do lençol freático. Idêntico efeito ocorreu com os demais poços. Contudo, os valores determinados de turbidez na primeira amostragem 7,20 UT e 14,50 UT (respectivamente PT-01 e PT-08) e segunda 129,00 UT e 5,81 UT, respectivamente PT-02 e PT-08, sugere a contaminação do aqüífero freático naqueles poços observados. A legislação federal, Portaria n° 518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) recomenda mantê-la inferior a 5 mg L^{-1}.

Nos Quadros 5.4 e 5.5 estão apresentados os resultados das análises físico-químicas realizadas, no Laboratório do Centro de Controle Ambiental (CCA) da SUPEMA Superintendência de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Anexo B), e no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Nas análises físico-quimicas efetuadas nas amostras coletadas em Julho/2006 e Abril/2007, não foram observados concentrações que excedessem os valores estabelecidos pela legislação vigente para os compostos nitrogenados (nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato) contrariando o que foi constatado por MIGLIORINI *et al.* (1994). Os poços de monitoramento no interior do cemitério estão próximos de sepulturas antigas, a uma distância mínima de 3 metros e, máxima de 10 a 20 metros de novos sepultamentos (mais ou menos um

ano), sugerindo concentrações baixas dos compostos nitrogenados e produtos resultantes da decomposição dos corpos. Dentre as substâncias que podem constituir risco a saúde humana, inclui-se os compostos de nitrogênio nos seus diferentes estados de oxidação: nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. A amônia pode estar presente naturalmente em águas superficiais ou subterrâneas, sendo que usualmente sua concentração é bastante baixa devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação a nitrito e nitrato. Entretanto, a ocorrência de concentrações elevadas pode ser resultante de fontes de poluição próximas, bem como da redução de nitrato por bactérias ou por íons ferrosos presentes no solo (ALABURDA, 1998)

A toxicidade de soluções aquosas de amônia é atribuída ao NH_3, aumentando com a elevação do pH e temperatura. Do ponto de vista da Engenharia Sanitária, o nitrogênio um fator limitante, o seu incremento, em qualquer água, traz como conseqüência aumento da proliferação de microrganismos.

Quadro 5.4 Resultado das Análises Químicas realizadas Laboratório do Centro de Controle Ambiental (CCA).

PARÂMETROS (mg/L)	POÇOS (MÊS DA COLETA)												PORTARIA 518/2004 – MS
	Julho/2006						Abril/2007						
	PT-01	PT-02	PT-03	PT-07	PT-08	PT-11	PT- 01	PT-02	PT-03	PT-07	PT-08	PT-11	(mg/L)
DBO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
DQO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<1	<1	<1	<1	<1	<1	-
Sólidos Totais Dissolvidos	33	61	10	36	87	20	11	8	21	38	83	65	1000
Oxigênio Dissolvido (mg $O_2.L^{-1}$)	4,6	5,1	5,1	5,1	1,8	4,7	5,7	5,4	5,0	5,6	2,6	5,2	-
Fosfato Total	0,05	0,14	0,04	0,12	2,30	0,08	0,12	ND	0,04	0,14	ND	0,82	-
Alcalinidade (mg $CaCO_3.L^{-1}$)	19	2	11	34	45	81	16	7	11	26	60	49	-
Cloretos mg $Cl^-.L^{-1}$	1	1	1	1	6	1	1	1	1	ND	6	3	250
Sulfato (mg $SO_4^-.L^{-1}$)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	54	<0,01	ND	1,04	0,09	0,07	1,63	0,07	250
Carbonatos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND-	ND	ND	-
Bicarbonatos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15,15	9,09	15,15	14,65	60.60	46,46	-
Amônia	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,05	0,07	0,01	0,01	0,03	0,01	1,5
Nitrogênio Amoniacal	0,02	0,00	0,01	0,00	0,11	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	-
Nitrito mg $NO_2^-.L^{-1}$	ND	ND	ND	ND	0,04	ND	ND	ND	ND	ND	0,04	ND	1,0
Nitrato mg $NO_3^-.L^{-1}$	0,8	0,1	0,1	0,1	2,1	0,3	0,1	0,3	0,4	1,3	0,4	0,2	10,0

NA – Não Analisado
ND – Não Detectável
(-) Não indicado padrão de potabilidade na legislação federal

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) em águas naturais, não contaminadas, (varia de 14,6 mg/L a 0° C até 7,6 mg/L a 30°C) depende da temperatura, salinidade, turbulência da água e pressão atmosférica (altitude). Por razoes práticas, assume-se que 8 mg/L seja o teor máximo de dissolução de oxigênio na pior situação ambiental (PORTO *et al*., 1991). A concentração de oxigênio dissolvido encontrado na primeira amostragem variou de 1,8 a 5,1 mg/L, sendo que o poço PT-08 no entorno do cemitério possui o valor de 1,8 mg/L. Na segunda amostragem dessas águas o OD variou de 2,6 a 5,7 mg/L, sendo encontrado o valor mínimo de 2,6 mg/L no poço PT-08. No interior do cemitério, a concentração variou de 5,4 a 5,7 mg/L. A baixa concentração de oxigênio dissolvido em todas as amostras sugere contaminação. O piezômetro PT-02, no interior do cemitério, onde o nível freático está mais raso, sugere que essas águas mais próximas dos sepultamentos estão mais contaminadas do que aquelas que estão mais protegidas. Em corpos d'água, as medidas de OD são vitais para a manutenção de condições oxidantes (aeróbicas) para degradar a matéria orgânica e para manter o equilíbrio ecológico.

Nas águas não contaminadas, não se pode esperar que haja uma relação direta entre concentrações de sólidos dissolvidos e condutividade, porque as águas naturais não são soluções simples. Os sólidos dissolvidos, em águas naturais, consistem, principalmente, de carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos de cálcio, magnésio, sódio e potássio. A relação sólidos dissolvidos e condutividade só é bem definida em águas naturais de determinadas regiões onde exista uma predominância bem definida de um determinado íon. As águas contêm amplas variedades de substâncias dissociadas e não dissociadas (PORTO *et al.*, 1991). Na primeira e segunda amostragem, os teores de sólidos totais dissolvidos, carbonato, bicarbonato, sulfatos, fosfatos e cloretos pesquisados apresentam baixas concentrações e estão dentro dos padrões permitidos na Portaria n°518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

A primeira e segunda amostragem exibem valores de pH entre 4,34 e 6,98 sugerindo, neste caso, alcalinidade apenas à bicarbonato nas amostras analisadas.

Quanto à alcalinidade, seus componentes podem modificar a toxicidade dos metais e embora sejam várias as substâncias que conferem alcalinidade à água, as predominantes são os hidróxidos, os carbonatos e os bicarbonatos de sódio e cálcio. Alcalinidade é uma medida da capacidade "tampão" da água, sendo importante para a vida aquática em sistemas de água doce. É a soma total dos componentes da água que tendem a elevar o pH acima do valor de 4,5. Em concentrações moderadas, não tem nenhum significado na água de consumo humano,

embora níveis elevados possam trazer sabor desagradável. Além disso, faz-se necessário considerar a composição química do solo que essas águas atravessam o que não foi feito neste estudo.

Recentemente, a presença de metais na água subterrânea, principalmente daqueles que são regulamentados, têm recebido maior atenção. Esses elementos raramente ocorrem de forma natural na água subterrânea em concentrações elevadas. As concentrações naturais de metais em águas subterrâneas, exceção feita ao ferro, encontram-se geralmente abaixo de 1 $mg.L^{-1}$. Isto se deve a fatores de atenuação que regulam a solubilidade dos metais, como adsorção em minerais de argila, em hidróxidos de ferro e manganês e na matéria orgânica (FREEZE e CHERRY, 1979 *apud* CETESB, 2001).

No Quadro 5.5 estão apresentados os resultados das análises químicas de metais realizadas no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) da UFMS, analisados pelo método de espectrotometria de absorção atômica.

Os resultados indicam a contaminação por metais das águas subterrâneas, sendo que os que excederam os padrões permitidos na Portaria n°518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) são: cádmio, chumbo, ferro e manganês. O solo possui uma grande capacidade de retenção de metais, porém, se essa capacidade for ultrapassada, os metais em disponibilidade no meio são lixiviados, colocando em risco a qualidade do sistema de água subterrânea. A retenção desses metais no solo pode-se dar de diferentes formas, já que os argilominerais possuem sítios negativos onde os metais são adsorvidos por forças eletrostáticas (MATOS *et al*., 1998).

Quase todos os metais podem ser solubilizados em água, podendo gerar danos à saúde devido à toxidade ou aos potenciais carcinogênicos, mutagênicos ou teratôgenicos em função da quantidade ingerida. São denominados tóxicos aqueles metais que produzem danos com pequenas quantidades. (VIERO, 2001)

Nas primeiras amostras analisadas, foram encontrados os metais tóxicos: o cádmio e o chumbo. A contaminação da água por metais tóxicos é um problema que abrange todo o mundo, sendo causada, principalmente, pela ação antropogênica.

Quadro 5.5 Resultado das Análises Químicas de Metais realizadas no Laboratório de Análises de Água (LAQUA).

PARÂMETROS (mg/L)	POÇOS (MÊS DA COLETA)												PORTARIA 518/2004 MS
	Julho/2006						Abril/2007						
	PT-01	PT-02	PT-03	PT-07	PT-08	PT-11	PT- 01	PT-02	PT-03	PT-07	PT-08	PT-11	mg/L
Cádmio	ND	0,026	0,002	0,001	0,001	0,013	ND	0,020	ND	ND	ND	ND	0,005
Cálcio	3	1	3	10	2	12	3	1	5	12	1	10	-
Chumbo	0,01	0,02	0,01	ND	0,04	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,05	0,03	0,01
Cromo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,05
Cobre	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2
Ferro	0,1	1,0	0,1	0,1	3,3	0,1	0,1	1,5	0,1	0,1	3,2	0,1	0,3
Magnésio	1,3	0,4	1,0	2,4	2,4	2,8	0,5	0,2	0,4	0,4	0,9	0,8	-
Manganês	ND	ND	ND	ND	0,6	ND	ND	0,01	ND	ND	0,5	ND	0,1
Mercúrio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,001
Níquel	ND	0,3	ND	ND	0,4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-
Potássio	0,3	0,1	0,2	0,4	0,7	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	ND	0,1	-
Sódio	1	1	1	2	4	4	1	1	2	1	3	3	200
Zinco	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5

(-) Não indicado padrão de potabilidade na legislação federal
ND – Não Detectável.

Nas análises dos resultados, têm-se as seguintes considerações relativas a metais, em particular:

- ✓ Foram encontradas elevadas concentrações de cádmio no piezômetro PT-02 (0,020 a 0,026 mgL^{-1}) no interior do cemitério e no poço de observação PT-11 (0,013 mgL^{-1}) no entorno do cemitério e na primeira amostragem. Este metal é tóxico para os seres humanos e animais. Intoxicações leves por cádmio podem causar: salivação, fadiga, perda de peso, fraqueza muscular e disfunção sexual, além de outros males. Os sintomas de contaminação por cádmio são similares aos efeitos de envenenamento por alimentos. O cádmio é usado na natureza para ligar-se com cobre, chumbo, prata, alumínio e níquel. É também usado em galvanização, cerâmica, pigmentação, baterias, fotografia e reatores nucleares. Nas águas não contaminadas, a concentração de cádmio encontrada é normalmente menor que 0,001 $mg.L^{-1}$. O limite máximo estabelecido na legislação brasileira é 0,005 mgL^{-1}. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).
- ✓ Foram encontradas elevadas concentrações de ferro no piezômetro PT-02 (1,0 a 1,5 $mg.L^{-1}$), no interior do cemitério e no poço de observação PT-08 (3,2 a 3,3 $mg.L^{-1}$) no entorno do cemitério. A presença do ferro em água potável favorece o aparecimento de microrganismos patogênicos, que necessitam dele para se desenvolver. É sabido que sua presença influencia a absorção de cobre e chumbo. Ele não têm efeito deletério no organismo vivo, pois é considerado elemento essencial. O limite máximo estabelecido na legislação brasileira é 0,3 mgL^{-1}. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).
- ✓ Foram encontradas elevadas concentrações de chumbo nos poços observados PT-02 (0,02 a 0,03 $mg.L^{-1}$), PT-08 (0,04 a 0,05 $mg.L^{-1}$)e PT-11 (0,02 a 0,03 $mg.L^{-1}$). O chumbo é um metal cinzento, dúctil e maleável, sendo encontrado na água sob a forma solúvel, suspenso e em baixas concentrações devido a baixa solubilidade; é um metal tóxico, que tende a se acumular nos tecidos do homem e de outros animais. A toxidez aguda do chumbo se caracteriza por queimaduras na boca, sede intensa, inflamação do trato gastrointestinal ocasionando diarréias e vômitos. Considerando a possibilidade das pessoas captarem a água subterrânea para beber, provoca um envenamento crônico denominado "saturnismo". O chumbo pode apresentar-se como resultado de contaminação industrial ou envelhecimento nos canos dos sistemas de distribuição de água. O

limite máximo estabelecido na legislação brasileira é 0,01 mgL^{-1}. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

- ✓ Foram encontradas elevadas concentrações de manganês no poço de observação PT-08 (0,5 a 0,6 mgL^{-1}), no entorno do cemitério. O manganês está normalmente presente em superfícies de águas naturais em concentrações bastante pequenas: 0,2 $mg.L^{-1}$ ou menos. Concentrações mais altas devem ocorrer nas águas subterrâneas, lagos profundos e reservatórios. Concentrações de manganês acima de 0,2 $mg.L^{-1}$, tornam a água desagradável para beber. O Manganês é um mineral essencial ao funcionamento no organismo, porém, quando em grande quantidade causa intoxicação. Pode ser responsável por anorexia, fraqueza, apatia, insônia e outras perturbações do sono, excitabilidade mental, comportamento alterado e dores musculares. Também é responsável por alterações do quadro neurológico, uma síndrome que lembra o mal de Parkinson. O limite máximo estabelecido na legislação brasileira é 0,1 mgL^{-1}. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

Nos poços PT-02, PT-11 amostrados, foram verificados a presença dos metais tóxicos cádmio e chumbo, no poço PT-02 localizado no interior do cemitério, os dois metais aqui indicados acrescido do ferro; e no poço PT-08 localizado no entorno do cemitério, o metal tóxico chumbo, e os metais ferro e manganês, com concentrações que excedem os valores estabelecidos pela legislação federal vigente. Analisando o poço PT-02, no interior do cemitério, leva a admitir a decomposição dos corpos e ataúdes como fonte de contaminação devido o incremento das concentrações de metais nas amostras analisadas. MIGLIORINI *et al.* (1994) também constataram, em seus estudos, alterações desses metais e relacionaram essa ocorrência às tintas e guarnições utilizadas nos caixões.

Entretanto, o incremento das concentrações de cádmio e chumbo no poço PT-11, e chumbo, ferro e manganês no poço PT-08 sugere outra fonte antropogênica, devido a estes poços observados não estarem no sentido de fluxo das águas subterrâneas que atravessam o interior do cemitério.

Os metais tóxicos (cádmio, chumbo) e não tóxicos (ferro, manganês) encontrados na amostragem dos poços observados PT-02, PT-08 e PT-11, excedem os padrões exigidos pela Portaria n°518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) e sugerem contaminação.

5.3.2 Indicadores bacteriológicos

As bactérias assumem um papel de maior importância dentre os seres vivos, devido à sua grande predominância em determinados ambientes e na sua associação com doenças ligadas à água. Os resultados obtidos com as análises bacteriológicas realizadas nas amostras de água subterrânea dos poços de observação construídos no interior do cemitério Santo Amaro e dos poços localizados nas proximidades desse cemitério encontram-se no Quadro 5.6 e também no Anexo C.

Na primeira amostragem em Julho/2006, os dados do poço de observação (PT-01) no interior do cemitério mostram que os coliformes totais alcançaram valor de 36 NMP/100mL, alcançando o mesmo valor (36 NMP/100mL) no poço de observação localizado posto de combustível (PT-08) no entorno do cemitério. Nas demais amostras, os coliformes totais estão ausentes. Não houve detecção de coliformes termotolerantes em nenhuma amostra. A ausência dos coliformes termotolerantes é devido ao menor tempo de sobrevivência no solo e em águas subterrâneas, diferindo dos coliformes totais, sobrevivendo suficiente para ser um indicador útil (BAROW, 1977 *apud* MARTINS *et al.*, 1991). Todavia, os poços de observação PT-08 e PT-11, apresentaram a ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa*. Essa bactéria é tida como inibidora do crescimento *invitro* dos coliformes (CETESB, 1996).

As bactérias proteolíticas, responsáveis pela hidrólise das proteínas e referidas nos trabalhos de MARTINS *et al*. (1991), MARINHO (1998) e MATOS (2001), como eficientes indicadoras da contaminação da água subterrânea em áreas de cemitérios, foram pesquisadas, neste estudo, com o objetivo de verificar o papel do cemitério em apreço como fonte contaminante. Na primeira etapa da amostragem, a água do poço PT-01 alcançou o valor máximo 2.100 NMP/100mL, e não variou ao longo do período de amostragem. Todavia, a concentração dessas bactérias no poço de observação PT-08 alcançou o valor máximo 2.400 NMP/100mL, sugerindo uma outra fonte de contaminação, devido a localização deste poço de monitoramento estar à montante da área do cemitério. Entretanto, os poços de observação apresentaram baixas concentrações de bactérias proteolíticas, sobretudo naqueles localizados nas proximidades do cemitério e situados no sentido dos fluxos das águas subterrâneas identificados no estudo, à exceção do PT-07 que foram ausentes. Para MATOS (2001), o emprego destas bactérias como indicador foi eficiente na detecção da contaminação oriunda de sepultamentos.

Quadro 5.6 Resultados das análises bacteriológicas da água subterrânea coletada.

PARÂMETROS (mg/L)	POÇOS (MÊS DA COLETA)												PORTARIA 518/2004 – MS
	Julho/2006						Abril/2007						
	PT-01	PT-02	PT-03	PT-07	PT-08	PT-11	PT- 01	PT-02	PT-03	PT-07	PT-08	PT-11	VMP(1)
Bactérias Heterotróficas (UFC)	$1,1 \times 10^2$	$1,6 \times 10^3$	$4,0 \times 10^2$	$3,1 \times 10^1$	$1,6 \times 10^5$	$3,6 \times 10^1$	$1,1 \times 10^2$	$4,4 \times 10^4$	$2,2 \times 10^2$	$6,0 \times 10^0$	$6,8 \times 10^2$	$1,0 \times 10^0$	500 UFC/mL (2)
Bactérias Proteolíticas (NMP/100mL)	$2,1 \times 10^3$	$9,0 \times 10^1$	ND	ND	$2,4 \times 10^2$	$3,6 \times 10^1$	$4,3 \times 10^2$	$>1,1 \times 10^5$	$9,1 \times 10^1$	ND	$2,1 \times 10^3$	$<1,0 \times 10^1$	-
Clostridios sulfito-redutores (NMP/100mL)	$2,0 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$1,5 \times 10^2$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	-
Coliformes totais(NMP/100mL)	$3,6 \times 10^1$	ND	ND	ND	$3,6 \times 10^1$	ND	$3,6 \times 10^1$	ND	ND	ND	ND	ND	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Ausência em 100 mL
Pseudomonas aeruginosa (NMP/100mL)	ND	ND	ND	ND	$1,1 \times 10^5$	$3,6 \times 10^1$	ND	$1,1 \times 10^4$	ND	ND	$3,6 \times 10^1$	ND	-
Enterococos (NMP/100mL)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	$9,1 \times 10^1$	ND	ND	ND	ND	ND	-

ND – Não Detectável. (-) Não indicado padrão de potabilidade na legislação federal;
(1) VMP – valor máximo permitido.
(2) UFC – unidade formação colônia.

Presentes em todas as amostras, as concentrações das bactérias heterotróficas no piêzometro PT-02 (1,6 x 10^3 UFC/mL) e no poço de monitoramento PT-08 (1,6 X 10^5 UFC/mL), excedem a legislação federal vigente (500 UFC/mL).

Os clostrídios sulfito-redutores apresentaram valor máximo, obtido na água do poço de observação PT-01 (200 NMP/100mL) no interior do cemitério. Os demais poços apresentaram baixas concentrações, exceto na água do poço de observação PT-08 (150 NMP/100mL), sugerindo que a contaminação na água deste poço tenha outra origem que não o cemitério, devido a localização do mesmo estar à montante da área do cemitério. Os clostrídios sulfito-redutores são microrganismos anaeróbios também presentes em flora fecal, embora em menor número que a *Escherichia coli* (coliforme termotolerante), e considerados como bons indicadores de contaminação fecal remota (CETESB, 1996). O *Clostridium* tem, entre suas espécies, numerosas espécies patogênicas, além de compor o grupo das bactérias proteolíticas.

Na primeira amostragem não foi constatada a presença de *enterococcus* em nenhum dos poços selecionados. A maioria das espécies dos *enterococcus* é de origem fecal humana, embora possam ser isolados de fezes de animais. A inclusão dos *enterococcus* foi devido ao poder de crescimento em condições extremas e numa grande variedade de meios, incluindo solo, alimentos, água e em muitos animais.

Na segunda amostragem em Abril/2007 (Anexo C), não houve detecção de coliformes termotolerantes em nenhuma amostra. Os dados do poço de observação PT-01 no interior do cemitério mostram que os coliformes totais alcançaram o mesmo valor da primeira amostragem (36 NMP/100mL), não modificando o resultado mesmo ao final da estação de maior precipitação pluviométrica ou estação das cheias (final de março, início de abril). Os demais poços, localizados no interior e nas proximidades do cemitério, apresentaram ausência de coliformes totais, reiterando a afirmação de MATOS (2001) de que o aumento da concentração desses microrganismos a jusante de cemitério, tem origem em outra fonte que não estes. As bactérias heterotróficas – aquelas que usam compostos orgânicos como fontes de carbono foram encontradas em todos os poços, principalmente naqueles próximos à fonte de contaminação, no interior do cemitério, funcionando bem como indicadores (MATOS, 2001). Normalmente, as bactérias heterotróficas são utilizadas para avaliar as condições higiênicas e sanitárias das águas, embora não sejam consideradas patogênicas, quando presentes em números elevados, podem constituir risco para a saúde. Nas águas dos seis poços de observação selecionados, essas bactérias ocorreram em número de $4{,}4x10^4$ UFC/mL

no PT-02 e 6,80x10^2 UFC/mL no PT-08. Nas águas dos demais poços, as concentrações situam-se abaixo do limite recomendado na legislação vigente (500 UFC/mL). Mesmo com a proximidade do cemitério Santo Amaro, a concentração das bactérias heterotróficas encontradas no poço PT-03 (220 UFC/mL) não ultrapassou os limites preconizados na legislação vigente (500 UFC/mL). A concentração destas bactérias no PT-08 declinou de 1,6 x 10^5 UFC/mL para 680 UFC/mL, continuando ainda elevado, este poço de observação evidencia que pode estar relacionado a outra fonte de contaminação que não os cemitérios, uma vez que os poços PT-01 e PT-03, situados respectivamente,no interior e em frente ao cemitério e na direção de um dos fluxos subterrâneos, apresentam baixas concentrações dessas bactérias. Na segunda etapa da amostragem, as bactérias proteolíticas alcançaram um valor maior que na primeira amostragem 1,1 x 10^5 NMP/100mL nas águas do poço PT-02 e concentrações menores nos poços observados PT-01 (4,3x10^2 NMP/100mL) no interior do cemitério e no PT-03 (6,1x10^1 NMP/100mL) em frente ao cemitério. Todavia, a concentração dessas bactérias alcançou o valor máximo no poço de observação PT-08 (2,1 x 10^2 NMP/100mL) no posto de combustível. Não foi detectada a presença dessas bactérias no poço PT-07. Ainda, na segunda etapa da amostragem, os clostrídios sulfito-redutores apresentam concentrações baixas(<1,0 x 10^2 NMP/100mL), mas presentes em todas as amostras analisadas. Todavia, os poços de observação PT-02 e PT-08, apresentaram a ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa*.

As análises bacteriológicas realizadas por MATOS (2001) também mostraram concentrações de bactérias heterotróficas (53 X 10^3 UFC/ mL), bactérias proteolíticas (31 NMP /100 mL) e clostrídios sulfito redutores (45 NMP/100 mL) nos poços analisados do cemitério Vila Nova Cachoeirinha na cidade de São Paulo(SP).

Exceto o poço de observação PT-08 na primeira amostragem, de modo geral, as amostragens (Julho/06 a Abril/2007) das águas subterrâneas coletadas nos poços construídos no interior do cemitério apresentam maior ocorrência de microrganismos que aquelas coletadas nos demais poços de observação, mesmo naqueles localizados próximos ao cemitério. Dentre os microrganismos pesquisados, foi maior a ocorrência das bactérias heterotróficas, das bactérias proteolíticas e dos clostrídios sulfito-redutores, o que corrobora a inclusão dessas bactérias como eficientes indicadoras da contaminação da água subterrânea por cemitérios (MATOS, 2001). A presença de bactérias potencialmente patogênicas como o é a *Pseudomonas aeruginosa* mostram o cuidado a ter com a água, nos poços analisados PT-02, PT-08 e PT-11.

MATOS (2001) concluiu que as principais fontes de contaminação das águas por cemitérios são as sepulturas com menos de um ano localizadas nas cotas mais baixas, próximas ao nível freático.

Na avaliação da qualidade da água para consumo humano, utilizam-se as bactérias do grupo coliforme, devendo as mesmas, segundo a Portaria n°518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), estar ausentes nessas águas. Nesta pesquisa foram acrescentados aos indicadores microbiológicos recomendados na mesma Portaria os seguintes indicadores de contaminação: as bactérias proteolíticas, clostrídios sulfito-redutores, *Pseudomonas aeruginosa e os enterococcus.* A mesma Portaria não faz menção aos outros indicadores analisados neste estudo. Devido à área analisada pertencer a uma área de contaminação difusa, ou seja, cemitério humano, estes parâmetros ou indicadores de contaminação foram também propostos por outros pesquisadores como fonte de contaminação por cemitérios humanos, dentre eles, MATOS (2001).

Outras fontes de contaminação, a serem consideradas:

- ✓ Carência dos sistemas de saneamento é uma realidade comum em todo o país e em especial nos grandes centros urbanos, onde estas áreas são bastante comuns à associação do uso de poços rasos e profundos com fossas negras ou sumidouros.
- ✓ Carência dos sistemas de coleta e transporte externos dos resíduos sólidos (inclusive o lixo cemiterial), desde o armazenamento interno e/ou externo até a unidade de tratamento ou disposição final, deve-se utilizar técnicas que garantam a preservação das condições de acondicionamento e a integridade dos trabalhadores, da população e do meio ambiente.
- ✓ Perfuração de poços sem a elaboração de projetos construtivos e sem seguir normas técnicas é uma realidade muito comum em todo o país. A inadequada construção, sem vedação sanitária, de poços rasos e profundos pode torná-los fontes pontuais de contaminação das águas subterrâneas pela conexão direta que eles proporcionam entre a superfície e as porções mais rasas do aqüífero com as partes mais profundas. A questão do adequado fechamento de poços abandonados e desativados também é fundamental para a proteção dos aqüíferos;
- ✓ Vazamentos de tanques de armazenamento de postos de combustíveis. A Resolução Conama 362 de 23 de Junho de 2005 enfatiza que o óleo lubrificante contamina o solo ou cursos de água e gera graves danos ambientais além de que alguns compostos presentes nos combustíveis, como o benzeno, são cancerígenos.

6. CONCLUSÕES

A água é, depois do ar, o elemento de maior importância para a vida. Mais importante do que o alimento, visto que uma pessoa pode passar sem respirar alguns minutos; sem água, apenas algumas horas (72 horas no máximo), mas sem alimento pode passar até 30 dias, ou até mais.

Embora as águas subterrâneas, em geral, possuam uma qualidade natural muito boa, as atividades antrópicas, nas últimas décadas, têm comprometido significativamente alguns aqüíferos. A informação disponível sobre a qualidade das águas subterrâneas é ainda bastante limitada também quanto ao número de parâmetros analisados. Há uma carência de estudos sistemáticos sobre os aqüíferos no contexto geral e a qualidade química e microbiológica de suas águas.

O risco de contaminação nos aqüíferos subterrâneo é devido a facilidade de penetração das partículas no solo, considerando principalmente as área urbanas, onde se localizam fossas, aterros sanitários e cemitérios. De forma geral, as águas subterrâneas pesquisadas no interior e na proximidade do cemitério Santo Amaro, não são de boa qualidade e as propriedades físico-químicas e bacteriológicas não estão indicadas para o consumo humano. Considerando a possibilidade das pessoas captarem essa água para beber, somente um poço observado PT-07 está dentro dos padrões exigidos pela legislação e sem restrições de uso. Não se recomenda utilizar a água subterrânea do poço PT-03, embora não esteja excedendo a legislação, está localizado numa área de risco de contaminação, muito próximo ao cemitério e num dos sentidos do fluxo subterrâneo que atravessa o cemitério, recebendo contribuição do PT-01, PT-02 e PT-08. Os poços PT-02 e PT-08 não são usados para complementação do abastecimento público, servem para monitoramento da qualidade da água subterrânea respectivamente na região do cemitério e posto de combustível. Não foi possível obter os valores representativos de "*Background*" (EPA, 1992), pois a água subterrânea amostrada a montante da área destinada aos sepultamentos já apresentava alterações em sua qualidade em relação às águas naturais, águas não contaminadas.

Especificamente, as principais restrições que foram observadas são:

- ✓ As concentrações de bactérias heterotróficas no piezômetro PT-02 (1,6 x 10^3 UFC/mL a 4,4x10^4 UFC/mL), bactérias proteolíticas (presente em todos os poços monitorados, exceto o PT-07) e clostridios sulfito redutores, nas amostras da água subterrânea dos dois poços no interior do cemitério PT-01 (200 NMP/100mL) e

PT-02 (<10 NMP/100mL). No poço observado PT-01, na portaria do cemitério, acusou a presença de *enterococcus* e coliformes totais**.** As concentrações representativas de *Pseudomonas aeruginosa* no piezômetro PT-02 (1,1 x 10^4 NMP/100mL) nos poços observados PT-08 (1,1 x10^5 NMP/100mL) e PT-11 (3,6 x10^1 NMP/100mL). Considerando a patogênicidade que representa, se esta água for captada, quem fizer uso da mesma, corre, eventualmente, riscos de saúde, pois este recurso pode veicular doenças.

- ✓ Elevadas concentrações de cádmio no piezômetro PT-02 (0,02 a 0,026 mgL^{-1}) no interior do cemitério e no poço de observação PT-11 (0,013 mgL^{-1}) no entorno do cemitério e na primeira amostragem. Elevadas concentrações de chumbo nos poços observados PT-02 (0,02 a 0,03 $mg.L^{-1}$), PT-08 (0,04 a 0,05 $mg.L^{-1}$)e PT-11 (0,02 a 0,03 $mg.L^{-1}$). Elevadas concentrações de ferro no piezômetro PT-02 (1,0 a 1,5 $mg.L^{-1}$), no interior do cemitério e no poço de observação PT-08 (3,2 a 3,3 $mg.L^{-1}$) no entorno do cemitério. Elevadas concentrações de manganês no poço de observação PT-08 (0,5 a 0,6 mgL^{-1}), no posto de combustível. As concentrações de metais no piezômetro PT-02 (Fe, Cd, Pb) e nos poços observados PT-08 (Fe, Pb, Mn) e PT-11 (Cd, Pb) ultrapassam os níveis máximos permissíveis, estabelecido pela legislação brasileira (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004). Quando estes metais contaminantes entram no meio natural, passam a interagir com a solução de superfície (água) com as fases sólidas (minerais e matéria orgânica), podendo ser imobilizados parcialmente ou transportados por distâncias variáveis pelo fluxo das águas subterrâneas (VIEBO, 2001). As informações de metais aqui mencionados parecem contrariar o que observado por OTTMANN (1987) que atribui ao risco de contaminação mais da presença de microrganismos e sua patogenicidade que da toxicidade das substâncias liberadas.
- ✓ O valor médio da permeabilidade de 10^{-5}cm/s, admitido para a área do cemitério, pode apresentar valores maiores dentro do próprio perímetro da área pesquisada, como no seu entorno, visto que foram observadas alterações na qualidade da água subterrânea.

Os principais problemas identificados na área do cemitério são:

- ✓ A área de sepultamento não mantém um recuo mínimo de cinco metros em relação ao perímetro do cemitério (Resolução CONAMA 335 em 03 de abril de

2003, a qual dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, alterada pela Resolução CONAMA n° 368, de 28 de Março de 2006);

- ✓ A ausência de cuidados sanitários e higiênicos e disposição inadequada de resíduos sólidos (lixo) no interior do cemitério - funcionários "coveiros" executam exumações sem proteção adequada; restos de urnas e vestes funerárias são encontrados dispostos em locais inadequados, ao ar livre junto com restos de varrição, capina e poda de árvores no interior do cemitério, com acesso livre de pessoas, sendo que o correto seria proceder ao abrigo desses resíduos na área externa, com espaço suficiente para a quantidade de lixo gerado diariamente, e totalmente dentro dos padrões exigidos pelas Normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
- ✓ A utilização da água subterrânea do poço de observação PT-01, na portaria do cemitério, pois no local não existe indicação de "não beber – água não potável" ou outro dispositivo que impeça tal fato. Este poço de observação acusou a presença de bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas, clostrídios sulfito redutores, *enterococcus* e coliformes totais nas amostras da água subterrânea**.**
- ✓ A não impermeabilização da base das necrópoles e a falta da drenagem das águas de chuvas são uns dos fatores responsáveis pela contaminação dos recursos hídricos subterrâneos na área pesquisada.

7. RECOMENDAÇÕES

A atividade cemiterial aqui em estudo conduz à definição da vulnerabilidade e risco de contaminação das águas em associação com as características do empreendimento. As águas subterrâneas constituem um recurso hídrico de grande importância atual e futura, apresentando em geral, com excelente qualidade para todos os usos e quantidade suficiente para o abastecimento de grande parcela da população. Possuem várias vantagens quando comparadas às águas superficiais. Caso contaminadas, as técnicas de descontaminação são custosas e, às vezes pouco eficientes. A prevenção da contaminação é, portanto, o meio mais eficaz de preservação dos recursos hídricos da subsuperfície.

O estudo propõe algumas recomendações, a saber:

- ✓ Que os Projetos para implantação ou ampliação de cemitérios atendam às exigências definidas pelas Prefeituras e Órgãos Ambientais no que diz respeito à proteção do solo e das águas subterrâneas, devendo ser observadas as diretrizes preconizadas na Resolução CONAMA 335 em 03 de abril de 2003, a qual dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, alterada pela Resolução CONAMA n° 368, de 28 de Março de 2006, em função das particularidades existentes em áreas de proteção de mananciais localizadas em regiões metropolitanas.
- ✓ A impermeabilização da base das necrópoles e a drenagem das águas de chuvas. O perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e suficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais.
- ✓ No Licenciamento Ambiental de cemitérios no Estado, a sugestão é acrescentar na documentação exigida a informação da potenciometria do aqüífero mais superficial, em escala de detalhe da área do empreendimento, com indicação do sentido do fluxo subterrâneo e determinação do coeficiente de permeabilidade, ou da condutividade hidráulica.
- ✓ Na proteção das águas subterrâneas, planejar a ocupação de áreas de recarga e o zoneamento dos aqüíferos, segundo a sua vulnerabilidade natural, de forma a orientar a ocupação futura do solo através dos planos diretores.
- ✓ A medida fundamental para o controle da qualidade da água subterrânea nestes empreendimentos é o estabelecimento de monitoramento de poços. A avaliação

espacial e periódica da qualidade da água, que normalmente apresenta uma variação sazonal, só pode ser obtida através de um monitoramento sistemático.

- ✓ Na implantação ou expansão desses empreendimentos bem como durante a operação dos mesmos, sejam exigidas as análises físico-química e microbiológica das águas subterrâneas na área interna e de influência direta do cemitério, para conhecimento prévio da qualidade dessas águas e acompanhamento de uma eventual contaminação;
- ✓ Nas análises microbiológicas, sejam incluídos, entre os microrganismos sistematicamente utilizados como indicadores de contaminação (coliformes), a pesquisa de bactérias heterotróficas, proteolíticas e clostrídeos sulfito-redutores, tidas como indicadoras eficientes da contaminação oriunda dos cemitérios;
- ✓ Que sejam realizados mais estudos sobre a possível contaminação das águas subterrâneas por cemitérios, sobretudo no tocante à ocorrência de vírus e o comportamento dos mesmos em subsuperfície, bem como no que diz respeito ao papel da composição dos sedimentos no transporte dos agentes contaminadores das águas subterrâneas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA, 2004. **Enfoque epidemiológico permeando toda a Portaria 518. Visão sistêmica e integrada da qualidade da água**. Disponível em: http://www.ana.gov.br/PROLAB/palestras/PalestraIV-3-SVS-MS. Acessado em: 12.06.2005.

ALABURDA, J., 1998. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços**. Revista da Saúde pública, n°32: 160-5.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, 1976. **Compedium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. Editor Marvin L. Speck. Washington. p.190-193

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, 2005. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation. 21th edition, Washington, D.C.

BERGAMO, H., 1954 **Os cemitérios – Um problema de engenharia sanitária**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 4. *Anais*. São Paulo, AIES, p. 333-339.

BOUWER, H., 1978. **Groundwater Hydrology**. McGraw – Hill. New York. p. 339-449.

CEMTEC - CENTRO ESTADUAL DE MONITORAMENTO DO TEMPO, CLIMA E RECURSOS HÍDRICOS DE MATO GROSSO DO SUL, 2007. **Mapa Pluviométrico de Campo Grande-MS, do período de Março/06 a Abril/07**. Estação Metereológica. Campo Grande. MS. Planilha 1.

CHAPELLE, F., 1992. **Ground-Water Microbiology and Geochemistry**. John Wiley & Sons. New York. p. 244-253.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB, 1996. **Métodos simplificados para análises bacteriológicas de água** / Petra S. Sanchez. São Paulo. 67 p.

_____.,1978. **Água Subterrânea e Poços Tubulares/Convênio** BNH/ABES/CETESB –p. 32. 482P

_____., 1987 **Guia de coleta e preservação de amostras de água.** 1ª ed. São Paulo, 155p.

_____.,2001. **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo** / Dorothy C. Casarini *et al*. São Paulo. 103 p.

COSTA, W. D., MENEGASSE, L. N. & FRANCO, R. D., 2002. **Contaminação da água subterrânea relacionada com os cemitérios da Paz e da Saudade no município de Belo Horizonte, Minas Gerais**. **XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Florianópolis. 14 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 1986. Resolução n° 001, de 23.01.1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 17.02.1986, Brasília, DF.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 1997. Resolução n° 237, de 22.12,1997. **Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 22.12.1997, Brasília, DF.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 2003. Resolução n° 335, de 03.04.2003. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 28.04.2003, Brasília, DF.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 2003. Resolução n° 368, de 28.03.2006. **Altera dispositivos da Resolução Nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe**

sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Publicação DOU: 29/03/2006 Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 29.03.2006, Brasília, DF.

DENT, B., 2003. **Environmental approval for Australian burial practices**. Disponível: http://www.uts.edu.au/new/archives/1999/November/09.html. Acesso em 05.07.2005.

EMPRESA DE SANEAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL – SANESUL, 1998 **Estudos Hidrogeológicos de Mato Grosso do Sul**. Tahal Consulting Engeneers Ltda. Campo Grande, MS. 736p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA, 1992..**Groundwater Monitoring Techinal Enforcement Guidance Document**. Resouce Convervation and Recovery CT(RCRA).Disponível:http://www.epa.gov/reg3wcmd/ca/pdf/Rcra_gwm92.pdf . Acesso em 05.07.2005.

HEM, J.D. , 1985. **Study and interpretation of the chemical caracteristics of natural water**. 3a Ed. Geological Survey Water. Washington. Pag 1473. 263p.

HERSHBERGER, E.; DONABEDIAN, S.; KONSTANTINOU, K.; ZERVOS, M. J.,2003. **Quinupristin-Dalfopristin resistance in Gram-positive bacteria: Mechanism of resistance and epidemiology.** *ClinInfec Dis*. v. 38, p. 92-98.

LANDIM, P.M.B.; MONTEIRO, R.C.; CORSI, A.C. 2002. **Introdução à confecção de Mapas pelo software Surfer**. Unesp . Rio Claro. 29 p.

LASTÓRIA, G., 2002. **Hidrogeologia da Formação Serra Geral do estado de Mato Grosso do Sul**. Tese de Doutorado apresentada junto ao curso de Pós-Graduação em geociências do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Unesp. Rio Claro. Tese de Doutorado. 133p.

MARINHO, A. M. C. P., 1998. **Contaminação de Aqüíferos por Instalação de Cemitérios. Estudo de Caso do Cemitério São João Batista, Fortaleza – Ceará**. Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. Dissertação de Mestrado. 88 p.

MARTINS, M. T., PELLIZARI, V. H., PACHECO, A., MYAKI, D. M., ADAMS, C., BOSSOLAN, N. R. S., MENDES, J. M. B. & HASSUDA, S., 1991. **Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios**. Revista de Saúde Pública, v. 25, nº 1, p. 47-52.

MATOS, B. A., 2001. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aqüífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo. Tese de Doutorado. 161p.

_____, 2002. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aqüífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis. 21 p.

MATOS, B. A., PACHECO, A., BASTIANON, D. & BATELLO, E., 2002. **Caracterização Hidrogeológica do aqüífero freático no cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis. 19 p.

MATOS, B. A.; BASTIANON, D.; BATELLO, E.; PACHECO, A.; PELIZZARI, V.; MENDES, J.M., 1998 **Contaminação do aqüífero livre em cemitérios: estudo de caso**. In: São Paulo, ABAS. 1 CD-ROM.

MATOS, B.A.; PACHECO, A., 2000 **Ocorrência de microrganismos no aqüífero freático do cemitério Vila Nova Cachoeirinha, São Paulo**. In: Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas, 1., Fortaleza, 2000. Anais. Fortaleza. ABAS. 1 CD-ROM.

MEHNERT, D.U., 1989. **Determinação da presença e do número de rotavírus em amostras de água de esgoto e de córregos poluídos da cidade de São Paulo.** Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado. São Paulo. 214 p

MIGLIORINI, R. B., KIMMELMANN, A. A. & PACHECO, A., 1994. **Estudo físico-químico das águas subterrâneas do cemitério Vila Formosa, São Paulo, SP**. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Recife. Anais, p. 160-168.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – MME, 1982. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF.21 **Campo Grande; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potential da terra**. Rio de Janeiro, RJ. 416 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 28)

MINISTÉRIO DA SAÚDE. - MS, 2004. **Portaria nº. 518.** Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências**.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 26.03.2004, Brasília, DF.

MIOTTO, S.L., 1990 **Aspectos geológico-geotécnicos da determinação da adequabilidade de áreas para a implantação de cemitérios**. Rio Claro, 116 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

OLIVEIRA, M.A.S., 2003. **Piezometria do Aqüífero Basáltico na Área do Campus da UFMS, em Campo Grande-MS.** Monografia de Curso de Especialização em Planejamento e Gerenciamento em Recursos Hídricos. UFMS/CCET, 42p. Campo Grande, 2003.

OTTMANN, F., 1987. **Créer ou Aménager um Cimetière**. Ed. Moniteur, Paris. 162 p.

PACHECO, A., 1986 **Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento**. Revista do Sistema de Planejamento e administração Metropolitana, n.17, p. 25-31.

PACHECO, A ; 2000 **Cemitérios e meio ambiente**. São Paulo, 102 p. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

PACHECO, A., MENDES, J. M. B., MARTINS, T., HASSUDA, S. & KIMMELMANN, A. A., 1991. **Cemeteries – A potential risk to groundwater**. Water Science and Technology, v. 24, nº 11, p. 97-104.

PACHECO, A. & BATELLO, E., 2000. **A influência dos fatores ambientais nos fenômenos transformativos em cemitérios**. Revista Engenharia e Arquitetura, v. 2, nº 1, p. 32-39.

PAYMENT, P.; TRUDEL, M.; PLANTE, R., 1985. **Elimination of viruses and indicator bacteria at each step of treatment during preparation or drinking water at seven water treatment plants**. Appl. Environ. Microbiol., 49: pag 1418-28.

PINA, S.; PUIG, M.; LUCENA, F.; JOFRE, J.; GIRONES, R., 1998. **Viral pollution in the environment and in shellfish: human adenovirus detection by PCR as an index of human viruses**. Applied and Environmental Microbiology., 64: 3376-3382.

PORTO,R.L.L.;BRANCO,S.M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R.M.; ELGER,S.; LUCA,S.J.; NOGUEIRA,V.P.Q.;PORTO,M.F.A.;1991. **Hidrologia Ambiental**. São Paulo:Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.Coleção ABRH Vol 3.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE-MS. Lei n° 3.909, de 30.11.2001. **Dispõe sobre serviços funerários e de cemitérios, públicos e particulares, no município de Campo Grande, e dá outras providências**. Diário Oficial n° 973, 27.12.2001. Campo Grande, MS.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE-MS. Lei n° 2.567, de 08.12.1988. **Dispõe sobre o ordenamento do uso e da ocupação do solo, no município de Campo Grande, e dá outras providências**. Diário Oficial. Campo Grande, MS.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE-MS, 2005. **Projeto Geomorena. CD Room.** Campo Grande, MS.

ROCHA, A. A.; PEREIRA, D. N.; PADUA, H. B., 1985. **Fishing yield and chemical contamination of the water of the Billings Reservoir.** S. Paulo (Brazil). *Rev. Saúde Pública*. vol. 19, no. 5, pp. 401-410.

SARAIVA, I.H. et al. **Antimicrobial susceptibility testing of 87 clinical isolates of vancomycin-resistant enterococci.** Rev. Assoc. Med. Bras., São Paulo, v. 43, n. 3, 1997. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php. Acesso em: 06 May 2007.

SECRETARIA MUNICIPAL DO PLANEJAMENTO URBANO – PLANURB, 1991. **Carta geotécnica de Campo Grande**. Disponível: http://www.campogrande.ms.gov.br/planurb Acesso em 12.06.2005.

SURFER, versão 8.0, 2002. **Contouring, Gridding, and Surface Mapping Package for Scientists and Enginneers**. Conjunto de programas. 1 CD-Rom e manuais.

SECRETARIA MUNICIPAL DO PLANEJAMENTO URBANO – PLANURB, 2003. **Rede Hidrográfica da Cidade de Campo Grande.** Disponível: http://www.campogrande.ms.gov.br. Acesso em 12.06.2005.

SECRETARIA MUNICIPAL DO PLANEJAMENTO URBANO – PLANURB, 2005. **Perfil Sócio-Econômico de Campo Grande**, Campo Grande, MS. 258 pág.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL – SEPLAN, 1990. Coordenadoria de Recursos Naturais. **Atlas Multireferencial de Mato Grosso do Sul** . Campo Grande, 28p.

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE. Resolução no.79, de 20.01.1994. **Dispõe sobre normas técnicas de sepultamento, cremação, embalsamamento, exumação, transporte e exposição de cadáveres**. Diário Oficial n° 3713, 24.01.1994 do Estado do Mato Grosso do Sul.

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE. Lei n° 1.293, de 21.07.1992. **Código sanitário do Estado de Mato Grosso do Sul.** Cap. III, artigos 100 à 108. Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul.

SECRETARIA MUNICIPAL DE CONTROLE AMBIENTAL E URBANÍSTICO – SEMUR, 2004. **Relatório técnico do cemitério Santo Amaro.** Campo Grande, MS. 22 pág..

SUPERINTENDENCIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SUPEMA, 2004. **Normas para licenciamento ambiental.** Cemitério horizontal, parque e

jardim, vertical e de animais, com ou sem crematório. Diário Oficial n° 6248-Suplemento, 19.05.2004 do Estado do Mato Grosso do Sul.

STEWIEN, K.E., 1979. **Análise virológica da água: estudo comparativo entre dois métodos para concentração de vírus de água de esgoto e determinação da razão entre os números de Enterovírus e coliformes.** Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo. São Paulo. Tese de livre docência, 95p

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1998. **The impact of cemeteries on the environment and public health**. Regional office for Europe. Disponível: http:// /www.who.int/about/contactregional/en/&prev=/search%3Fq%3Dwho,%2Bregional%2Boffice%2Beurope%26hl%3Dpt-BR%26lr%3D%26sa%3DG. Acesso em 05.07.2005.

VIERO, A.P., 2001. **Contaminação de Solos e Água Subterrânea por Metais Pesados**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Minas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CEMITÉRIOS DA CIDADE DE CAMPO GRANDE – MS.

CEMITÉRIOS PÚBLICOS

Cemitério Santo Amaro (Dissertação Mestrado)

Cemitério Santo Antonio

Cemitério São Sebastião (Cruzeiro)

CEMITÉRIOS PARTICULARES

Cemitério Jardim da Paz

Cemitério Memorial Park

Cemitério Parque das Acácias

Cemitério Parque das Primaveras

Cemitério Parque Monte das Oliveiras

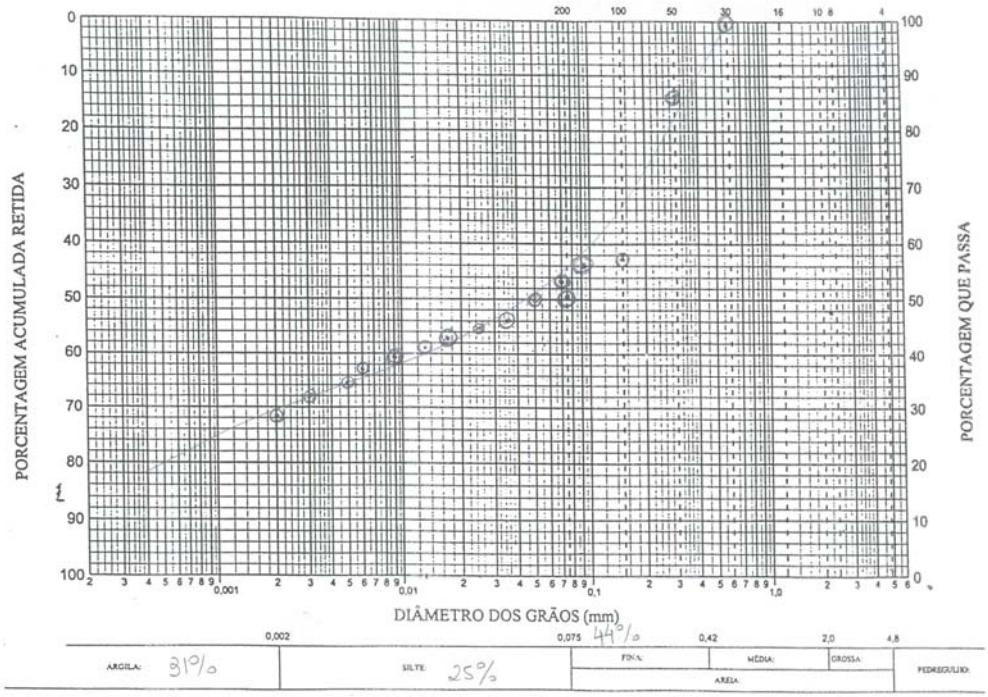
Cemitério Jardim das Palmeiras

Cemitério Nacional Parque

APÊNDICE B – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DO SOLO DO CEMITÉRIO

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA CONJUNTA

N.° DAS PENEIRAS (ABNT) : NBR 5734/80



CLASSIFICAÇÃO DO SOLO: Areia - argilosa

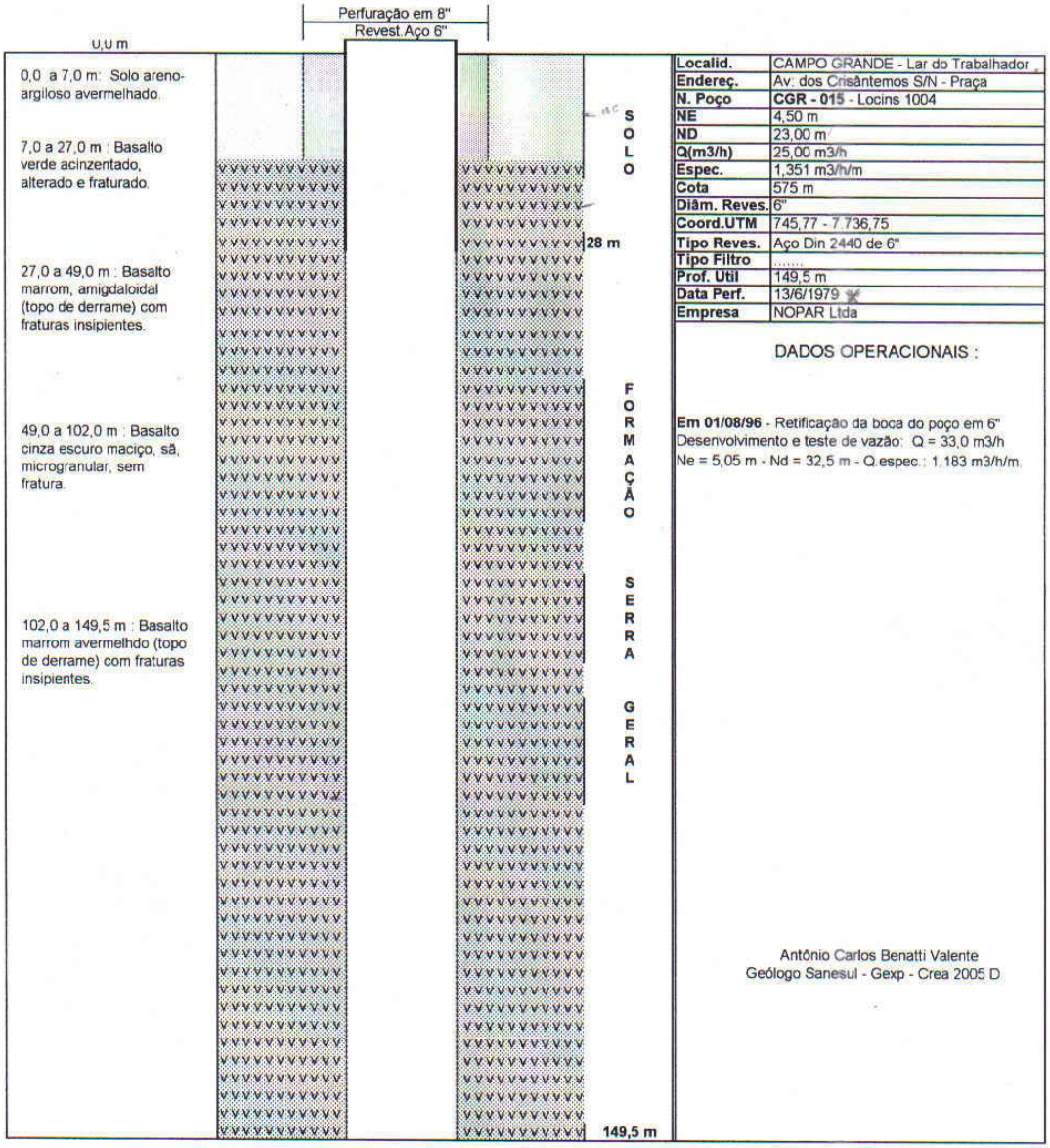
COR: VERMELHA

ANEXOS

ANEXO A – PERFIL HIDROGEOLÓGICO DO POÇO CGR 015, LOCALIZADO NA AVENIDA DOS CRISÂNTEMOS S/N PRAÇA, PRÓXIMO AO LAR DO TRABALHADOR.

EMPRESA DE SANEAMETO DE MATO GROSSO DO SUL S/A
DIRETORIA TÉCNICA - DTEC
GERÊNCIA DE EXPANSÃO - GEXP

PERFIL HIDROGEOLÓGICO DO POÇO DE CAMPO GRANDE - CGR 015



Localid.	CAMPO GRANDE - Lar do Trabalhador
Endereç.	Av: dos Crisântemos S/N - Praça
N. Poço	**CGR - 015** - Locins 1004
NE	4,50 m
ND	23,00 m
Q(m3/h)	25,00 m3/h
Espec.	1,351 m3/h/m
Cota	575 m
Diâm. Reves.	6"
Coord.UTM	745,77 - 7.736,75
Tipo Reves.	Aço Din 2440 de 6"
Tipo Filtro	.....
Prof. Util	149,5 m
Data Perf.	13/6/1979
Empresa	NOPAR Ltda

DADOS OPERACIONAIS :

Em 01/08/96 - Retificação da boca do poço em 6"
Desenvolvimento e teste de vazão: Q = 33,0 m3/h
Ne = 5,05 m - Nd = 32,5 m - Q.espec.: 1,183 m3/h/m.

Antônio Carlos Benatti Valente
Geólogo Sanesul - Gexp - Crea 2005 D

ANEXO B – RESULTADO DAS ANÁLISES FISICO-QUÍMICAS REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE CONTROLE AMBIENTAL (CCA) DA SUPERINTENDENCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SUPEMA - MS

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE PANTANAL/IMAP-MS
CENTRO DE CONTROLE AMBIENTAL/CCA
Rua Desembargador Leão Neto do Carmo s/nº, quadra 3, setor 3 - Parque dos Poderes
CEP: 79031-902 Campo Grande, MS TEL: (67) 3318-5607/5606 – FAX: (67)3318-5609

BOLETIM DE EXAMES DE ÁGUAS BRUTAS Nº 10/2006

Interessado: Marisa Abrão
Endereço: Av. Afonso Pena, 2385 Apt 101 - Centro — Município: Campo Grande - MS

DADOS SOBRE AS AMOSTRAS

Local da coleta	Nº da amostra
Marisa 01 – Poço do Hospital Evangélico – Saída da bomba.	185
Marisa 02 – Poço do cemitério Santo Amaro – Saída da bomba da portaria do cemitério.	186
Marisa 03 – Piezômetro 01 – Fundos, lado direito da entrada do cemitério.	187
Marisa 04 – Poço da oficina mecânica – Saída da bomba, em frente ao cemitério.	188
Marisa 05 – Poço do colégio militar – Saída da bomba.	189
Marisa 06 - Piezômetro 02 – Posto Paludo, em frente ao cemitério.	190
Município: Campo Grande - MS	Data da coleta: 04/07/2006
Responsável pela coleta: Silvio César Ortigosa	Data entrada no Laboratório: 04/07/2006

EXAMES FÍSICOS QUÍMICOS.

1) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Parâmetro	Un	Nº das amostras					
		185	186	187	188	189	190
Hora da Coleta	-	08:45	09:30	10:00	10:30	11:35	12:20
Temperatura da água	°C	25,8	25,6	26,1	26,1	25,2	29,2
Temperatura do ar	°C	21,0	24,6	26,4	26,0	28,6	27,5
Chuvas	-	N	N	N	N	N	N
Turbidez	UNT	0,91	7,20	487	1,13	1,67	1452
pH	-	6,30	5,17	4,34	4,92	6,47	5,76

2) CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Alcalinidade	mg/L	34	19	2	11	81	45
Cloreto	mg/L	1	1	1	1	1	6
Fosfato Total	mg/L	0,118	0,050	0,129	0,039	0,077	2,304
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,11
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,13	0,78	0,12	0,10	0,29	2,13
Nitrogênio Nitrito	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Oxigênio Dissolvido	mg/L	5,1	4,6	5,1	5,1	4,7	1,8
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	36	33	61	10	20	87

Observações:
As análises laboratoriais seguem as normas definidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th*, Normas Técnicas da ABNT e Manual de Coletas e Preservação de Amostras de Água/CETESB/SP

Campo Grande, 19 de julho 2006

Quim. *Luiz Mário Ferreira*
CRQ 04139554 - 4ª Região
Coordenador do CCA/GRH/IMAP - MS

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL - IMASUL
GERÊNCIA DE APOIO OPERACIONAL/GAO
UNIDADE CENTRO DE CONTROLE AMBIENTAL/UCCA/LABORATÓRIO

BOLETIM DE EXAMES DE ÁGUAS BRUTAS Nº 04/2007

Interessado: Marisa Abrão
Endereço: Av. Afonso Pena, 2385 Apt 101 - Centro — Município: Campo Grande - MS

DADOS SOBRE AS AMOSTRAS

Local da coleta	Nº da amostra
Marisa 01 – Poço do Hospital Evangélico – Saída da bomba.	18
Marisa 02 – Poço do cemitério Santo Amaro – Saída da bomba da portaria do cemitério.	19
Marisa 03 – Piezômetro 01 – Fundos, lado direito da entrada do cemitério.	20
Marisa 04 – Poço da oficina mecânica – Saída da bomba, em frente ao cemitério.	21
Marisa 05 – Poço do colégio militar – Saída da bomba.	22
Marisa 06 - Piezômetro 02 – Posto Paludo, em frente ao cemitério.	23
Município: Campo Grande - MS Responsável pela coleta: Francisco Gilvanci dos Santos	Data da coleta: 24/04/2007 Data entrada no Laboratório: 25/05/2007

EXAMES FÍSICOS QUÍMICOS.

1) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Parâmetro	Un	Nº das amostras					
		18	19	20	21	22	23
Hora da Coleta	-	12:45	11:50	12:15	11:30	10:10	10:50
Temperatura da água	°C	28	28	28	28	27	29
Temperatura do ar	°C	35	33	33	32	33	32
Chuvas	-	N	N	N	N	N	N
Turbidez	UNT	0,62	1,06	129,0	1,82	1,57	5,81
Condutividade Elétrica	µS/cm	67	41	12	32	116	141
pH	-	6,98	6,45	5,59	6,10	6,72	6,42
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	33	20	6	16	58	71,00

2) CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Alcalinidade	mg/L	26	16	7	11	49	60
Cloreto	mg/L	0,00	1	1	1	3	6
Fosfato Total	mg/L	0,140	0,116	0,00	0,044	0,082	0,00
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07
Nitrogênio Nitrato	mg/L	1,26	0,10	0,34	0,38	0,20	0,42
Nitrogênio Nitrito	mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Oxigênio Dissolvido	mg/L	5,6	5,7	5,4	5,0	5,2	2,6

Observações:
As análises laboratoriais seguem as normas definidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th*, Normas Técnicas da ABNT e Manual de Coletas e Preservação de Amostras de Água/CETESB/SP

Campo Grande, 19 de JUNHO 2007

Quím. Luiz Mário Ferreira
Gerente de Apoio Operacional / IMASUL
CRQ 04139554 - 4ª Região

Biól. Márcia Cristina de A. Silva
Coord. Laboratório / CCA / IMASUL
CRBio 20.484/01-D

ANEXO C – RESULTADO DAS ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE TOXICOLOGIA, FISIOQUIMICA E MICROBIOLOGIA DO DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIAS DE ALIMENTOS E SAÚDE PÚBLICA (DTA) DA UFMS

UFMS MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MS

LAUDO TÉCNICO

Interessado: Dra Mariza, mestranda do Departamento de Hidráulica e Transporte da UFMS
Endereço: DHT/UFMS, Campo Grande-MS. **Fone**: 3384 9683
Natureza do material e condições de embalagem: Amostras de água coletadas pelo interessado em 04.07.06, em frascos estéreis.
Procedência: Interessado.
Análise(s) solicitada(s): microbiológicas
Registro nº: 253 a 258/2006
Data de recebimento: 04.07.2006
Data de emissão: 19.04.2007
RESULTADOS:

	AMOSTRAS*					
	253	254	255	256	257	258
Coliformes totais (NMP/mL).....	ausentes	$0{,}36 \times 10^0$	ausentes	ausentes	ausentes	$0{,}36 \times 10^0$
Coliformes fecais (NMP/mL).....	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes
Contagem de bactérias heterotróficas (UFC/mL).....	$3{,}1 \times 10^1$	$1{,}1 \times 10^2$	$1{,}6 \times 10^3$	$4{,}0 \times 10^0$	$3{,}6 \times 10^1$	$1{,}6 \times 10^5$
Contagem de bactérias proteolíticas (NMP/mL).....	ausentes	$2{,}1 \times 10^1$	$0{,}9 \times 10^0$	ausentes	$0{,}36 \times 10^0$	$2{,}4 \times 10^1$
Clostridio Sulfito Redutor (UFC/mL).....	$<1{,}0 \times 10^0$	$2{,}0 \times 10^0$	$<1{,}0 \times 10^0$	$<1{,}0 \times 10^0$	$<1{,}0 \times 10^0$	$1{,}5 \times 10^0$
Pseudomonas aeroginosa (NMP/mL).....	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	$0{,}36 \times 10^0$	$1{,}1 \times 10^3$
Enterococos (NMP/mL).....	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes

*Amostra 253= P - 1 Hospital Evangélico
Amostra 254 = P - 2 Portaria do Cemitério
Amostra 255 = P - 3 Piezômetro Cemitério (amostra turva)
Amostra 256 = P - 4 Oficina
Amostra 257 = P - 5 Colégio Militar
Amostra 258 = P - 6 Posto Paludo (amostra muito turva)

Estes resultados têm valor restrito às amostras analisadas, sendo vedado seu uso para fins de propaganda.

RESPONSÁVEIS:

Profa. Maria Izabel Lima Ramos
DTA/UFMS

Depto. de Tecnologia de Alimentos e S. Pública - Coordenação do Controle de Qualidade - Setor Alimentos
Fone/Fax 3345-7400 - Cidade Universitária - Caixa Postal 549 - CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

UFMS MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MS

LAUDO TÉCNICO

Interessado: Dra Mariza, mestranda do Departamento de Hidráulica e Transporte da UFMS
Endereço: DHT/UFMS, Campo Grande-MS. **Fone:** 3384 9683
Natureza do material e condições de embalagem: Amostras de água coletadas pelo interessado em 24.04.07, em frascos estéreis.
Procedência: Interessado.
Análise(s) solicitada(s): microbiológicas
Registro nº: 154 a 159/2007
Data de recebimento: 24.04.2007
Data de emissão: 11.05.2007
RESULTADOS:

	AMOSTRAS*					
	154	155	156	157	158	159
Coliformes totais (NMP/mL)	ausentes	$0,36 \times 10^0$	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes
Coliformes fecais (NMP/mL)	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes
Contagem de bactérias heterotróficas (UFC/mL)	$6,2 \times 10^1$	$1,1 \times 10^2$	$4,4 \times 10^4$	$2,2 \times 10^2$	$1,0 \times 10^0$	$6,8 \times 10^2$
Contagem de bactérias proteolíticas (NMP/mL)	ausentes	$4,3 \times 10^0$	$>1,1 \times 10^2$	$0,91 \times 10^0$	$<1,0 \times 10^0$	$2,1 \times 10^0$
Clostridio Sulfito Redutor (UFC/mL)	$<1,0 \times 10^0$	$<1,0 \times 10^0$	$<1,0 \times 10^0$	$<1,0 \times 10^0$	$<1,0 \times 10^0$	$<1,0 \times 10^0$
Pseudomonas aeroginosa (NMP/mL)	ausentes	ausentes	$>1,1 \times 10^2$	ausentes	ausentes	$0,36 \times 10^0$
Enterococos (NMP/mL)	ausentes	$0,91 \times 10^0$	ausentes	ausentes	ausentes	ausentes

*Amostra 154= P - 1 Hospital Evangélico
Amostra 155 = P - 2 Portaria do Cemitério
Amostra 156 = P - 3 Piezômetro Cemitério (amostra turva)
Amostra 157 = P - 4 Oficina
Amostra 158 = P - 5 Colégio Militar
Amostra 159 = P - 6 Posto Paludo

Estes resultados têm valor restrito às amostras analisadas, sendo vedado seu uso para fins de propaganda.

RESPONSÁVEIS:

Profa. Maria Izabel Lima Ramos
DTA/UFMS

Depto. de Tecnologia de Alimentos e S. Pública - Coordenação do Controle de Qualidade - Setor Alimentos
Fone/Fax 3345-7400 - Cidade Universitária - Caixa Postal 549 - CEP 79070-900 - Campo Grande - MS.