

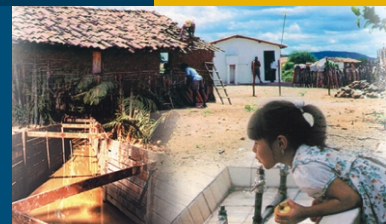
CEMITÉRIOS COMO FONTE POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS REGIÃO DE CUIABÁ E VÁRZEA GRANDE (MT)

ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA

FUNASA



RELATÓRIO FINAL



Ministério da Saúde
Fundação Nacional de Saúde

**Cemitérios como Fonte Potencial de
Contaminação das Águas Subterrâneas
Região de Cuiabá e Várzea Grande (MT)**
Relatório Final

Brasília, 2007

Copyright © 2007 – Somente versão eletrônica
Fundação Nacional de Saúde (**Funasa**)
Ministério da Saúde

Editor

Assessoria de Comunicação e Educação em Saúde
Núcleo de Editoração e Mídias de Rede/Ascom/Presi/**Funasa**/MS
Setor de Autarquias Sul, Quadra 4, Bl. N, 2º andar – Ala norte
70.070-040 – Brasília/DF

Distribuição e Informação

Departamento de Engenharia de Saúde Pública (Densp)
Setor de Autarquias Sul, Quadra 4, Bl. N, 6º Andar
Telefone: 0XX61 314-6262 – 314-6380
70.070-040 – Brasília/DF

Brasil. Fundação Nacional de Saúde.

Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas.
Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT – Brasília: Funasa, 2007.
118 p.: il.

1. Águas subterrâneas . 2. Cemitérios . Título.

É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte.

Apresentação

Este trabalho foi financiado pelo Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento implantado pela Fundação Nacional de Saúde (**Funasa**), por meio do Departamento de Engenharia de Saúde Pública (Densp).

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), envolvendo o Instituto de Ciências Exatas e da Terra (Icet) e a Faculdade de Tecnologia e Engenharia (FTEN), além dos seguintes departamentos: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (Desa), Departamento de Geologia Geral (DGG), Departamento de Física (DF) e o Departamento de Química (DQ).



Participantes

Renato Blat Migliorini (Coordenador)/DGG / ICET - UFMT

Edinaldo de Castro e Silva/DQ / ICET - UFMT

Fernando Ximenes de Tavares Salomão/DGG / ICET - UFMT

Antônio Brandt Vecchiato/DGG / ICET - UFMT

Shozo Shiraiwa/DF / ICET - UFMT

Ivanete Barbosa de Moura/DGG / ICET - UFMT

Zoraidy Marques de Lima/DESA / FTEN - UFMT

Liliana Victorino Alves Corrêa Zeilhofer/DESA / FTEN - UFMT



Agradecimentos

Gostaria de deixar registrado meus agradecimentos à **Funasa** pelo apoio financeiro; ao Prof. Dr. Edinaldo de Castro e Silva pela colaboração nas análises dos metais e elementos menores; ao Prof. Dr. Fernando Ximenes de Tavares Salomão e ao Prof. Dr. Antônio Brandt Vecchiato pela colaboração no estudo pedológico; ao Prof. Dr. Shozo Shiraiwa e à MSc. Ivanete Barbosa de Moura pela colaboração nos estudos geofísicos; às técnicas MSc Zoraidy Marques de Lima e Msc. Liliana Victorino Alves Corrêa Zeilhofer pela colaboração nas análises bacteriológicas e contribuição no texto; à Bolsista de Iniciação Científica Lívia Fernanda Chaves dos Santos pela colaboração nos trabalhos de campo do estudo geofísico; e, finalmente, a colaboração das alunas de graduação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental Laura Helena Nazário Modesto e Lúcia Helena Quadros Vieira de Mattos pela participação no monitoramento das águas subterrâneas e nas análises físico-químicas e bacteriológicas.



Lista de ilustrações

Figura 1	– Poço de Monitoramento.....	33
Figura 2	– Mapa de Localização da Área de Estudo	39
Figura 3	– Potássio no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	48
Figura 4	– Potássio no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	48
Figura 5	– Sódio no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	49
Figura 6	– Sódio no Cemitério Municipal São Gonçalo	49
Figura 7	– Manganês no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	50
Figura 8	– Manganês no Cemitério Municipal São Gonçalo	50
Figura 9	– Ferro no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	50
Figura 10	– Ferro no Cemitério Municipal São Gonçalo	51
Figura 11	– Zinco no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	51
Figura 12	– Zinco no Cemitério Municipal São Gonçalo	52
Figura 13	– Cromo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	52
Figura 14	– Cromo no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	53
Figura 15	– Chumbo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	53
Figura 16	– Chumbo no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	54
Figura 17	– Cádmiu no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	54
Figura 18	– Cádmiu no Cemitério Municipal São Gonçalo	55
Figura 19	– Nitrato no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	55
Figura 20	– Nitrato no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	56
Figura 21	– Nitrito no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	56
Figura 22	– Nitrito no Cemitério Municipal São Gonçalo	57
Figura 23	– Amônia no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	57
Figura 24	– Amônia no Cemitério Municipal São Gonçalo	58
Figura 25	– Sulfato no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	58
Figura 26	– Sulfato no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	59
Figura 27	– Silica no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	59
Figura 28	– Sílica no Cemitério Municipal São Gonçalo	60
Figura 29	– Fosfato no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	60
Figura 30	– Fosfato no Cemitério Municipal São Gonçalo	61
Figura 31	– Fluoreto no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	61
Figura 32	– Fluoreto no Cemitério Municipal São Gonçalo	61
Figura 33	– pH no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	62
Figura 34	– pH no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	62
Figura 35	– Condutividade Elétrica no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	64
Figura 36	– Condutividade Elétrica no Cemitério Municipal São Gonçalo	64

Figura 37	–	Alcalinidade no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	65
Figura 38	–	Alcalinidade no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	65
Figura 39	–	Sólido Totais Dissolvidos no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	66
Figura 40	–	Sólidos Totais Dissolvidos no Cemitério Municipal São Gonçalo	66
Figura 41	–	Temperatura da água no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	67
Figura 42	–	Temperatura do ar no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	67
Figura 43	–	Temperatura da água no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	68
Figura 44	–	Temperatura do ar no Cemitério Municipal São Gonçalo	68
Figura 45	–	Coliformes Totais no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	69
Figura 46	–	Coliformes Totais no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	70
Figura 47	–	Coliformes Totais no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	70
Figura 48	–	Coliformes Totais no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	71
Figura 49	–	Coliformes Termotolerantes no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	71
Figura 50	–	Coliformes Termotolerantes no Cemitério Municipal São Gonçalo..	72
Figura 51	–	Escherichia coli no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	72
Figura 52	–	Escherichia coli no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	73
Figura 53	–	Salmonella no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	73
Figura 54	–	Salmonella no Cemitério Municipal São Gonçalo	74
Figura 55	–	Bactérias Heterotróficas no Cemitério São Gonçalo e Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	75
Figura 56	–	Perfil 1 de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	111
Figura 57	–	Perfil 2 de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	111
Figura 58	–	Perfil 3 de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	111
Figura 59	–	Perfil 4 de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	112
Figura 60	–	Perfil 5 de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	112
Figura 61	–	Curvas de campo e curvas modeladas de Sondagem Elétrica Vertical (SEV) no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	112
Figura 62	–	Mapa de Isocondutividade para camada com 7,5 metros no Cemitério Municipal São Gonçalo	113
Figura 63	–	Mapa de Isocondutividade para camada com 15 metros no Cemitério Municipal São Gonçalo	113
Figura 64	–	Figura de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Municipal São Gonçalo	114
Figura 65	–	Figura de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Municipal São Gonçalo	114
Figura 66	–	Figura de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Municipal São Gonçalo	115

Figura 67	–	Figura de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Municipal São Gonçalo	115
Figura 68	–	Figura de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Municipal São Gonçalo	115
Figura 69	–	Mapa de Localização do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá ...	116
Figura 70	–	Mapa de Localização do Cemitério Municipal São Gonçalo	116
Foto 1	–	Trincheira 1 no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	106
Foto 2	–	Trincheira 1 no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	106
Foto 3	–	Trincheira 1 no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	107
Foto 4	–	Trincheira 1 no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	107
Foto 5	–	Trincheira 1 no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	108
Foto 6	–	Trincheira 2 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	108
Foto 7	–	Trincheira 2 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	109
Foto 8	–	Trincheira 2 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	109
Foto 9	–	Trincheira 3 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	110
Foto 10	–	Trincheira 3 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	110



Lista de tabelas

Tabela 1	–	Patógenos humanos comuns em águas.....	29
Tabela 2	–	Métodos analíticos e equipamentos utilizados para análise da qualidade da água	38
Tabela 3	–	Trincheira 1 no Cemitério Municipal São Gonçalo	43
Tabela 4	–	Trincheira 2 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	44
Tabela 5	–	Trincheira 3 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	45
Tabela 6	–	Metais do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	82
Tabela 7	–	Metais do Cemitério Municipal São Gonçalo	83
Tabela 8	–	Substâncias do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	84
Tabela 9	–	Substâncias do Cemitério Municipal São Gonçalo	85
Tabela 10	–	Análises do pH no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	86
Tabela 11	–	Análises do pH no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	87
Tabela 12	–	Análises da Condutividade Elétrica no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	88
Tabela 13	–	Análises da Condutividade Elétrica no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	89
Tabela 14	–	Análises da Alcalinidade no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.	90
Tabela 15	–	Análises da Alcalinidade no Cemitério Municipal São Gonçalo	91
Tabela 16	–	Análises de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	92
Tabela 17	–	Análises de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	93
Tabela 18	–	Valores da temperatura do ar em (0C) no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	94
Tabela 19	–	Valores da temperatura da água subterrânea em (0C) no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	95
Tabela 20	–	Valores da temperatura do ar em (0C) no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	96
Tabela 21	–	Valores da temperatura da água subterrânea em (0C) no Cemitério Municipal São Gonçalo	97
Tabela 22	–	Coliformes totais no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	98
Tabela 23	–	Coliformes totais no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	98
Tabela 24	–	Coliformes termotolerantes no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	99
Tabela 25	–	<i>Escherichia coli</i> no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	99
Tabela 26	–	<i>Salmonella sp</i> no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	100
Tabela 27	–	Coliformes totais no Cemitério Municipal São Gonçalo	100

Tabela 28 – Coliformes totais no Cemitério Municipal São Gonçalo	101
Tabela 29 – Coliformes termotolerantes no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	101
Tabela 30 – <i>Escherichia coli</i> no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	102
Tabela 31 – <i>Salmonella</i> sp no Cemitério Municipal São Gonçalo.....	102
Tabela 32 – Bactérias heterotróficas no Cemitério Municipal São Gonçalo e no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	103
Tabela 33 – Nível d'água em metros no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.....	104
Tabela 34 – Nível d'água em metros no Cemitério Municipal São Gonçalo	105

Sumário

1. Introdução.....	21
2. Objetivos	22
2.1. Objetivo geral	22
2.2. Objetivos específicos	22
3. Revisão de literatura.....	22
3.1. Riscos à saúde decorrentes do uso de águas subterrâneas contaminada	24
3.2. Transmissão de organismos patogênicos.....	24
3.3. Princípio de transporte e dispersão no solo	25
3.4. Fatores que afetam a sobrevivência de organismos patogênicos.....	25
3.5. Impacto dos cemitérios	26
3.6. O necrochorume e os microorganismos	27
3.7. Sobrevivência de microorganismos	27
3.8. Transporte de microorganismos	28
3.9. Bactérias heterotróficas - contagem geral pela técnica de <i>Pour Plate</i>	29
4. Metodologia	31
4.1. Escolha dos cemitérios	31
4.2. Estações de amostragem.....	32
4.3. Construção dos poços de monitoramento.....	33
4.4. Estudo geofísico	34
4.5. Estudos: geológico, geotécnico e hidrogeológico	34
4.6. Análises físicas, químicas, físico-químicas e bacteriológicas.....	35
4.7. Análises físico-químicas	36
4.8. Análises bacteriológicas	36
4.9. Análises dos metais	37
5. Resultados alcançados frente aos objetivos propostos e discussão.....	38
5.1. Localização e vias de acesso	38
5.2. Caracterização físico-climática, vegetação e disponibilidade hídricas.....	39

5.3. Geologia	41
5.4. Hidrogeologia	41
5.5. Estudo geofísico	42
5.6. Ensaio de permeabilidade	42
5.7. Descrição das trincheiras	43
5.8. Análises físicas, químicas e físico-químicas	46
5.9. Análises bacteriológicas	68
5.10. Monitoramento do nível d'água	76
5.11. Risco para a saúde pública e legislação	76
6. Conclusões.....	77
7. Recomendações para utilização dos resultados pela Funasa e indicativos de custo.....	77
8. Referências bibliográficas.....	79

Resumo

Esta pesquisa descreve os resultados das análises físico-químicas, químicas e bacteriológicas realizadas nas águas subterrâneas do Cemitério Municipal São Gonçalo e do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá; situados na região metropolitana de Cuiabá.

Este trabalho tem por objetivo estudar os impactos gerados pela localização de cemitérios em meio urbano, particularmente no que diz respeito às águas subterrâneas.

O objetivo específico deste estudo foi investigar parâmetros indicativos de contaminação das águas subterrâneas em áreas de cemitérios. Para isso foram obtidas amostras de poços de monitoramento construídos na área dos cemitérios.

Os resultados das análises bacteriológicas, físico-químicas e químicas permitiram as seguintes conclusões:

1. Não foi comprovada a contaminação das águas subterrâneas dos dois cemitérios por produtos nitrogenados (nitrato, nitrito e amônia) e por metais.
2. A presença dos cemitérios contribuiu para aumentar a condutividade elétrica das águas subterrâneas dos dois cemitérios, que têm sua origem mais provável no necrochorume, que aumentou o teor de sais dissolvidos nas águas subterrâneas.
3. De uma maneira geral, os cemitérios contribuíram para aumentar a concentração de sólidos totais dissolvidos nas águas subterrâneas, sugerindo que o necrochorume aumentou a concentração de minerais nas águas subterrâneas.
4. Foi detectado presença de salmonela nas águas subterrâneas dos dois cemitérios.

São enfatizados no trabalho os riscos de saúde pública representados pela contaminação das águas subterrâneas de áreas de cemitérios. São feitas recomendações sobre os critérios de ordem geológica e hidrogeológica que devem ser levados em conta quando da implantação de cemitérios. São ainda apresentados aspectos da legislação existente sobre o assunto.

Palavras-chave: cemitério, contaminação, água subterrânea.



Abstract

This research describes the results of physicochemical, chemical and bacterium analyses of Parque Bom Jesus de Cuiabá Cemeteries's groundwaters, in São Gonçalo district, situated in the urban area of Cuiabá. The aim of this work was to investigate, in particular, the environmental impacts to the groundwaters produced by the location of cemeteries in urban areas. The specific aim of the study was to investigate indicative parameters of groundwaters contamination in the area of cemeteries. For that, periodical samples were obtained from wells implanted in the cemeteries areas. The results of the physicochemical, bacterium and chemical analyses allowed to conclude that:

1. The cemeteries' groundwater hasn't had high concentrations of nitrogen compound (nitrate, nitrite and ammonia) and metals.
2. The presence of the cemeteries contributed to elevate the electric conductivity of the two cemeteries' groundwaters, which probably was originated from the process of corpses decomposition (necrochorume) that increases the concentration of salts dissolved in the groundwaters.
3. Mainly, the cemeteries contributed to elevate the total concentrations of ions (total dissolved solids) in the groundwaters, suggesting the necrochorume influence to the increasing of minerals concentration in the groundwaters.
4. It was detected the presence of salmonella in the groundwaters of the two cemeteries.

The data obtained in this study emphasize the danger to human health represented by the contamination of groundwaters in areas of cemeteries. Geological and hydrogeological studies are recommended for cemeteries construction. There are still presented several aspects concerned to the specific legislation on this matter.

Keywords: cemetery, contamination, groundwater.



1. Introdução

Os cemitérios são fontes potenciais de impactos ambientais, principalmente quanto ao risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais por bactérias e vírus que proliferam durante os processos de decomposição dos corpos, além das substâncias químicas liberadas. Esta água contaminada, por sua vez, freqüentemente acaba sendo utilizada pelas populações vizinhas às necrópoles.

A localização de cemitérios no território ocorre, preferencialmente, em áreas afastadas dos centros urbanos. Em cidades maiores, devido a um processo de urbanização intenso e descontrolado, hoje é comum encontrar cemitérios totalmente integrados à malha urbana, até mesmo em áreas mais centrais.

Considerando que na construção da maioria destes cemitérios não foram levados em conta estudos geológicos, hidrogeológicos e de saneamento eles podem constituir um alto potencial de risco de contaminação para as águas subterrâneas.

Segundo Ostrowsky 1989 (apud Migliorini, 1994), em São Paulo, os cemitérios dos Protestantes, da Consolação, do Hospital, na várzea do Tamanduateí, Colégio Delgado, e do Ipiranga, nos Campos Elíseos, construídos respectivamente em 1851, 1858, 1805, 1849 e 1875, não faziam parte, na época, da área urbana do município de São Paulo e, hoje, encontram-se inseridos na malha urbana da cidade.

Em Mato Grosso, os cemitérios, em sua grande maioria, são construídos sem nenhum estudo geológico e hidrogeológico. Segundo a Folha do Estado (2002), a Central Municipal de Serviços Funerários Cristiano Garcia, da Prefeitura Municipal de Cuiabá, descobriu a existência de 26 cemitérios clandestinos em Cuiabá e distritos vizinhos, os quais superam em três vezes o número de cemitérios que operam oficialmente, aumentando os riscos de uma potencial contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

Certamente, a maioria das cidades brasileiras sofre com este problema, mesmo sem a comprovação científica. Em face desta realidade, este trabalho visa contribuir para o conhecimento das reais implicações dos cemitérios na contaminação das águas subterrâneas, realizando um estudo de caso dos aspectos físico-químicos e bacteriológicos das águas subterrâneas de dois cemitérios.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

O trabalho tem o objetivo geral de contribuir para o estudo dos fatores geológicos, hidrogeológicos e de saneamento que devem ser levados em consideração na implementação de cemitérios em clima tropical úmido.

2.2 Objetivos específicos

1. Investigar, por meio de análises físico-químicas, químicas e bacteriológicas, indicadores de contaminação das águas subterrâneas de áreas de cemitérios;
2. Interpretar os resultados obtidos levando em conta a geologia e a hidrogeologia local, como também, os fatores ligados ao próprio cemitério, especialmente a presença de corpos em decomposição e ao tipo de sepultamento;
3. Avaliar e discutir os resultados obtidos em termos do risco para a saúde pública e da legislação existente sobre o assunto.

3. Revisão de literatura

A palavra cemitério vem do grego Koumetérion, de Kcmão, que significa eu durmo (Bayard, 1974).

Segundo Pacheco (1986), há pelo menos 10.000 anos a.C. o sepultamento de cadáveres humanos começa a agrupar esses mortos e, assim, surgem os primeiros cemitérios.

A contaminação das águas subterrâneas por cemitérios ocorre a partir da liberação de fluidos húmidos chamados de necrochorume, substância esta, gerada com a decomposição dos corpos.

O necrochorume é constituído de água, sais minerais, proteínas e 471 substâncias orgânicas, incluindo duas diaminas, que são muito tóxicas, a cadaverina e a putrescina, além de vírus e bactérias.

Outro fator preocupante é o sepultamento de corpos que sofreram moléstia contagiosa, epidemia ou foram tratados com elementos radioativos (Migliorini, 2002).

Entre os riscos de contaminação das águas por cemitérios, estão presentes aqueles causados por compostos nitrogenados. Os compostos nitrogenados são responsáveis por doenças como a metaemoglobinemia (síndrome do bebê azul). Esta doença foi verificada especialmente em crianças, onde a ingestão de nitrato em excesso provoca a transformação da hemoglobina em metaemoglobina, forma sob a qual esta molécula é incapaz de transportar oxigênio (Goodman & Gilman, 1947, apud Migliorini, 1994).

Em publicação relativamente recente Konefes (1991, apud Migliorini, 2002), foi levantada a suspeita de que traços de arsênico, encontrados em águas subterrâneas da costa leste dos Estados Unidos em local próximo a um cemitério da época da guerra civil americana, fossem produtos da lixiviação de túmulos. Nesse período era prática comum uma técnica de embalsamamento dos corpos (proibida apenas a partir de 1910) que utilizava cerca de um quilo e meio de arsênico em cada corpo.

A contaminação microbiológica das águas subterrâneas constitui um sério problema de saúde pública, principalmente nos países em desenvolvimento. Esta contaminação pode ser produzida por bactérias, vírus e protozoários. Entre as bactérias, as do gênero salmonela são as causadoras mais frequentes de doenças transmitidas pela água. De uma maneira geral, a maioria dos microorganismos patogênicos encontrados em águas contaminadas provoca várias doenças, sendo comuns fortes distúrbios gastrointestinais, tais como vômitos, cólicas e diarréias (Migliorini, 1994).

No que se refere ao caso específico de contaminação das águas subterrâneas por cemitérios, embora os estudos a respeito sejam relativamente escassos existem alguns casos históricos. Assim, Mulder (1954, apud Bower, 1978), registra que águas subterrâneas destinadas ao consumo humano estavam contaminadas por cemitérios nas proximidades de Berlim, no período de 1863 a 1867, com a proliferação de febre tifóide. Menciona também a captação de águas subterrâneas malcheirosas e de sabor adocicado nas proximidades de cemitérios de Paris, em especial em épocas quentes. Estudos de Schrops, 1972 (apud Bower, 1978), realizados na Alemanha Ocidental em um cemitério localizado em terrenos de aluvião não consolidados, comprovaram a existência de contaminação bacteriológica.

Segundo Person 1979 (apud Migliorini 2002), higienistas franceses correlacionaram na França a endemia da febre tifóide com a localização das águas de abastecimento em localidades próximas a cemitérios .

A África do Sul também enfrenta problemas decorrentes da contaminação das águas subterrâneas pelos cemitérios (Abas Informa, 2001).

No Brasil, existem trabalhos publicados sobre casos de contaminação de águas subterrâneas por cemitérios em São Paulo, Paraná, Pará, Minas Gerais e Ceará, citados na bibliografia.

As pesquisas brasileiras sobre cemitérios e meio ambiente tiveram início no Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (Cepas), do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

No Cepas/USP, o risco potencial de contaminação de águas subterrâneas por cemitérios tem sido investigado por Pacheco et al., desde a década de 1980. Nestes trabalhos, o autor conclui que os cemitérios são um risco potencial para as águas subterrâneas, podendo tornar-se um risco real se, na implantação destas construções, não forem levados em consideração estudos prévios de geologia e hidrogeologia. Os resultados obtidos por este pesquisador comprovam contaminação bacteriológica das águas subterrâneas dos cemitérios Vila Formosa (São Paulo-SP), Vila Nova Cachoeirinha (São Paulo-SP) e Areia Branca (Santos-SP).

Em 1994, Migliorini publicou um estudo hidroquímico das águas subterrâneas do Cemitério Vila Formosa na cidade de São Paulo, pelo monitoramento de suas características físico-químicas e químicas. Nesse trabalho, o autor conclui que:

1. A presença do cemitério contribuiu para elevar a concentração total de íons (sólidos totais dissolvidos) nas águas subterrâneas da área, sendo a fonte mais provável do cátion que mais se elevou (Ca⁺), a cal utilizada no cemitério.
2. As águas apresentam concentração excessiva de produtos nitrogenados, que têm sua origem mais provável no processo de decomposição dos corpos, com participação da contaminação bacteriológica,
3. O cemitério provocou o aparecimento dos seguintes metais: manganês, cromo, ferro, prata e alumínio, em níveis acima dos valores máximos permissíveis para consumo humano. Esses metais se originaram provavelmente das tintas, vernizes e guarnições desprendidas dos caixões.

As discussões no Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (Cepas) - do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – IG/USP - geraram diversas pesquisas e publicações. Os principais trabalhos encontram-se na bibliografia.

3.1 Riscos à saúde decorrentes do uso de águas subterrâneas contaminadas

As doenças relacionadas ao uso da água de poços contaminados podem ser divididas entre as causadas por agentes biológicos tais como organismos patogênicos e as causadas por substâncias químicas. Todavia, nos países em desenvolvimento, as doenças oriundas de contaminação química são muito menos freqüentes do que as primeiras, que, na verdade, constituem a maior causa de doenças e mortes.

3.2 Transmissão de organismos patogênicos

Lewis et al.,(1986), destacam que os excretas humanos podem conter quatro tipos de organismos patogênicos: ovos de helmintos, protozoários, bactérias e vírus. Estes organismos geralmente são excretados em grande número, dependendo da idade e estado de saúde do

indivíduo. A matéria fecal contém, em média, 109 bactérias por grama, não necessariamente patogênicas, e, no caso de indivíduos infectados, 106 vírus por grama (National Academy of Sciences, 1977, apud Lewis et al., 1986).

Bactérias e vírus podem ser transportados pela percolação do efluente para a água subterrânea e, se ingeridos, estes organismos podem causar infecções. O contágio ou não do indivíduo dependerá da concentração e persistência do organismo patogênico nas águas subterrâneas e da dose infecciosa necessária para iniciar as doenças, (Feachem et al., apud Lewis et al. 1986).

Em geral, os vírus excretados apresentam baixas doses infecciosas, menos de 100 organismos, enquanto a dose infecciosa média para a bactéria é de 10.000 ou mais organismos, mas, as bactérias, ao contrário dos vírus, são capazes de se multiplicar fora de seus hospedeiros.

3.3 Princípio de transporte e dispersão no solo

O fato de que o perfil natural do solo pode servir como sistema eficaz para a disposição e purificação para os processos de decomposição de matéria orgânica e que o processo de purificação normalmente inclui a remoção de microorganismos e a redução de vários compostos químicos é fato corrente na literatura. Todavia, nem todos os perfis de solo são igualmente eficazes para tal processo.

O projeto, a construção, a operação e manutenção impróprias das sepulturas do cemitério podem provocar problemas ao ambiente, em decorrência da infiltração do necrochorume do solo à água do subsolo.

A preocupação com a poluição das águas subterrâneas se refere, fundamentalmente, aos aquíferos não confinados, e em menor grau, aos aquíferos confinados.

O principal motivo de preocupação consiste nos elementos patogênicos excretados. O tamanho relativamente grande dos helmintos e protozoários (maior que 25 μ), resulta numa remoção altamente eficiente através da filtração física no solo, sendo pouco provável que estes elementos poluam os aquíferos. As bactérias e vírus são muito menores e podem ser transportados através da percolação dos efluentes, desde os sistemas sanitários locais até os aquíferos, (Lewis et al. 1986).

3.4 Fatores que afetam a sobrevivência de organismos patogênicos

Os períodos de sobrevivência de bactérias termotolerantes relatados em estudos realizados variam amplamente, e os dados são freqüentemente complicados pela possibilidade de reprodução das mesmas bactérias. Os fatores dominantes no controle da sobrevivência das bactérias no solo são: umidade e temperatura.

Kligler, 1921, (apud Lewis et al., 1986), investigou a sobrevivência de *Salmonella typhi* e *Shigella dysenteriae* em diferentes tipos de solo à temperatura ambiente e constatou que, na maioria dos tipos de solo, algumas bactérias sobrevivem por 70 dias, embora 90% delas morram em um período de 30 dias. Em solos secos, nenhuma bactéria sobreviveu mais do que 20 dias e, em solos ácidos, independentemente da umidade, este tempo foi reduzido a dez dias. Baixas temperaturas ($> 4^{\circ}\text{C}$) favorecem a sobrevivência da maioria dos microorganismos, não constituindo-se as bactérias entéricas exceção a isso.

Kibbey et al., 1978 (apud Lewis et al., 1986), investigaram a sobrevivência de *Streptococcus* fecais em cinco tipos de solo no Oregon, EUA, constatando que o período de sobrevivência destas bactérias variava entre os diferentes solos, mas, em geral, mais longos quando mantidos sobre condições de baixa temperatura e umidade relativamente elevada. Os mais longos períodos de sobrevivência foram obtidos sob condições de saturação, o que se atribuiu à falta de atividade antagonica por parte da microflora do solo.

Quanto à sobrevivência dos microorganismos em águas do subsolo, são relativamente limitadas as informações. Lewis et al., 1986, relata que as bactérias entéricas sobrevivem em águas subterrâneas por períodos de tempo consideráveis (100 dias ou mais), dependendo da temperatura. Em países mais quentes, a temperatura de águas subterrâneas rasas é relativamente elevada; por exemplo, 25°C é uma temperatura comum em aquíferos de pouca profundidade (menos de 12m). Em Gâmbia, de modo geral, a temperatura das águas provenientes de suas fontes, se situa entre 28°C e 30°C Barrel e Rowland 1979, apud Lewis et al., 1986). Assim, a sobrevivência de microorganismos entéricos deve ser menor nas águas subterrâneas de países tropicais dos que em países temperados. Todavia, a possibilidade de reprodução deve ser levada em consideração, na medida em que diversos tipos de bactérias podem se desenvolver em águas que contenham sais minerais e uma fonte de energia.

Os microorganismos não podem se desenvolver na ausência de água, sofrendo igualmente a influência da presença do ar atmosférico. Deste modo, em todo os casos, suas atividades dependem preponderantemente da espessura do filme d'água. Elevados teores de água no solo estimulam os processos anaeróbios, indicando que os processos oxidativos que degradam a matéria orgânica se desenvolvem melhor nos solos relativamente seco.

O teor de água do solo afeta a temperatura deste, uma vez que a água possui um calor específico mais alto que a maioria das substância sólidas. Os solos frios tendem a se enriquecer em matéria orgânica, por ser mais lento o processo de decomposição.

3.5 Impacto dos cemitérios

Os cemitérios podem ser fonte geradora de impactos ambientais. A localização e operação inadequadas de sepultamentos em meios urbanos podem provocar a contaminação de mananciais hídricos por microorganismos que se proliferam do processo de decomposição dos corpos. Se o aquífero for contaminado na área interna do cemitério, esta contaminação poderá fluir para regiões próximas, aumentando o risco para a saúde das pessoas que venham a utilizar da água captada dos poços rasos e poços tubulares.

Depois de morto, o corpo humano se transforma. Passa a ser um ecossistema de populações formado por artrópodes, bactérias e outros microorganismos patogênicos, degradadores de matéria orgânica e outros, podendo pôr em risco o meio ambiente e a saúde pública (Matos, 2001).

3.6 O necrochorume e os microorganismos

Após a morte, o corpo humano sofre putrefação, que é a destruição dos tecidos do corpo por ação das bactérias e enzimas, resultando na dissolução gradual dos tecidos em gases, líquidos e sais. Os gases produzidos são H₂S, CH₄, CO₂, NH₃ e H₂. O odor é causado por alguns destes gases e por pequena quantidade de *mercaptan* (Pounder, 1995) substância que contém sulfeto de hidrogênio ligado a carbono saturado.

Segundo Pounder (1995), dependendo das condições ambientais, a putrefação pode ser observada 24 horas após a morte, com a formação dos gases em dois ou três dias. A decomposição do corpo pode durar de alguns meses até vários anos, dependendo da ação ambiental.

Segundo Matos (2001), a composição do necrochorume em relação à carga microbiológica não é muito conhecida. Devido a sua composição química, é provável a ocorrência de que números elevados de bactérias degradadoras de matéria orgânica (bactérias heterotróficas), de proteínas (bactérias proteolíticas) e lipídeos (bactérias lipolíticas). De acordo com Bolivar, op. cit., no necrochorume são encontradas bactérias que são normalmente excretadas por humanos e animais de sangue quente, como *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella Citrobacter* (bactérias que formam o grupo coliforme total), *Streptococcus faecalis*; alguns clostrídios como *Clostridium perfringens* e *Clostridium welchii*, entre outros. Ainda segundo o autor, é possível que estejam presentes bactérias patogênicas, como *Salmonella typhi*, e vírus humanos, como enterovírus.

3.7 Sobrevivência de microorganismos

A sobrevivência e o transporte dos microorganismos em subsuperfície dependem de três fatores básicos: clima, tipo de solo e natureza dos microorganismos. Os parâmetros que influem são muitos: temperatura, precipitação, teor de umidade do solo, atividade microbiana, pH, quantidade de matéria orgânica presente, textura do solo, e outros (Gerba & Bitton, 1984, apud Matos, 2001).

Alguns autores Gerba et al., 1975; Gerba & Bitton, op.cit.; Yates, 1998 (apud Matos, 2001), resumem os estudos sobre a influência dos fatores citados na sobrevivência e transporte dos microorganismos. Segundo estes autores, as bactérias em geral, sobrevivem por mais tempo em temperaturas mais baixas, em solos mais úmidos, com menor atividade microbiana, em ambiente mais alcalino e com maior quantidade de matéria orgânica. Os

vírus também são mais persistentes em temperaturas mais baixas; alguns sofrem inativação na presença de atividade microbiana, mas outros são protegidos pela adsorção, podendo sobreviver por mais tempo. A presença de matéria orgânica e de cátions também pode prolongar a sobrevivência por adsorção, em alguns casos. Os vírus são mais persistentes em ambiente mais úmido e em pH próximo a neutro. Portanto, solos com alto teor de umidade e levemente alcalinos são os mais favoráveis para a sobrevivência dos microorganismos.

O tempo de sobrevivência de bactérias e vírus varia muito; em geral, é de dois a três meses, apesar de terem sido observados períodos de sobrevivência de até cinco anos em condições ideais (Romero, 1970, apud Matos, 2001).

3.8 Transporte de microorganismos

Os microorganismos, ao serem transportados na superfície, estão sujeitos a diversos processos que podem removê-los das águas subterrâneas. Eles podem ser sorvidos na superfície de minerais do aquíferos ou por moléculas orgânicas presentes no meio, podendo também interagir quimicamente com o meio. Em resposta a estes processos, os microorganismos serão transportados em velocidades menores do que as das águas subterrâneas. Este efeito é chamado retardamento (Mcdowell-Boyer et al., 1986, apud Matos, 2001).

A remoção dos microorganismos é inversamente proporcional ao tamanho dos grãos do solo. A maior remoção acontece no manto superficial que se forma nos primeiros dois a seis milímetros de solo. Com o tempo, alguns microorganismos poderão ficar presos entre os grãos a maiores profundidades, passando a agir como filtros. Esta acumulação de microorganismos na superfície aumenta o poder de filtragem do meio. É claro que esse mecanismo de retenção tem maior importância para organismos maiores como as bactérias. Para os vírus, que são bem menores, o mecanismo de adsorção é mais importante (Mcdowell-Boyer et al., 1986, apud Matos, 2001).

De acordo com Matos (2001), antigamente era comum a utilização de latrinas para a disposição de excrementos humanos. Aquelas eram deliberadamente construídas para atingir o aquífero freático, com o propósito de obter a decomposição do material fecal.

Os autores Caldwell & Parr, 1938 (apud Matos, 2001), examinaram como os contaminantes eram transportados desde as latrinas até os poços de observação instalados em torno delas. As principais conclusões daqueles trabalhos podem ser resumidas da seguinte forma: o contaminante segue a direção preferencial do fluxo das águas subterrâneas e que o mecanismo mais importante de transporte é a advecção, a contaminação química consegue atingir distâncias maiores que a biológica, que sofre filtragem no meio. Os trabalhos mencionados apontaram para o perigo de contaminação devido à proximidade entre o nível freático e a superfície, e distâncias mínimas recomendadas entre fontes de contaminação e de abastecimento. Ou seja, naqueles tempos já eram discutidos os problemas comuns da hidrogeologia moderna, como a vulnerabilidade e proteção de aquíferos (Caldwell & Parr, 1937; Caldwell & Parr, 1938 apud Matos, 2001).

Tabela 1 – Patógenos humanos comuns em águas

Tipo	Características e efeitos
(*) <i>Criptosporidium</i>	Resistente à cloração. Provoca gastroenterite
(*) <i>Entoameba histolytica</i>	Locomove-se e alimenta-se por meio de pseudópodes. Causa amebíase.
(*) <i>Giárdia lamblia</i>	Apresenta simetria bilateral. Causa gastroenterite.
(**) <i>Escherichia coli</i>	Bacilo reto, gram-negativo, anaeróbio facultativo, provoca diarreia, dores abdominais.
(**) <i>Legionella pneumophila</i>	Bacilo, gram-negativo, aeróbio, pode provocar pneumonia e febre.
(**) <i>Leptospira interrogans</i>	Forma de hélice flexível, gram-negativo, aeróbio, causa leptospirose.
(**) <i>Salmonella typhi</i>	Gram-negativo, anaeróbio facultativo, causa febre tifóide.
(**) <i>Shigella dysenteriae, s. Flexneri, S. sonnei</i>	Bacilo reto, anaeróbio facultativo, gram-negativo, causa febre intestinal, gastroenterite, disenteria.
(**) <i>Vibrio cholerae</i>	Bacilo reto, anaeróbio facultativo, gram-negativo, causa cólera.
(***) Adenovírus	Resistente no ambiente. Provoca infecções respiratórias
(***) Agente Norwalk	Icosaedro, ocorre pH entre 3 e 5, causa gastroenterite, vômito, diarreia.
(***) <i>Coxsackie</i> humano A1 a A22, AS4, B1 a B6	Picornaviridae: Icosaedro, algumas são instáveis em pH < 7. Provoca doenças respiratórias, meningite, miocardite.
(***) Echo humano 1 a 27, 11 a 27 29 a 33	Doenças respiratórias associadas: meningite, doenças respiratórias, erupções, diarreia, febre.
(***) Hepatite A	Muito estável, resistente em meio ácido em elevada temperatura. Provoca hepatite e gastroenterite.
(***) Poliovírus humano 1, 2, 3	Doenças associadas: paralisia, meningite, febre.
(***) Reovírus 1, 2, 3	Icosaedro e esférico. +/- estável. Causa: infecções do trato respiratório enterite em crianças e bebês.
(***) Rotavírus grupo B	Icosaedro, estável até o pH 3, relativamente resistente ao calor. Provoca gastroenterite.

(*) Protozoários (**) Bactérias (***) Vírus

Fonte: Modificado de OMS 1979; Keswick 1984; International Committee of Taxonomy of Virus – ICTV 1995; Madigan et al. (1997 apud Matos 2.001)

3.9 Bactérias heterotróficas - contagem geral pela técnica de *pour plate*

O controle da qualidade microbiológica de águas destinadas a consumo humano é de fundamental importância para prevenção da ocorrência de doenças de veiculação hídrica e, para essa avaliação, são usualmente empregadas as bactérias do grupo coliforme cuja detecção na água evidencia o risco da presença de organismos patogênicos.

Além deste aspecto, é fundamental que seja mantida sob controle a comunidade bacteriana, visto que densidades muito elevadas de microorganismos na água podem determinar a deterioração de sua qualidade, com desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis e produção de limo ou películas.

Dada a importância da determinação da densidade de bactérias heterotróficas, seja em águas brutas, para consumo humano, para determinação das condições higiênicas da fonte, seja em águas tratadas, tanto para avaliação de eficiência das diversas etapas de tratamento, como também para avaliações das condições higiênicas ao longo da rede de distribuição, tem havido um interesse crescente em termos de desenvolvimento e avaliação de novos métodos para numeração dessas bactérias.

É importante ressaltar que, independentemente do método utilizado, é impossível obter uma contagem total, pois a água contém diferentes tipos de bactérias cujas necessidades de nutrição e temperatura ótima para crescimento são variáveis, e um único meio de cultura e temperatura de incubação pode não satisfazer as necessidades fisiológicas de todas as bactérias que podem estar presentes na amostra.

O solo constitui um meio ou substrato, no qual vivem numerosos microorganismos responsáveis por uma série de processos metabólicos, considerando que as bactérias heterotróficas compreendem a grande maioria dos habitantes do solo, que usam substâncias orgânicas como fonte de energia e são primariamente relacionadas com a decomposição da celulose e hemiceluloses, gomas e açúcares, proteínas e outros materiais nitrogenados e gorduras.

A precipitação da densidade de bactérias em uma amostra baseia-se no princípio de que, definindo condições de nutrição, temperatura e tempo de incubação, se houver bactérias viáveis na água que possam se desenvolver nas condições estabelecidas, haverá formação de colônias, visualizadas depois de determinado período de incubação (Sato & Sanches, 1990).

Algumas bactérias do grupo coliforme são também encontradas no solo e em vegetais e têm a capacidade de se multiplicar na água com relativa facilidade. Entretanto, constatou-se que entre os coliformes há bactérias que são comprovadamente de origem fecal, não se multiplicam com facilidade no ambiente externo e têm sobrevivência similar à das bactérias patogênicas. Estas bactérias são diferenciadas dos demais coliformes, pois podem se multiplicar e produzir gás a partir da lactose, quando incubadas a temperaturas de 44,5 °C.

Devido à sua origem, essas bactérias foram denominadas de coliformes fecais (coliformes termotolerantes) e passaram a constituir uma variável confiabilidade superior em relação aos coliformes totais.

A determinação de coliformes termotolerantes é aplicada na investigação de poluição de corpos d'água, tratamento de esgotos, mananciais, águas de recreação, contaminação por necrochorume e, usualmente, para monitoramento de qualidade da água, embora não seja recomendada como substituta do teste para coliformes totais em prova de potabilidade, visto que nenhum tipo de bactéria do grupo coliforme é admitido em água tratada, pois, neste caso, está sendo avaliada a eficiência do processo de tratamento na remoção de bactérias entéricas.

Segundo Matos (2001), “a contaminação pode atingir o aquífero através do necrochorume - neologismo que designa o líquido liberado intermitentemente pelos cadáveres em putrefação, que também pode conter microorganismos patogênicos - transportado pelas chuvas infiltradas nas covas ou pelo contato dos corpos com a água subterrânea”.

Esta decomposição humana pode ser agente eficaz de doenças como hepatite, leptospirose, febre tifóide, cólera, entre outras, pela veiculação hídrica ou pelo contato direto das populações com o necrochorume ou com a disposição final do lixo funerário dos cemitérios. Matos op. cit. nas conclusões e recomendações finais de seu trabalho, ressalta que: há riscos para o meio ambiente e para a saúde humana pela proximidade do adensamento populacional a estas áreas.

Concluindo, a vulnerabilidade dos aquíferos é muito grande, considerando-se que é uma área urbana e intensamente ocupada. Os aquíferos que ocorrem no território de Cuiabá não apresentam nenhuma forma de proteção natural contra a poluição, tornando-se, desta maneira, mananciais altamente expostos à poluição por infiltração de substâncias perigosas ou por microorganismos.

Ainda segundo Matos (2001), as amostras de água do aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha em São Paulo/SP, apresentaram, principalmente, bactérias heterotróficas (53 x 10³ UFC/ml), bactérias proteolíticas (31 NMP/100 ml) e clostrídios sulfito-redutores (45 NMP/100 ml). Também foram encontrados enterovírus e adenovírus nas amostras. Conclui, ainda, que as principais fontes de contaminação das águas subterrâneas no cemitério são as sepulturas com menos de um ano, localizadas nas cotas mais baixas, próximas ao nível freático. Nestes locais, é maior a ocorrência de bactérias em geral.

4. Metodologia

4.1 Escolha dos cemitérios

Em primeiro lugar, com a ajuda dos técnicos da prefeitura de Cuiabá, foram escolhidos dois cemitérios na região de Cuiabá para a realização da pesquisa. Os fatores que motivaram a escolha destes cemitérios foram: os dois se localizam próximos um do outro (aproximadamente 750 metros), utilizam o tipo de sepultamento por inumação, foram construídos na mesma formação geológica e se encontram próximos da Universidade Federal de Mato Grosso, onde foram realizadas as análises físico-químicas e bacteriológicas (figuras 69 e 70).

Segundo estes critérios, os cemitérios escolhidos foram: Cemitério Municipal São Gonçalo e o Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.

O Cemitério Municipal São Gonçalo localiza-se a sudeste da cidade de Cuiabá/MT, no bairro São Gonçalo, Rua Projetada s/n. Está em funcionamento desde 1995 e possui uma área de 22.610m². Sepulta aproximadamente 20 adultos e 30 crianças por mês.

O Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá também se localiza a sudeste da cidade de Cuiabá/MT, no bairro Parque Cuiabá, na Rodovia Cuiabá/Santo Antônio Km 3,5. Está em funcionamento desde 1977 e possui uma área de aproximadamente 290.920m². Sepulta aproximadamente 160 pessoas por mês.

4.2. Estações de amostragem

Para a realização das coletas da água do subsolo, foram construídos poços de monitoramento em pontos estratégicos nos dois cemitérios e utilizado um poço tubular profundo já existente no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, que é utilizado pela administração local para consumo humano. A distribuição por cemitério e denominação dada para cada poço de monitoramento são apresentadas abaixo.

No Cemitério Municipal São Gonçalo:

PM 01 – Poço de Controle (*background*)

PM 02 – Poço monitoramento

PM 03 – Poço monitoramento

PM 04 – Poço monitoramento

PM 05 – Poço monitoramento

No Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá:

PM 01 – Poço monitoramento

PM 03 – Poço monitoramento

PM 04 – Poço de controle (*background*)

PM 06 – Poço monitoramento

PM 08 - Poço tubular profundo

Observa-se que o PM 08 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, não é um poço de monitoramento e sim um poço tubular profundo que já existia no cemitério.

Observa-se também que, para servir de controle (*background*), isto é, valor de branco, foi utilizado o poço 01 no Cemitério Municipal São Gonçalo e o poço 04 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá. Para esta finalidade, foram construídos à montante da pluma de contaminação).

4.3 Construção dos poços de monitoramento

Na construção dos poços de monitoramento foram executados furos com trado manual de 75mm de diâmetro. Os poços foram construídos com tubos de PVC com diâmetro de 60mm e com ranhuras de aproximadamente 2mm no último metro (seção filtrante). A seção filtrante foi envolta com tela de material inerte (*nylon*) para diminuir a infiltração de sedimentos. A extremidade inferior do tubo de PVC foi fechada com tampa de PVC rosqueada evitando o uso de cola, que poderia alterar a composição química da água. O espaço anelar entre o tubo de PVC e o furo foi preenchido com areia até 50 cm acima da seção filtrante, a qual vai fazer o papel de pré-filtro. Acima da areia introduziu-se bentonita para impedir a infiltração de águas superficiais. Acima da bentonita foi introduzido o próprio material retirado do furo. Por fim, foram feitos selos sanitários de concreto na superfície em volta da boca do poço (figura 1).

A profundidade dos poços de monitoramento depende da profundidade do nível da água. Quanto mais profundo o segundo, mais profundo terá de ser o primeiro.

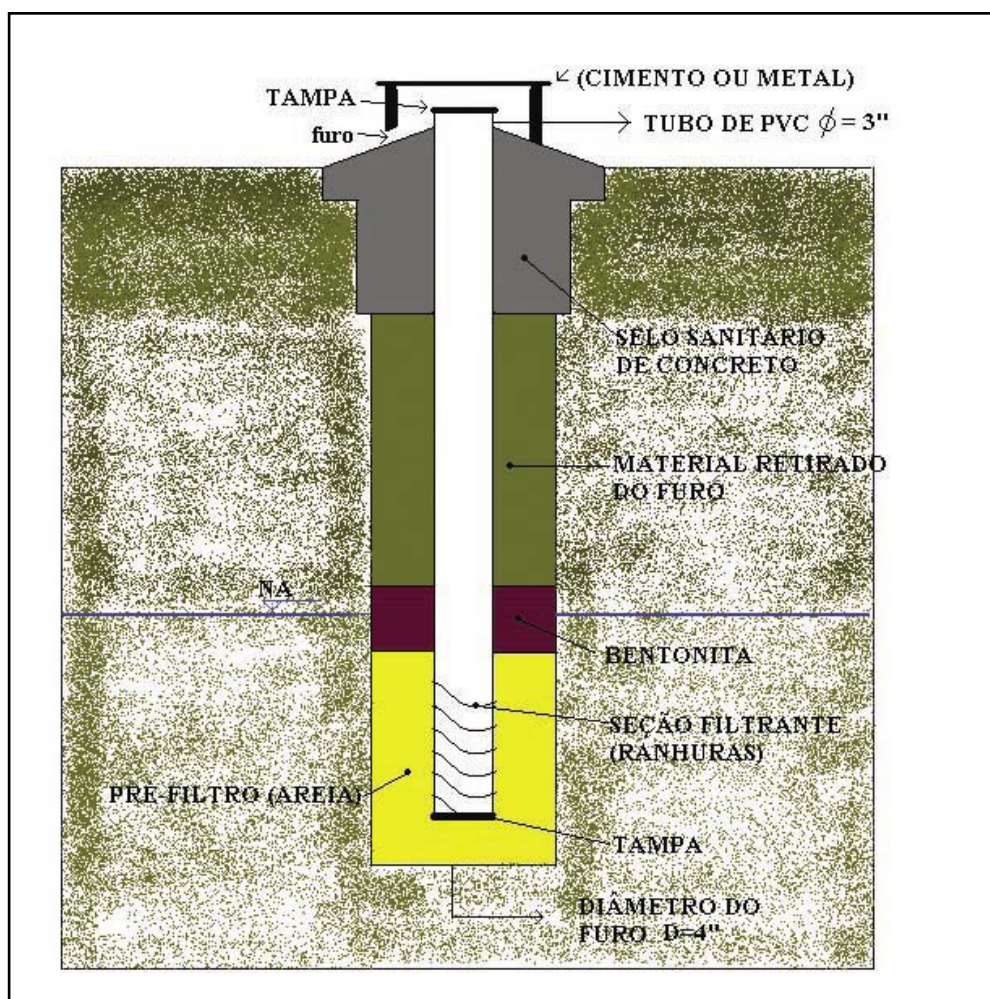


Figura 1 – Poço de Monitoramento (fonte: Migliorini, 2002)

O poço foi desenvolvido por bombeamento. O bombeamento foi realizado com o mesmo coletor de água usado nas amostragens, o qual é constituído de aço inoxidável e com uma válvula de retenção.

4.4 Estudo geofísico

O objetivo do estudo geofísico foi estimar a profundidade do nível da água subterrânea, a espessura do pacote sedimentar e, principalmente, delimitar a pluma de contaminação para uma perfeita locação dos poços de monitoramento.

Para estimar a profundidade do nível da água e a espessura do pacote sedimentar foi utilizado o método da eletrorresistividade (sondagem elétrica). Para delimitar a pluma de contaminação, foi utilizado o método eletromagnético indutivo (caminhamentos elétricos).

Para medir a resistividade utilizou-se o resistímetro Syscal R2, oito eletrodos de aço, dois carretéis especiais cada um com 150 metros de fio flexível condutor, dois condutores cada um com 10m, dois trenas de 50 metros de comprimento, três marretas de 2Kg cada, papel *bi-log*, planilha de campo e calculadora.

No método eletromagnético foram utilizados os seguintes equipamentos: conjunto bobina console receptor/transmissor EM34 (*Geonict limited*) e planilha de campo.

4.5 Estudos: geológico, geotécnico e hidrogeológico

Os estudos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos foram realizados a partir de consultas bibliográficas, além de trabalhos e ensaios no campo.

A caracterização geológica local foi identificada a partir do mapa geológico na escala 1:25.000 (Migliorini, 1999).

A caracterização hidrogeológica local constou da identificação e descrição dos principais sistemas aquíferos, baseados nas informações geológicas disponíveis no mapeamento geológico de Migliorini (1999).

Para os ensaios de permeabilidade em solos foi utilizado o programa para cálculo de permeabilidade em sondagens, poços e cavas, da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, elaborado por Tetuo Nitta em 5/6/1990 (Rev. 30/9/1990). Este programa procura facilitar o cálculo de permeabilidade com os dados de ensaios de infiltração e bombeamentos realizados em furos de sondagens, poços e cavas. O método utilizado foi o de furo de sondagem acima do nível da água. Os materiais utilizados foram: trado manual, medidor de nível da água, galão com água, cronômetro e trena.

Para estudar as características do solo e entender sua relação com as águas subterrâneas, foram abertas trincheiras nas áreas dos cemitérios. Usaram-se a descrição morfológica e as características físicas dos diferentes horizontes dos solos existentes. Este processo serviu para identificação dos tipos de solos e fornecer subsídios para o entendimento do funcionamento físico hídrico das águas pluviométricas na área. Para descrição dos perfis do solo utilizou-se o Manual de Métodos de Trabalho de Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e a descrição pedológica realizada foi baseada em Oliveira et al. (1992).

4.6 Análises físicas, químicas, físico-químicas e bacteriológicas

As águas subterrâneas foram coletadas quinzenalmente, uma semana para cada cemitério. Nas sextas-feiras eram medidos o nível da água e os poços de monitoramento eram esgotados, para que a amostra de água fosse representativa.

As coletas foram realizadas nas segundas feiras. O período de amostragem abrangeu uma estação sazonal seca (2002) e duas chuvosas (2002 e 2003).

O monitoramento consistiu na amostragem periódica das águas subterrâneas dos poços de monitoramento, realizadas entre 4 de fevereiro de 2002 e 18 de fevereiro de 2003. Nesta etapa foram coletadas amostras de águas subterrâneas para as análises físico-químicas e bacteriológicas.

Durante as coletas foram tomados cuidados com a preservação, armazenamento e transporte das amostras de água, a fim de não provocar alterações na qualidade físico-química e bacteriológica das mesmas amostras. Com o intuito de preservar as amostras de ação biológica, hidrólise, volatilização e adsorção, as amostras foram preservadas com refrigeração e proteção contra luz, de acordo com as recomendações para coleta e preservação de amostras Apha (1998).

Cuidou-se também de não transferir a contaminação de um poço de monitoramento para outro. Desta maneira, havia um coletor para cada ponto amostral no campo. Após cada trabalho de campo, no laboratório, o coletor de água era flambado e desinfetado com álcool iodado e água destilada.

Além do uso de luvas, evitou-se também que o equipamento entrasse em contato com o solo.

Foram coletadas amostras em frascos descartáveis de polietileno de um litro, e todas as amostras coletadas foram preservadas sob refrigeração em caixa de isopor com gelo.

Os frascos antes de serem acondicionados com as amostras, foram lavados com ácido clorídrico (0,1N), água destilada, e com a própria água coletada.

Para cada ponto amostral foram analisadas as seguintes variáveis: temperatura do ar e da água, pH, condutividade elétrica, alcalinidade, fósforo, sólidos totais dissolvidos (STD), nitrato, nitrito, amônia, sulfato, silício, potássio, sódio, manganês, ferro, zinco,

chromo, chumbo, cádmio, coliformes termotolerantes, coliformes totais, *Salmonella sp* e *Escherichia coli*.

Com relação aos valores máximos permissíveis para o consumo humano (VMP), foi utilizada como referência a Portaria nº 1.469/2000 do Ministério da Saúde, que define padrões de potabilidade da água para consumo humano.

4.7 Análises físico-químicas

O pH foi medido no campo, sendo utilizado o método eletrométrico com limite de detecção de 0,1 e o equipamento foi um pHmetro, Digimed-Dm20.

As temperaturas do ar e da água foram medidas no campo com termômetro de contato, com limite de detecção 0,5. O equipamento utilizado foi termômetro com coluna de Hg, certificado, escala de 0 a 1.000°C, com variação de 0,10°C.

Para alcalinidade utilizou-se o método potenciométrico (titulação com H₂SO₄ a uma concentração de 0,02N), com limite de detecção de 0,1. Os equipamentos foram, pHmetro/Digimed/DM20 e Bureta automática / Metrohm Herisau / E/185/50ml.

A condutividade elétrica foi determinada no campo pelo método do eletrodo de platina e o equipamento utilizado foi HI 8733 Conductivity meter, Hanna instruments.

A determinação do fósforo se deu pelo método do ácido ascórbico, com limite de detecção de 0,010. O equipamento utilizado foi um Espectrofotômetro / Micronal-B-380, com capacidade para quatro cubetas. Foram realizadas no Laboratório de Físico-Química do Departamento de Engenharia Sanitária da UFMT

Os sólidos totais dissolvidos (STD) foram determinados pelo método do condutivímetro. O equipamento utilizado foi *Konduktometer, Schott*. As análises foram realizadas no Laboratório de Físico-Química do Departamento de Engenharia Sanitária da UFMT.

4.8 Análises bacteriológicas

As análises bacteriológicas foram realizadas em três etapas. Na primeira etapa do trabalho, para a determinação dos coliformes totais e coliformes termotolerantes foi utilizada a técnica de tubos múltiplos (NMP/100ml) segundo Apha (1998).

Para a determinação de Coliformes Totais foram utilizados dois métodos: fermentação em tubos múltiplos e membrana filtrante. No primeiro método utilizou-se Estufa de Cultura/Fanem/0,02CB/350C e banho-maria/Fanem. No segundo método utilizou-se Estufa de cultura/FanemM/0,02 CB/350C± 0,5 e Incubadora Millipore a 44,5°C ±0,2. As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Sanitária e Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária da UFMT.

Para a determinação de coliformes termotolerantes foi utilizado o método de fermentação em tubos múltiplos. Os equipamentos utilizados foram: estufa de cultura/Fanem/0,02 CB/350C $\pm 0,5$ e banho-maria/FanemM 44°C $\pm 0,2$. As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Sanitária e Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária da UFMT.

Na segunda etapa do trabalho, visando atender à necessidade da determinação de *Escherichia coli* e *Salmonella sp* foi utilizada a técnica de membrana filtrante e substrato definido com os meios, endo ágar (coliformes totais) EC com mug (*Escherichia coli*) Chromocult (Coliform ágar, *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* e outras enterobactérias) segundo Apha (1998).

Para a determinação de *Salmonella sp.* foi utilizado o método de membrana filtrante. Os equipamentos utilizados foram: Estufa de cultura/Fanem/0,02CB/350C e Incubadora Millipore a 44,5°C $\pm 0,2$. As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Sanitária e Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária da UFMT.

Para *Escherichia coli* foi utilizado o método de membrana filtrante. Os equipamentos utilizados foram: Estufa de cultura/FANEM/0,02CB/350C $\pm 0,5$ e Incubadora Millipore a 44,5°C $\pm 0,2$. As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia Sanitária e Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária da UFMT.

Na terceira etapa, a metodologia utilizada para averiguar a densidade de bactérias heterotróficas aeróbias e anaeróbias facultativas na água, foi a técnica de Pour Plate, que é instrumento auxiliar no controle bacteriológico para: estimar a biomassa de bactérias heterotróficas presentes em corpos d'água e determinar as possíveis causas de deterioração da qualidade da água.

Foram determinadas contagens destas bactérias nos diferentes pontos de monitoramento das estações amostrais, nos dois cemitérios.

4.9 Análise dos metais

A análise dos metais (K, Na, Mn, Fe, Zn, Cr, Pb e Cd) foram realizadas no Laboratório de Análise de Metais Pesados do Departamento de Química da UFMT. O método analítico utilizado foi o de absorção atômica e o equipamento foi um Espectro A.A 220, absorção atômica.

A análise dos elementos menores (NO₃, NO₂, NH₃, SO₄ SiO₂, PO₄, e F-1) foram realizados no Laboratório de Análise de Metais Pesados do Departamento de Química da UFMT. O método analítico utilizado foi o Colorimétrico e o equipamento foi um espectro fotômetro.

A tabela 2 sintetiza as variáveis analisadas e os respectivos métodos e equipamentos utilizados para suas determinações.

Tabela 2 – Métodos analíticos e equipamentos utilizados para análise da qualidade da água

Variável	Método	Equipamentos
pH	Eletrômetro	PHmetro, Digimed-Dm20
Temperatura Ar, Água (°C)	Termômetro de contato	Termômetro c/ coluna Hg., certificado, escala de 0 a 100° C7 c/ variação 0,1°C
Alcalinidade (mg/l CaCO ₃)	Potenciométrico com titulação c/ H ₂ SO ₄ 0,02N	1 – Phmetro/Digime/Dm20 2 – Bureta automática/ Metrohm Herisau/ E-1.85-10ml
Condutividade (µS/cm)	Laboratório empregando eletrodo de platina	Konduktometer Schott
Fósforo total (mg P/l)	Ácido ascórbico	Espectro Fotômetro/ Micronal B-375/ Comprimento de onda 880nm
Nitrogênio amoniacal (mg/l)	Destilação	Digestor Buchi – Modelo B435
Sólidos totais dissolvidos	Laboratório empregando eletrodo de platina	Konduktometer Schott
Metais	Absorção atômica	Espectro A.A 220
Elementos menores	Colorimétrico	Espectro Fotômetro
Coliformes totais (NMP/100ml)	Técnica de tubos múltiplos	Autoclave Estufa de Cultura, 35±0,5 °C
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	Técnica de tubos múltiplos	1 – Autoclave 2 – Banho-maria, 44,5±0,2 °C
<i>Salmonella</i>	Técnica de membrana filtrante	1 – Sistema de Filtração Millipore 2 – Estufa de Cultura, 35±0,5 °C
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)	Técnica de membrana filtrante	1 – Sistema de Filtração Millipore 2 – Estufa Millipore, 44,5 °C
Coliformes totais (NMP/100ml)	Técnica de membrana filtrante	1 – Sistema de Filtração Millipore 2 – Estufa de Cultura, 35±0,5 °C
Contagem geral bactérias heterotróficas(UFC/mL)	<i>Pour Plate</i>	Estufa de Cultura, 35±0,5 °C Contador de Colônias

5. Resultados alcançados perante os objetivos propostos e discussão

5.1 Localização e vias de acesso

As principais rodovias que dão acesso à região de Cuiabá e Várzea Grande são: BR 163, BR 070, MT 040 e MT 060. A localização das áreas de estudo e as vias de acesso estão apresentadas na figura 2.

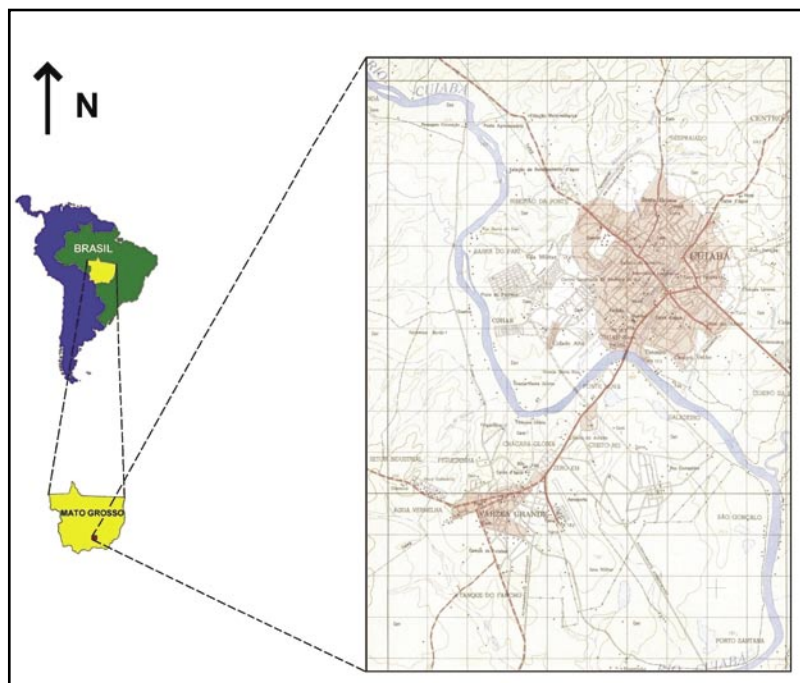


Figura 2 – Mapa de Localização da Área de Estudo (Fonte: Migliorini, 1999)

5.2 Caracterização físico-climática, vegetação e disponibilidade hídricas

Fisiografia

Cuiabá e Várzea Grande situam-se na região Centro-Oeste, tendo sido designada pelo Projeto Radambrasil (1982) como Depressão Cuiabana. Compreende uma área rebaixada entre o Planalto dos Guimarães e a Província Serrana. Limita-se ao sul com o Pantanal Matogrossense, a oeste, noroeste e norte com a Província Serrana. Na seção leste seu limite encontra-se no Planalto dos Guimarães.

Do ponto de vista geomorfológico, a região possui a topografia rebaixada em torno de 150 a 200m de altitude, sendo caracterizada por relevo de planície, desenvolvido sobre rochas pré-cambrianas fortemente deformadas.

Clima

O clima da região de Cuiabá e Várzea Grande está na categoria Aw da classificação de Köppen, tropical semi-úmido (Galvão, 1.960).

Caracteriza-se por apresentar duas estações bem definidas: a seca que vai de abril a outubro, e a chuvosa que vai de novembro a março. A pluviometria média anual da região oscila em torno de 1.350mm, com sazonalidade marcada por dois períodos bem distintos: no verão verificam-se os maiores índices pluviométricos, que oscila entre 1.000 e 1.500mm

e na estação seca a precipitação chega a ser quase nula. (Boletins Agroclimatológicos do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, 1996-1997).

A evapotranspiração média real oscila em torno de 82 mm com valores de evapotranspirações mínimas entre 0 mm e 4 mm nos meses de julho a setembro e máximas em torno de 150 mm, nos meses de novembro a março (Boletins Agroclimatológicos do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, 1996-1997).

A temperatura média anual é de 26°C, com temperaturas mínimas próximas a 15°C em julho e máximas superiores a 32°C, em outubro.

A umidade relativa do ar varia muito, com a média anual em torno de 74%.

Vegetação

A divisão de vegetação do Projeto Radambrasil (1982) considera a vegetação da área como pertencente à região fitoecológica da savana, correspondente ao que é regionalmente chamado de cerrado.

Disponibilidades hídricas

A drenagem sofre um forte contorno estrutural. A área é recortada pelo Rio Cuiabá e seus principais afluentes que são os Rios Coxipó e Pari, além de várias drenagens de menor porte como Córrego São Gonçalo, Ribeirão Vermelho, Córrego Lavrinha, Córrego Figueirinha, Córrego Barbado, Córrego Três Barras, Córrego Mocinha, Córrego Quarta-Feira, Córrego Ouro Fino, Córrego Mãe Bonifácia, Córrego Baú, Córrego Piçarrão, Córrego Traíra, Ribeirão Cocais, Córrego Formigueiro, Córrego Barbeiro, Córrego do Moinho, Rio Gambá, Rio Manuel Pinto, Ribeirão do Lipa e outros.

A vazão de alguns dos rios que drenam a região estudada (Projeto de Recuperação e Conservação da Bacia do Rio Cuiabá, 1996), é a seguinte:

- Ribeirão Cocais 2,48 m³/s
- Córrego Formigueiro 2,43 m³/s
- Córrego Barbeiro 1,88 m³/s
- Córrego Lavrinha 0,88 m³/s
- Córrego São Gonçalo 0,11 m³/s
- Rio Coxipó 5,75 m³/s
- Córrego do Moinho 0,82 m³/s
- Córrego Três Barras 0,14 m³/s
- Córrego Barbado 0,65 m³/s

- Rio Gambá 0,15 m³/s
- Rio Cuiabá 519 m³/s
- Rio Manuel Pinto 0,34 m³/s
- Ribeirão do Lipa 0,21 m³/s

5.3 Geologia

A geologia da região de Cuiabá e Várzea Grande faz parte do Grupo Cuiabá. Esta unidade litoestratigráfica, descrita inicialmente por Evans (1984) como *Cuyiaba Slates*, constitui, juntamente com os granitóides do tipo São Vicente, o Domínio Tectônico Interno do Cinturão de Dobramentos Paraguai. Esta unidade, caracterizada como um expressivo conjunto metassedimentar, constituído por metarenitos, metargilitos, metadiamicctitos, metarcósios, filitos sericíticos, filitos carbonosos, além de formações ferríferas, calcários e margas, apresenta-se universalmente metamorfizada na fácies xisto-verde (Luz et al 1.980).

Segundo Migliorini (1999), na região de Cuiabá, o Grupo Cuiabá, expõe-se pela Formação Miguel Sutil e Formação Rio Coxipó e na área dos dois cemitérios verificamos que o Grupo Cuiabá expõe-se pelos metadiamicctitos com matriz argilosa da Formação Rio Coxipó.

Metadiamicctitos com matriz argilosa

Este conjunto litológico predomina em volume e área de exposição, mantém contato por falhas inversas ou transicionais com a Formação Miguel Sutil e corresponde à metadiamicctitos maciços, cinza-esverdeado a amarelados, com matriz argilo-siltosa, micácea, em parte feldspática, que suporta fragmentos centimétricos a métricos, de composição muito diversificada (granitos, xistos, quartzitos, anfibolitos, gnaisses, arenitos, filitos, quartzo, etc.) e formato prolatado resultante do achatamento regional provocado pela deformação (Migliorini, 1999).

Uma marcante fissilidade, conferida principalmente pela foliação penetrativa do tipo xistosidade, caracteriza esses diamictitos de matriz argilo-siltosa. Camadas tabulares e lentes de metarenitos quartzosos de granulação fina a média, de cor cinza esbranquiçada, com estratificação plano-paralela e maciços, ocorrem intercaladas aos metadiamicctitos.

5.4 Hidrogeologia

O sistema aquífero na região dos cemitérios é composto por duas unidades aquíferas: uma unidade porosa e granular sobreposta a uma unidade maciça e fraturada.

A unidade porosa e granular mais superficial, está associada às formações superficiais (trata-se de solos e manto de alteração das rochas de vários metros de espessura). Nesta unidade o aquífero é do tipo livre, homogêneo e isotrópico.

Este meio poroso, de um lado favorece bastante as taxas de recarga pela precipitação meteórica e de outro representa uma barreira físico-químico-biológica conveniente contra as ações contaminadoras a partir da superfície.

A unidade maciça e fraturada mais profunda trata-se dos metadiamicritos com matriz argilosa da Formação Rio Coxipó. De um modo geral, caracteriza-se pela ausência de espaços intergranulares (poros) na rocha e a água subterrânea encontra-se armazenada em zonas de descontinuidades do maciço rochoso (fissuras, fraturas, juntas e falhas). Nesta unidade o aquífero é do tipo livre, heterogêneo e anisotrópico.

É importante observar que neste trabalho foram estudadas as águas subterrâneas mais superficiais, isto é, as águas da unidade porosa e granular. Com exceção do PM 08 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, que é um poço tubular profundo o qual atinge, desta maneira, as águas subterrâneas mais profundas armazenadas no maciço rochoso.

5.5 Estudo geofísico

A profundidade do nível da água detectado pelas sondagens elétricas varia de 4,5 a 6,9 metros no período de estiagem, o que caracteriza águas subterrâneas de pouca profundidade.

A profundidade dos sedimentos na área estudada e conseqüentemente a profundidade do corpo rochoso, foi determinada entre 25 e 28 metros, definindo assim a faixa vulnerável à ação dos agentes poluentes.

Os mapas de isocondutividade, elaborados a partir dos dados de caminhamento eletromagnético, evidenciaram áreas anômalas de condutividade. O mapeamento destas anomalias permitiu um perfeito posicionamento dos poços de monitoramento.

Os mapas de isocondutividade, perfis de isocondutividade e gráficos elaborados no estudo geofísico encontram-se em anexo (figuras 56 a 72).

5.6 Ensaio de permeabilidade

Antes de discutir o resultado dos ensaios de permeabilidade, torna-se necessário esclarecer uma questão de validade dos mesmos, devido a ocorrência de algumas “surpresas”. Durante a execução dos furos de sondagem a trado, foram observadas grandes quantidades de formigueiros, buracos de tatu e antigas covas abandonadas. Em resumo, na prática, o valor real da permeabilidade dos solos, dentro dos cemitérios deve ser bem maior que os

resultados encontrados nos ensaios. Qualquer inferência ou conclusão sobre os ensaios de permeabilidade destes cemitérios deve levar este fato em conta.

Cemitério Municipal São Gonçalo

Foram realizados cinco ensaios de permeabilidade no interior do Cemitério Municipal São Gonçalo que resultaram nos seguintes valores: $K1=8,3 \times 10^{-4}$ cm/Seg, $K2=3,4 \times 10^{-3}$ cm/Seg, $K3=2,6 \times 10^{-3}$ cm/Seg, $K4=2,1 \times 10^{-3}$ cm/Seg, e $K5=1,4 \times 10^{-3}$ cm/Seg.

Estes valores de condutividade hidráulica indicam solos permeáveis às águas pluviométricas e com granulometria caracterizada por mistura de areias e areias finas siltosas e/ou argilosas.

Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Neste cemitério não foi possível realizar os ensaios de permeabilidade devido ao fato de o solo conter muito cascalho, o que impedia o funcionamento do trado.

5.7 Descrição das trincheiras

O estudo do solo foi realizado pela descrição das trincheiras que estão apresentadas nas tabelas 3,4 e 5.

As fotos das trincheiras estão anexados (foto 1 a 10).

1ª Trincheira: Localizada no Cemitério Municipal São Gonçalo, situada na região central do cemitério.

Trincheira – 01 – Solo: Podzólico Vermelho Amarelo (conhecido vulgarmente em Cuiabá como areia de goma).

Tabela 3 – Trincheira 01 no Cemitério Municipal São Gonçalo

Horizonte	Ap	Bt ou C	B/C ou C2
Profundidade	0 a 19cm	19 a 1,62cm	1,62 a 2,00m
Cor	5 YR 5/4 – marrom avermelhado	7,5 YR 5/6 – marrom escuro	7,5 YR 5/6 – vermelho marrom escuro e YR 7/6 – amarelo avermelhado
Textura	arenosa	areno argiloso	Arenosa pouco argiloso

Horizonte	Ap	Bt ou C	B/C ou C2
Estrutura	maciça em grãos simples	blocos fraca de 5 a 10m e blocos angulares a subangulares	Blocos moderada e blocos angulares a subangulares de 5 a 10mm, mosqueado comum de tamanho médio
Nódulos	ausente	ausente	ausente
Porosidade	poucos poros	poros comuns	poros comuns
Cimentação	ausente	ausente	ausente
Cerosidade	ausente	ausente	ausente
Transição	clara do Ap para o Bt	clara	ausente
Consistência seca	macia	leve e macia	ligeiramente duro
Consistência úmida	muito friável	muito friável	muito friável
Consistência molhada	não plástico	ligeiramente plástico	ligeiramente plástico
Consistência muito molhada	não pegajoso	ligeiramente pegajosa	ligeiramente pegajoso
Raízes	ausente	ausente	ausente

Interpretação do funcionamento hídrico (campo) – A água da chuva percola na vertical até encontrar a zona saturada ou a rocha, e escoar horizontalmente em direção ao fundo de vale. Grande infiltração vertical (*run in*) e baixo escoamento superficial (*run off*).

2ª Trincheira: Localizada no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, situada ao norte do cemitério (na região de topografia mais baixa).

Trincheira – 02 – Solo: Litólico

Tabela 4 – Trincheira 02 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Horizonte	Ap	A	C
Profundidade	0 a 16cm	16 a 32cm	32 a 59cm
Cor	7,5 YR 3/2 – marrom escuro	7,5 YR 5/4 – marrom	7,5 YR 6/6 – amarelo avermelhado
Textura	areno argilosa, cascalho de quartzo e laterita (restos de construção)	argilo arenosa	Argilo arenosa, com seixos milimétricos a centimétricos de quartzo

Horizonte	Ap	A	C
Estrutura	ausente	ausente (maciça e sem nódulos)	ausente
Nódulos	ausente	ausente	ausente
Porosidade	comum	comum	comum
Cimentação	ausente	ausente	ausente
Cerosidade	ausente	ausente	ausente
Transição	plana e clara	plana e clara	ausente
Consistência seca	ausente	ausente	ausente
Consistência úmida	ausente	muito friável	muito friável
Consistência molhada	ausente	plástica	ligeiramente plástica
Consistência muito molhada	ausente	ligeiramente pegajosa	ligeiramente pegajoso
Raízes	muitas e finas	ausente	ausente

Interpretação do funcionamento hídrico (campo) – Nível da água pouco profundo (59 cm). A infiltração vertical (*run in*) não é pronunciada, a água rapidamente atinge a zona saturada, saturando o solo, favorecendo assim, o escoamento superficial (*run off*).

3ª Trincheira: Localizada no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, situada a leste do cemitério, perto do poço de monitoramento nº 4 (região de topografia alta).

Trincheira – 03 – Solo: plintoso pétrico

Tabela 5 – Trincheira 03 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Horizonte	A	B (Plíntico e Concessionário)	C (Plíntico)
Profundidade	0 a 23 cm	23 a 63 cm	63 a 1,48 m
Cor	7,5 YR 4/4 marrom	2,5 YR 4/8 – vermelho	2,5 YR 4/8 – vermelha e 7,5 YR 8/0 – branca
Textura	argilo arenosa, (casalhos milimétricos e centimétricos de quartzo e raras lateritas)	argilo arenosa, (muitos milimétricos seixos de quartzo e couraça fragmentada na porção superior)	Argilosa

Horizonte	A	B (Plíntico e Concessionário)	C (Plíntico)
Estrutura	ausente, (maciça)	fraca, (em blocos)	Fraca, (blocos centimétricos)
Nódulos	ausente	poucos, centimétricos, duros, irregular, cor avermelhada	ausente
Porosidade	poucos poros	comum	poucos, mosqueados, abundantes, médios
Cimentação	ausente	ausente	ausente
Cerosidade	ausente	ausente	ausente
Transição	plana e clara	plana e difusa (18cm)	ausente
Consistência seca	não observável	não observada	ausente
Consistência úmida	não observável	não observada	muito plástica
Consistência molhada	não observável	ligeiramente plástica	muito plástica
Consistência muito molhada	não observável	ligeiramente pegajosa	pegajosa
Raízes	muitas e finas	raras	ausente

Interpretação do funcionamento hídrico (campo): Nível da água a 1,48m. A infiltração vertical é mínima (*run in*) e o escoamento superficial é predominante (*run off*).

Interpretação do comportamento hídrico nos solos

No Cemitério Municipal São Gonçalo os valores de condutividade hidráulica indicaram solos permeáveis às águas pluviométricas, com solos de granulometria caracterizada por misturas de areias e areias finas siltosas e/ou argilosas. O estudo nas trincheiras indicaram grande infiltração vertical (*run in*) e baixo escoamento superficial (*run off*).

No Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá o tipo de solo impediu de realizar os ensaios de permeabilidade. O estudo nas trincheiras indicou que a infiltração vertical (*run in*) não é pronunciada e o escoamento superficial é predominante (*run off*).

5.8 Análises físicas, químicas e físico-químicas

A interpretação dos dados expostos a seguir foi feita a partir do estudo das tabelas que ilustram os resultados do monitoramento, bem como dos gráficos elaborados pelas tabelas.

Com relação aos valores máximos permissíveis para o consumo humano (VMP), foram utilizado para efeito de interpretação as variáveis estabelecidas na Portaria nº/MS 1.469 “Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade”, da Fundação Nacional de Saúde. O motivo de termos escolhido esta portaria é que no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá existe um poço tubular profundo explorando água para todas as atividades, inclusive para beber e a jusante do Cemitério Municipal São Gonçalo existir um poço tubular profundo e uma cacimba, também explorando água para beber.

Para servir de controle (background), isto é, valor de branco, foi utilizado o poço 01 no Cemitério Municipal São Gonçalo e o poço 04 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá (pois foram construídos a montante da pluma de contaminação).

Todos os poços de monitoramento estão atingindo águas do freático, isto é, águas subterrâneas pouco profundas, com exceção do poço de monitoramento 08 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá que é um poço tubular profundo que já existia no cemitério.

Os teores de valor zero representados nos gráficos, na grande maioria são indicativo de poços secos e não de concentração zero. Para obviar esta dificuldade, é só conferir estes valores nas tabelas anexas.

a) Metais

Os resultados dos metais estão apresentados nas tabelas 6 e 7, anexas.

Potássio (K⁺)

O potássio ocorre em pequenas quantidades ou está ausente nas águas subterrâneas, por participar nos processos de troca iônica, por ser facilmente adsorvido pelas argilas e por ser utilizado pelos vegetais. Os teores de potássio nas águas subterrâneas são inferiores a 10mg/l, sendo mais freqüentes valores entre 1 e 5mg/l (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

A Portaria nº 1.469, de 2000, do Ministério da Saúde, não limita valores ao potássio.

Nos dois cemitérios estudados o potássio apresentou concentrações pequenas, ao redor de 0,3 a 4,6mg/l, com média de 2,0mg/l. Este cátion também manteve-se relativamente constante por poço de monitoramento durante o período de pesquisa. Como pode ser visto, todos os valores estão dentro do padrão esperado em águas subterrâneas.

No Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá as maiores concentrações estão no PM 01 e no PM 08. O PM 01 está localizado em região de cota topográfica baixa, para onde flui grande quantidade de água subterrânea. O PM 08, além de se encontrar em região de cota topográfica baixa, é um poço tubular profundo que capta águas em maiores profundidades, onde há maior concentração de cátions (figura 3).

Observa-se no Cemitério Municipal São Gonçalo uma concentração maior de potássio no PM 02 e no PM 03, ambos no dia 15/4/2002 (figura 4).

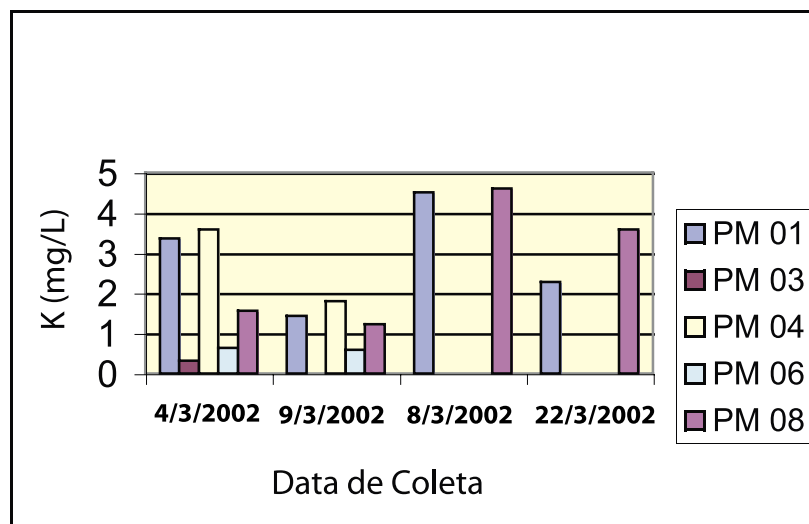


Figura 3 – Potássio no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

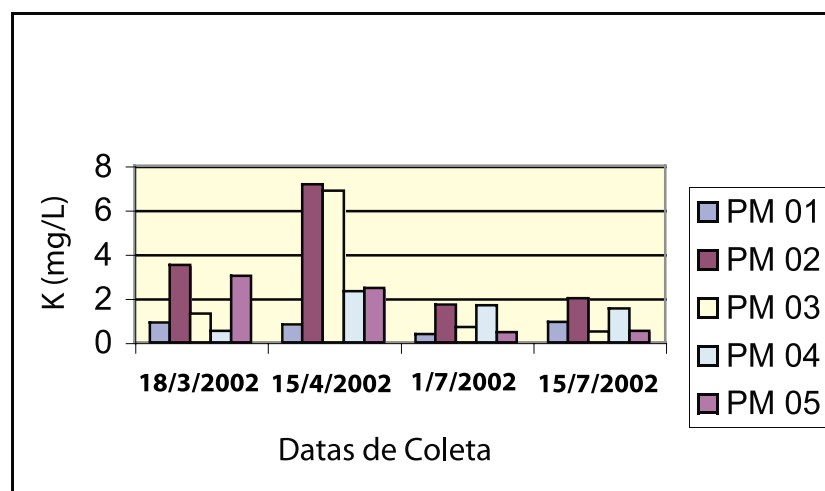


Figura 4 – Potássio no Cemitério Municipal São Gonçalo

Sódio (Na⁺)

O sódio é um dos metais alcalinos mais abundantes nas águas subterrâneas, onde ocorre principalmente na forma de cloretos. A concentração do sódio varia, em geral, entre 0,1 e 100mg/l nas águas subterrâneas (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

Nos cemitérios estudados o sódio apresentou baixas concentrações, normalmente entre 0,2 e 5,0mg/l, com média de 4,58mg/l. Estes valores estão bem abaixo dos valores máximos recomendados para consumo humano (VMP) da Portaria nº 1.469/MS que é de 200mg/l. E permanecem relativamente estáveis durante o período de monitoramento (figuras 5 e 6).

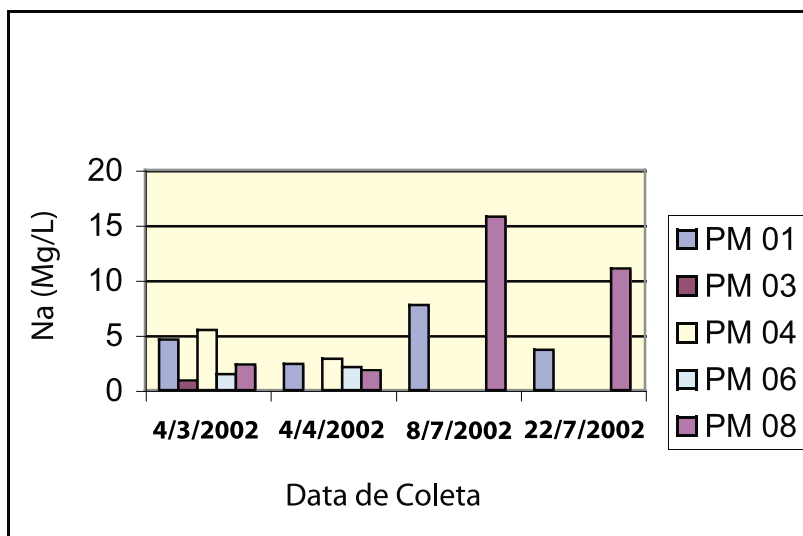


Figura 5 – Sódio no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

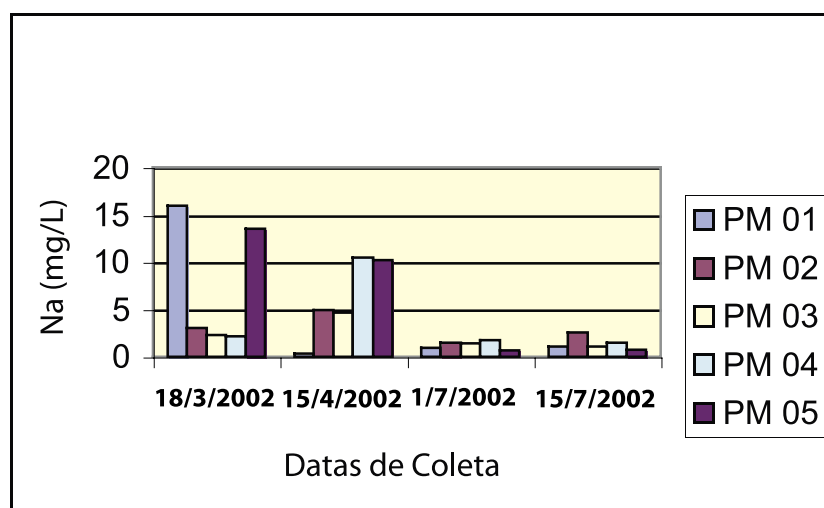


Figura 6 – Sódio no Cemitério Municipal São Gonçalo

Manganês (Mn)

O manganês assemelha-se quimicamente ao ferro e na sua ocorrência nas águas subterrâneas. No entanto, sua concentração, em geral, é muito menor (<0,2mg/l) (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

Os resultados encontrados para manganês variaram de <0,010 a 0,217mg/l, com média de 0,084mg/l. Assim, apresentou normalmente concentração abaixo do VMP para o consumo humano, que é de 0,1mg/l, com exceção de cinco amostras com as seguintes concentrações (0,133, no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá e 0,158, 0,154, 0,217 e 0,163mg/L no Cemitério Municipal São Gonçalo). Embora a concentração destas amostras não esteja elevada, sugerem provir dos cemitérios, pois são valores acima dos encontrados

nos poços de *background*. As águas subterrâneas do Grupo Cuiabá, apresentam teores elevados de ferro (Migliorini, 1999) e estes freqüentemente aparecem associados ao manganês (figuras 7 e 8).

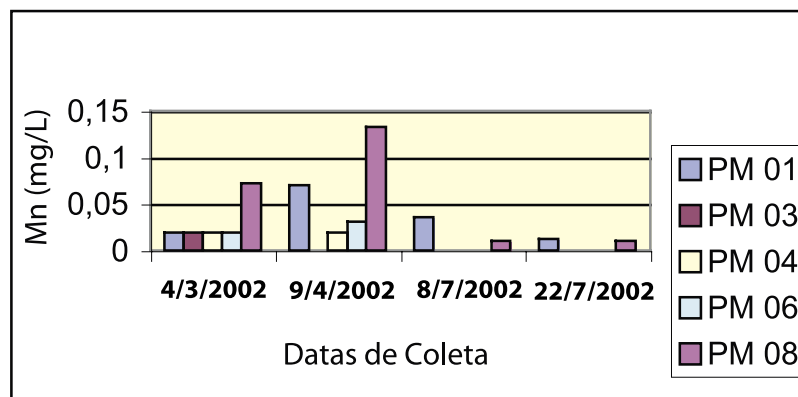


Figura 7 – Manganês no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

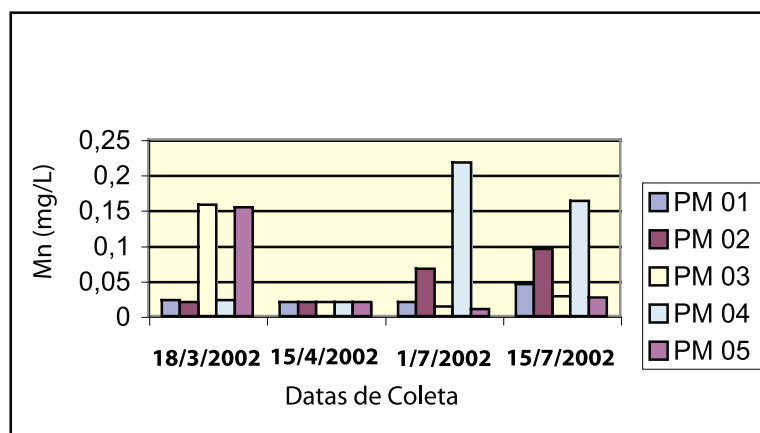


Figura 8 – Manganês no Cemitério Municipal São Gonçalo

Ferro (Fe)

O ferro pode estar presente com baixos teores (<0,3mg/l) nas águas subterrâneas, onde ocorre sob diversas formas químicas, principalmente na forma de Fe+2 e Fe+3. E freqüentemente aparece associado ao manganês (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

As amostras obtidas na pesquisa apresentaram, no geral baixas concentrações de ferro. Os teores encontrados ficaram entre <0,020 e 2,248mg/L, com média de 0,248mg/l. No entanto, três amostras, uma no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá e duas no Cemitério Municipal São Gonçalo, apresentaram concentração acima do VMP para o consumo humano, que é de 0,3mg/l. Estes três valores discrepantes não parecem estar associados ao cemitério por duas razões: a primeira é que um deles foi amostragem em poço de *background*, e a segunda razão é que as águas subterrâneas do Grupo Cuiabá normalmente apresentam concentrações anômalas de ferro, devido às piratas disseminadas tanto nos filitos como nos diamictitos, além das crostas de laterita, muito comum na região (figuras 9 e 10).

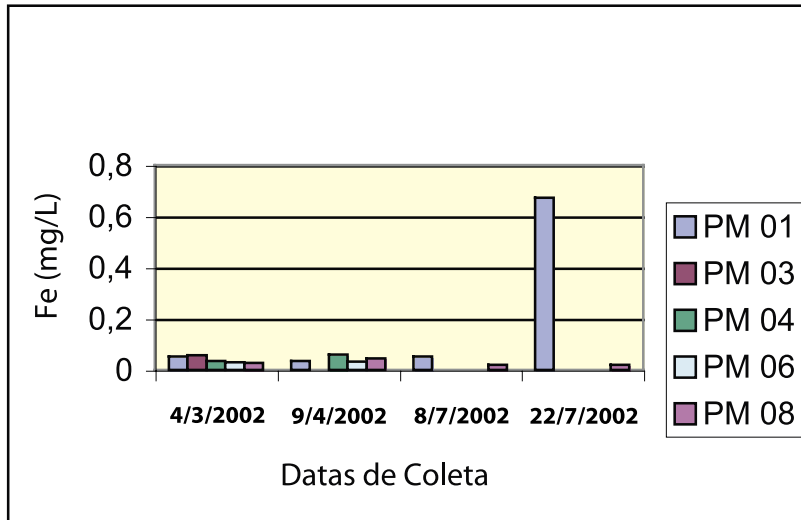


Figura 9 - Ferro no Cemitório Parque Bom Jesus de Cuiabá

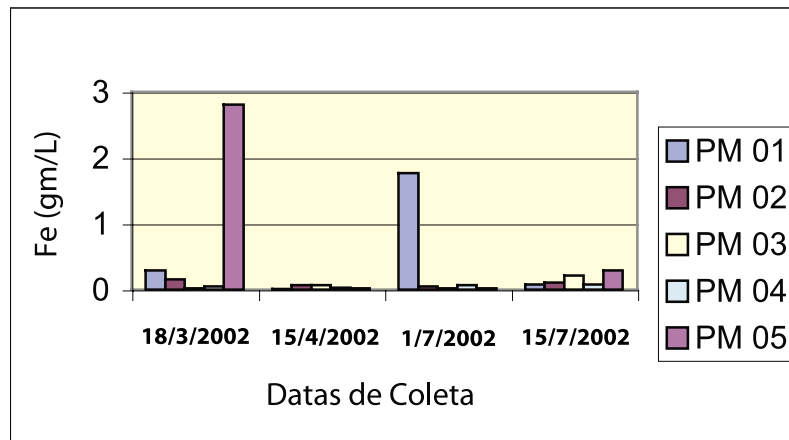


Figura 10 - Ferro no Cemitório Municipal São Gonçalo

Zinco (Zn⁺²)

O zinco, entre os metais pesados, é o mais solúvel, mas a sua concentração, geralmente, é inferior a 10µg/L nas águas subterrâneas Mathess, (1973 apud Feitosa, & Manoel Filho, 1997).

Nos cemitérios estudados a concentração de zinco variou de <0,016 a 0,097mg/l, com média de 0,020mg/l, muito abaixo do VMP para o consumo humano, que é de 5mg/l. Os valores se apresentaram aproximadamente homogêneos durante o período de amostragem (figuras 11 e 12).

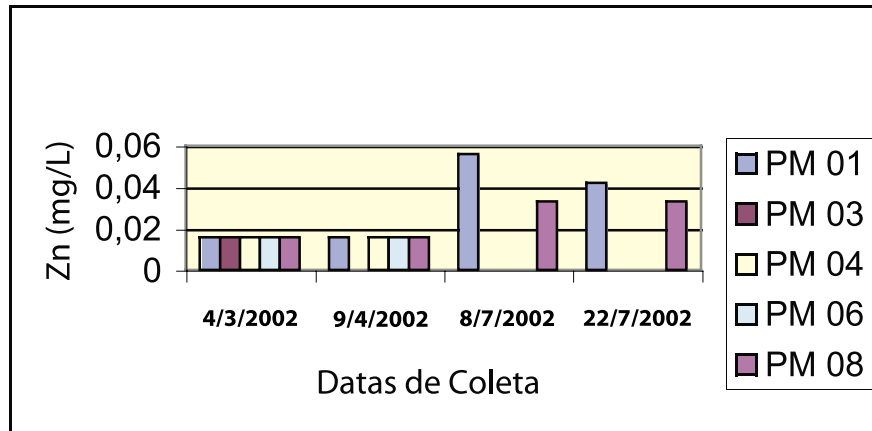


Figura 11 – Zinco no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

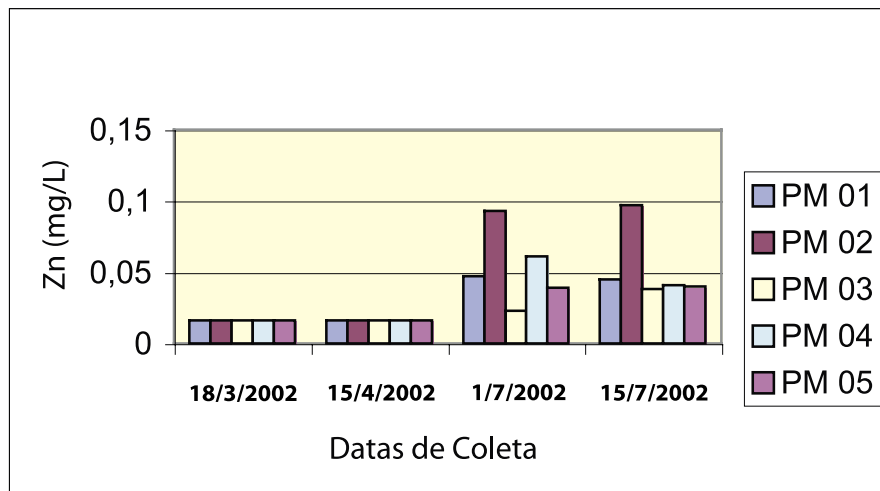


Figura 12 – Zinco no Cemitério Municipal São Gonçalo

Cromo (Cr)

Pesquisas têm demonstrado que as águas potáveis nos Estados Unidos apresentam concentração de cromo hexavalente que oscila entre 3 e 40µg/l, com uma média de 3,2µg/l. O cromo pode ser encontrado na água tanto no estado hexavalente como no estado trivalente, embora a forma trivalente seja mais rara (*Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater*, 1985).

O cromo apresentou baixas concentrações durante o monitoramento, variando de <0,02 a <0,05mg/l. Sempre abaixo do VMP para o consumo humano, que é de 0,05mg/l (figuras 13 e 14).

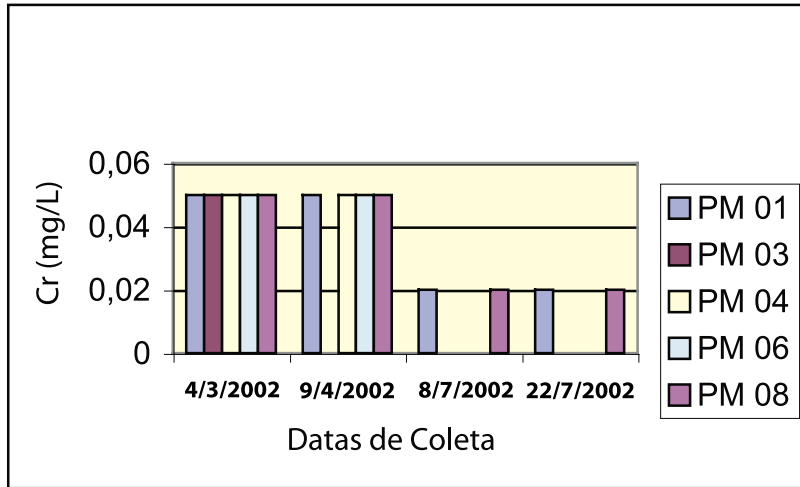


Figura 13 – Cromo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

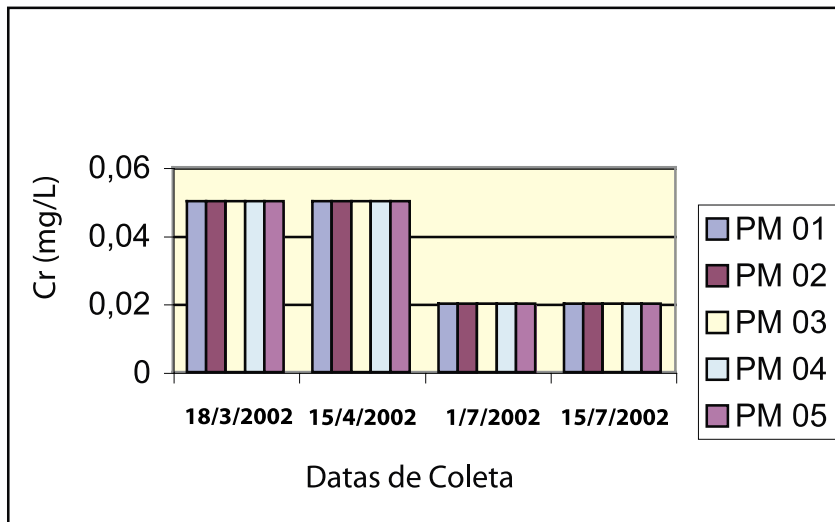


Figura 14 – Cromo no Cemitério Municipal São Gonçalo

Chumbo (Pb)

As águas subterrâneas têm quantidades médias em torno 20µg/l (Mathess, 1973, apud Feitosa & Manoel Filho, 1997).

Todas as amostras analisadas apresentaram baixa concentração de chumbo (<0,05mg/l). É interessante observar que o limite de detecção do método empregado para detectar este metal é maior que o VMP para o consumo humano que é de 0,01mg/l. Desta maneira, não temos certeza se existe alguma amostragem acima do VMP. Observa-se também, que as amostras apresentam-se com concentrações homogêneas durante o período de amostragem (figuras 15 e 16).

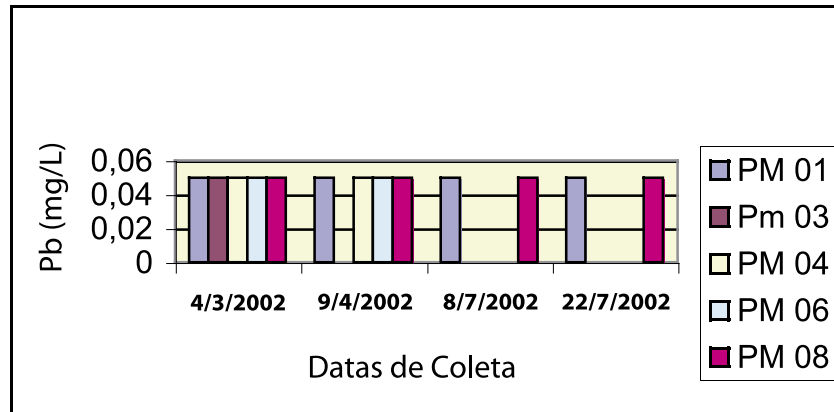


Figura 15 – Chumbo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

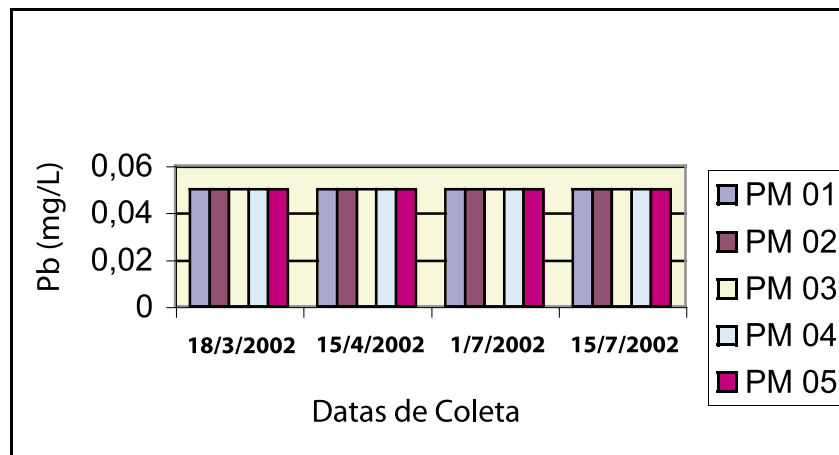


Figura 16 – Chumbo no Cemitério Municipal São Gonçalo

Cádmio (Cd)

As águas subterrâneas em contato com minerais de chumbo e zinco podem ter teores em torno de 20µg/L de cádmio (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

Verifica-se que as amostras dos poços de monitoramento apresentaram teores de <0,001 a 0,025mg/l, com média de 0,0065mg/l. Observa-se que 14 amostras apresentaram concentração acima do VMP para o consumo humano, que é de 0,005mg/L. Observa-se também, que na tabela 7, o poço de monitoramento 01 (poço de *background*), apresenta em duas ocasiões teores de cádmio acima do VMP para o consumo humano, indicando assim, que os teores elevados de cádmio pode ter como origem a formação geológica e não do cemitério (figuras 17 e 18).

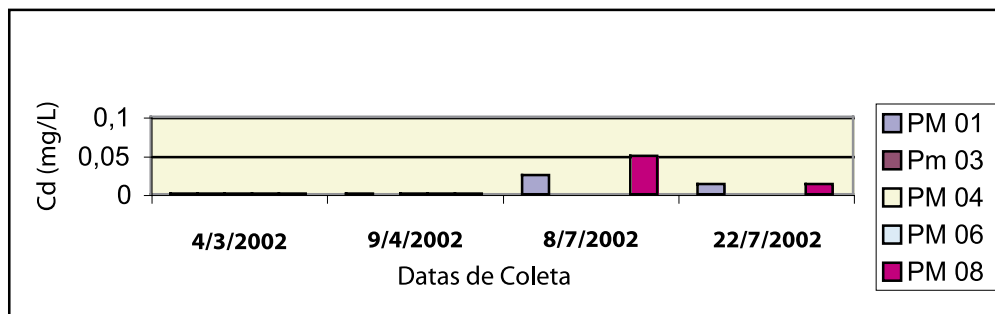


Figura 17 – Cádmiio no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

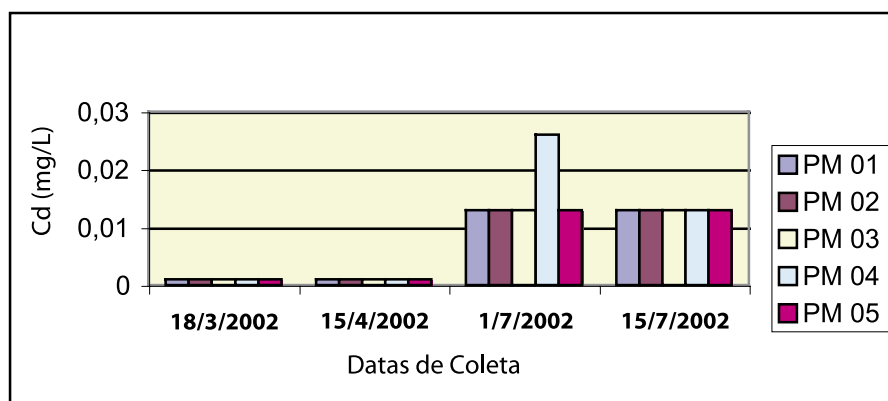


Figura 18 – Cádmiio no Cemitério Municipal São Gonçalo

b) Substâncias

Os resultados das substâncias estudadas estão apresentadas nas tabelas 8 e 9, anexas.

Nitrato (NO_3)

O nitrato ocorre em pequenos teores nas águas subterrâneas, geralmente entre 0,1 e 10mg/l. É muito móvel e pode ser facilmente removido do solo para as águas subterrâneas. Em teores acima de 5mg/l pode ser indicativo de contaminação das águas subterrâneas por esgotos, fossas sépticas, lixo, cemitérios, adubos, isto é, matéria orgânica em decomposição (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

Os teores de nitrato nos cemitérios estudados foram baixos, variando de <0,020 a 2,946mg/l, com média de 1,026mg/l. Indicando, desta maneira, que os cemitérios não estão contaminando as águas subterrâneas com este produto nitrogenado (figuras 19 e 20).

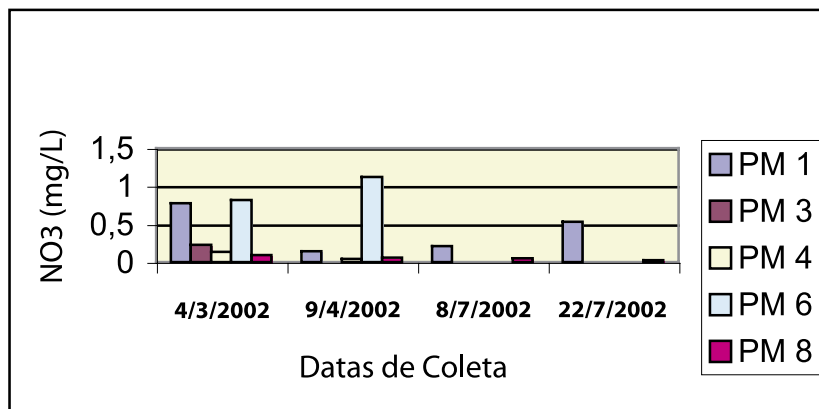


Figura 19 – Nitrato no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

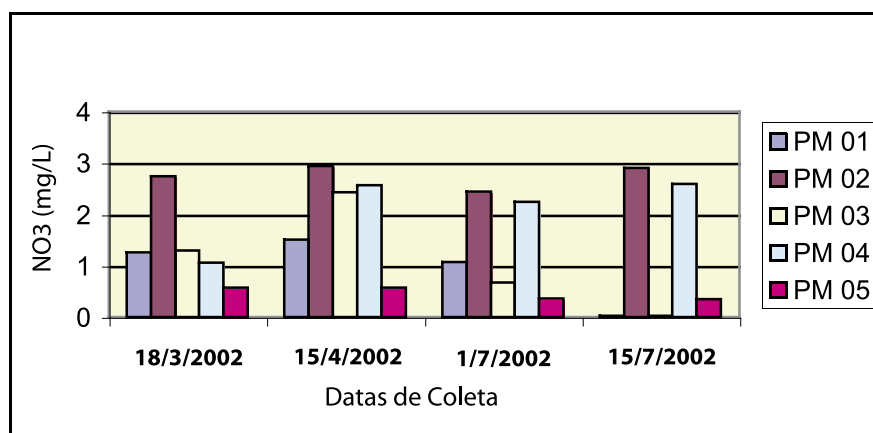


Figura 20 – Nitrato no Cemitério Municipal São Gonçalo

Nitrito (NO₂)

Os resíduos provenientes de matéria orgânica em decomposição são ricos em nitrogênio e se decompõem em nitratos na presença de oxigênio, segundo o ciclo do nitrogênio (nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato). A presença de nitrito nas águas subterrâneas é um indicativo de poluição recente, pois a oxidação do nitrito para nitrato ocorre muito rapidamente.

Os teores de nitrito também foram baixos nos dois cemitérios. As concentrações variaram de <0,010 a 0,099mg/l, com média de 0,025mg/l. Todas as amostras apresentaram concentrações abaixo do VMP para o consumo humano e não indicam contaminação nas águas subterrâneas (figuras 21 e 22).

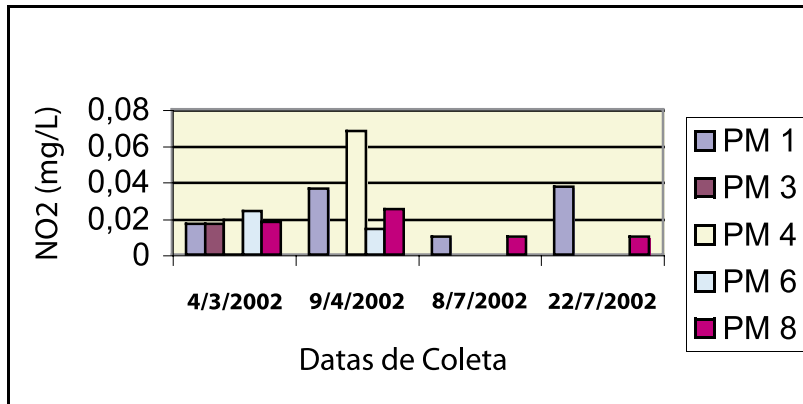


Figura 21 – Nitrito no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

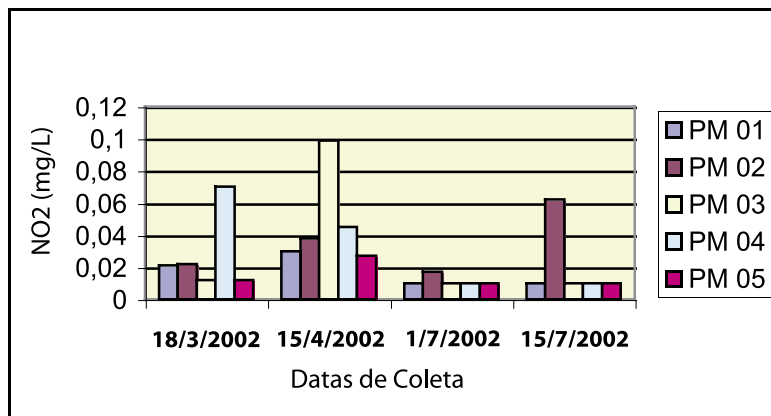


Figura 22 – Nitrito no Cemitério Municipal São Gonçalo

Amônia (NH₃)

Em condições normais, a amônia encontra-se em concentrações muito baixas em águas subterrâneas, menor de 10µg/l de nitrogênio, em virtude de ser adsorvida pelas partículas do solo, principalmente pelas argilas, e também por não ser facilmente lixiviada (*Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater*, 1985).

As concentrações de NH₃ nos cemitérios variaram de <0,005 a 0,089mg/l, com média de 0,033mg/l. Em 30 amostras as concentrações de amônia estão acima do VMP para o consumo humano. A amônia nas águas subterrâneas geralmente é produzida pela decomposição de matéria orgânica. No entanto, esta matéria orgânica não parece ter origem nos cemitérios, pois foram encontrados em duas amostras (PM 04 em 9/4/2002 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá e PM 01 em 15/7/2002 no Cemitério Municipal São Gonçalo), valores mais altos nos poços de *background* que nos poços de monitoramento (figuras 23 e 24).

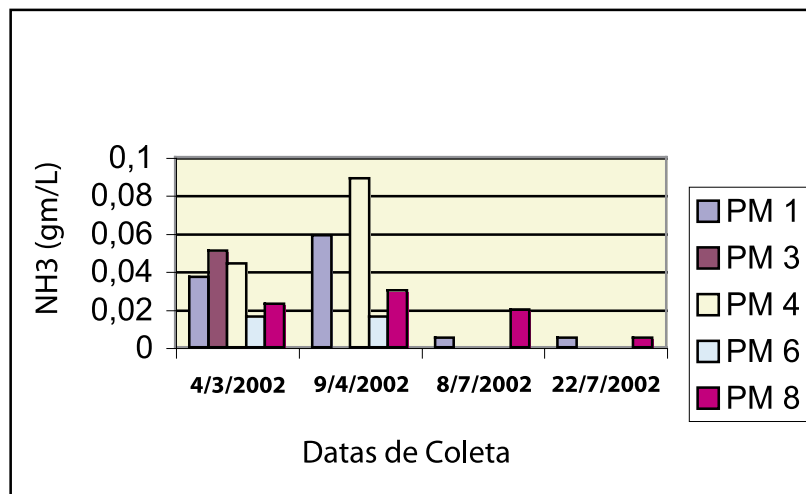


Figura 23 – Amônia no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

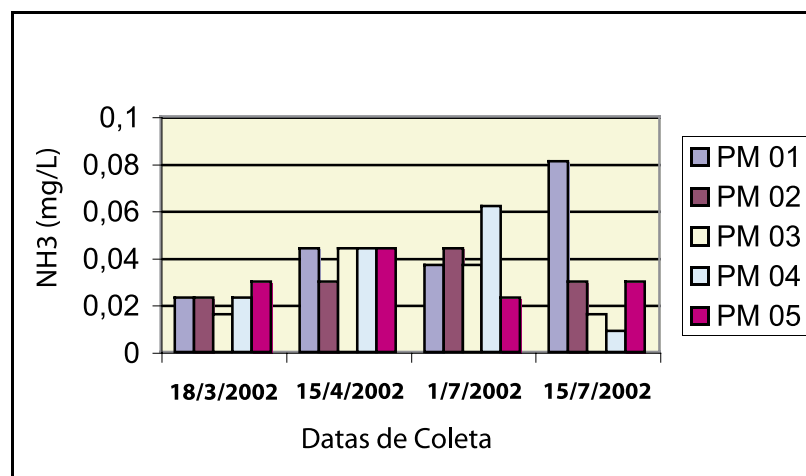


Figura 24 – Amônia no Cemitério Municipal São Gonçalo

Sulfato (SO₄)

Os sulfatos são sais moderadamente solúveis a muito solúveis, exceto os estratos de estrôncio e bário. Origina-se da oxidação do enxofre presente nas rochas e da lixiviação de compostos sulfatados (gipsita e anidrida). As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de sulfato inferiores a 100mg/l, principalmente na forma de SO₄-2 e HSO₄- (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

Os teores de sulfato nos cemitérios estudados foram baixos, variando de <0,054 a 4,913mg/l e média de 0,336mg/l. As concentrações foram todas bem abaixo do VMP para o consumo humano, que é de 250mg/L (figuras 25 e 26).

É interessante observar que nos dois cemitérios os teores mais altos de sulfato foram detectados em poço de *background*.

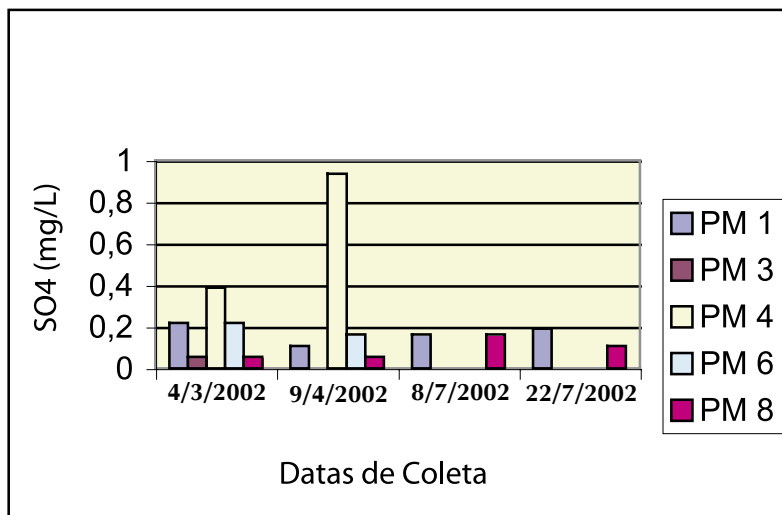


Figura 25 – Sulfato no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

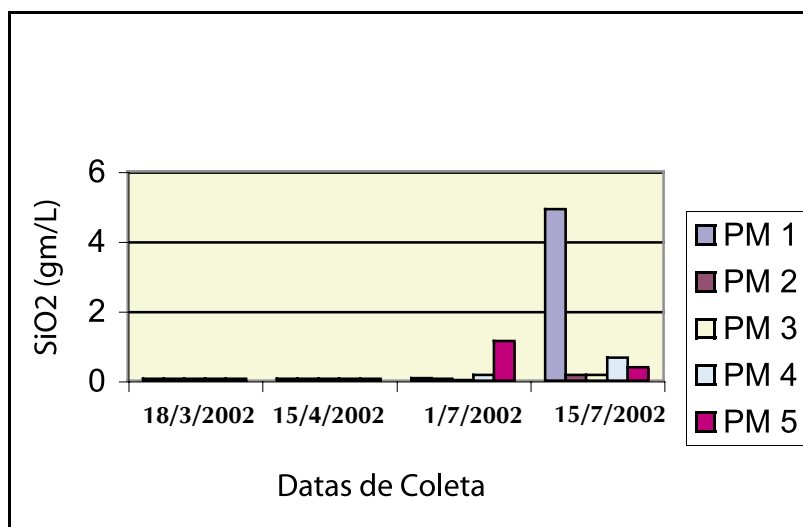


Figura 26 – Sulfato no Cemitério Municipal São Gonçalo

Sílica (SiO₂)

O silício é o elemento mais abundante nas rochas, porém não ocorre em grande quantidade nas águas subterrâneas, devido principalmente a sua alta estabilidade química na maioria dos minerais (resistente a ataques físico-químicos), além da baixa solubilidade dos compostos que forma no intemperismo das rochas. O intemperismo de minerais de argila e os feldspatos são as principais fontes de sílica para as água subterrâneas. Teores de 20mg/l, nas águas subterrâneas não são raros (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

Os teores de sílica nos cemitérios estudados variaram de 0,102 a 10,148mg/l, com média de 5,858 (figuras 27 e 28). São teores normais nas águas subterrâneas das rochas do Grupo Cuiabá. A Portaria nº 1.469/MS, não limita valores ao silício pois não prejudica, a saúde nem a agricultura, porém é prejudicial nas indústrias, pois forma incrustações principalmente em caldeiras.

Nota-se que o poço tubular profundo PM 08, do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, apresenta os maiores teores de sílica. Provavelmente, seja resultado de sua maior profundidade, onde as águas subterrâneas têm maior tempo de contato com a formação geológica.

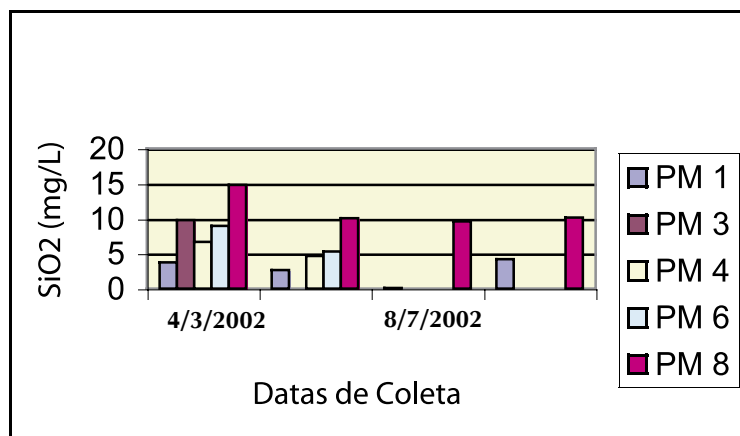


Figura 27 – Sílica no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

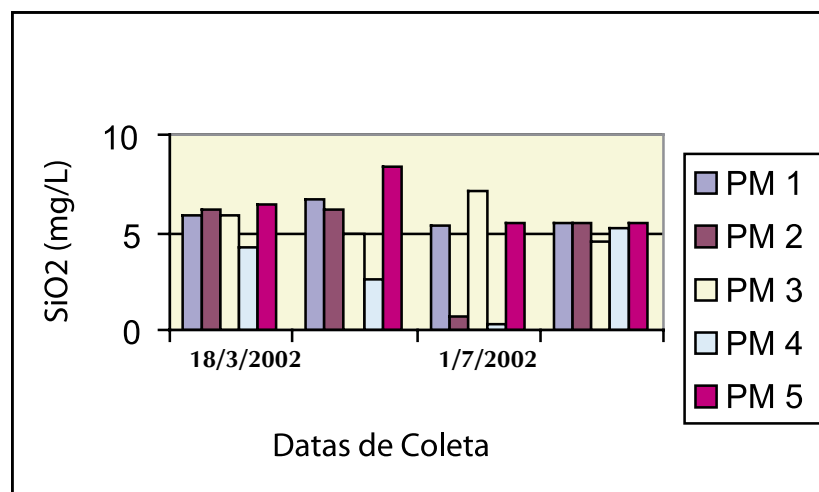


Figura 28 – Sílica no Cemitério Municipal São Gonçalo

Fosfato (PO_4)

Segundo Mathess & Harvey, 1982 (apud Feitosa & Manoel Filho, 1997), a concentração de fosfato deve ser baixa ($<0,5\text{mg/l}$) em águas naturais. Valores acima de $1,0\text{mg/l}$, geralmente são indicativos de águas poluídas. Sua concentração varia geralmente entre $0,01$ e 1mg/l . No entanto a Portaria nº 1.469/MS não limita valores ao fosfato.

Nos cemitérios estudados, os teores de fosfato nas águas subterrâneas foram baixos, variando de $<0,005$ a $0,025\text{mg/l}$ e média de $0,0098\text{mg/l}$ (figuras 29 e 30).

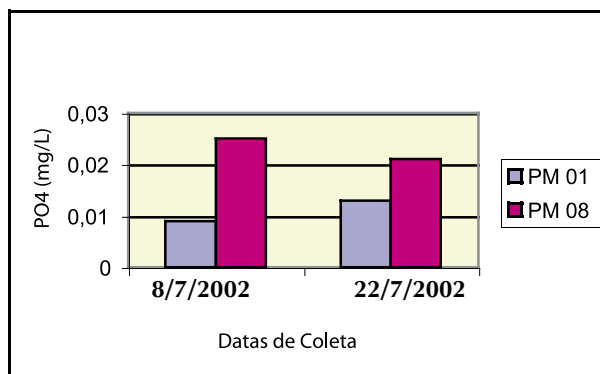


Figura 29 – Fosfato no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

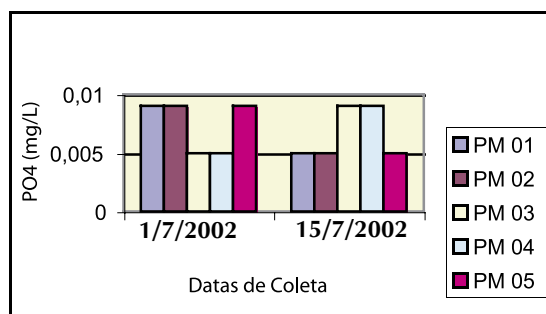


Figura 30 – Fosfato no Cemitério Municipal São Gonçalo

Fluoreto (F^{-1})

Geralmente os fluoretos são encontrados em pequenas concentrações nas águas subterrâneas, pois possui solubilidade limitada. A principal fonte de fluoreto nas rochas ígneas é a fluorita e em regiões áridas os fluoretos podem aparecer em quantidades elevadas. Frequentemente ocorre com teores entre 0,1 e 1,5mg/l nas águas naturais, podendo chegar até 10mg/l e, raramente a 50mg/l (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

Nos cemitérios estudados os teores de fluoreto nas águas subterrâneas foram baixíssimos (figuras 31 e 32), nunca ultrapassando o limite de detecção do método empregado (<0,001).

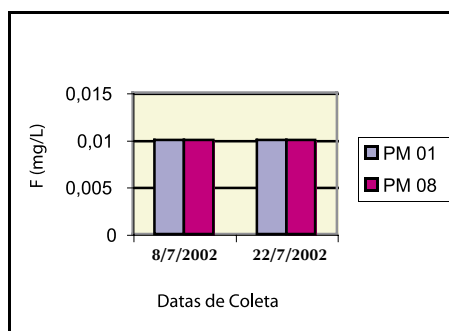


Figura 31 – Fluoreto no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

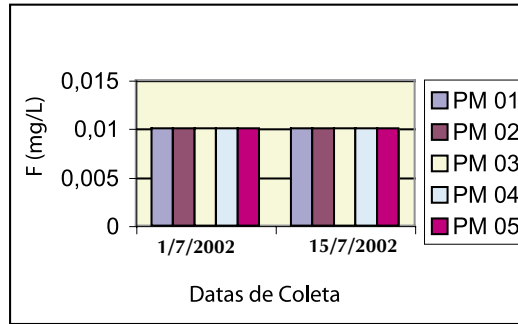


Figura 32 – Fluoreto no Cemitério Municipal São Gonçalo

c) Propriedades físicas e iônicas

As propriedades físicas e iônicas estão apresentadas da tabela 10 até a tabela 21, anexas.

pH

O pH é a medida da concentração hidrogeniônica da água. A maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5. Em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11 (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

Os valores de pH de cada cemitério estudado mostra que eles variam de 3,51 a 7,98, com média de 5,36 (figuras 33 e 34). É interessante observar que os valores de pH mostram tendência ácida para as águas subterrâneas dos dois cemitérios, com exceção do PM 08, que é o poço tubular do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, onde o pH é neutro. Também é interessante observar que das 125 medidas de pH, somente 24 estão dentro do VMP. para o consumo humano no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá e nenhuma amostra está dentro do VMP no Cemitério Municipal São Gonçalo. Esta tendência ácida para as águas subterrâneas não deve estar relacionada com a presença de corpos em decomposição, visto que os poços de *background* também apresentam pH com tendência ácida. Observa-se também, que os valores de pH permanecem relativamente homogêneos durante o período de monitoramento.

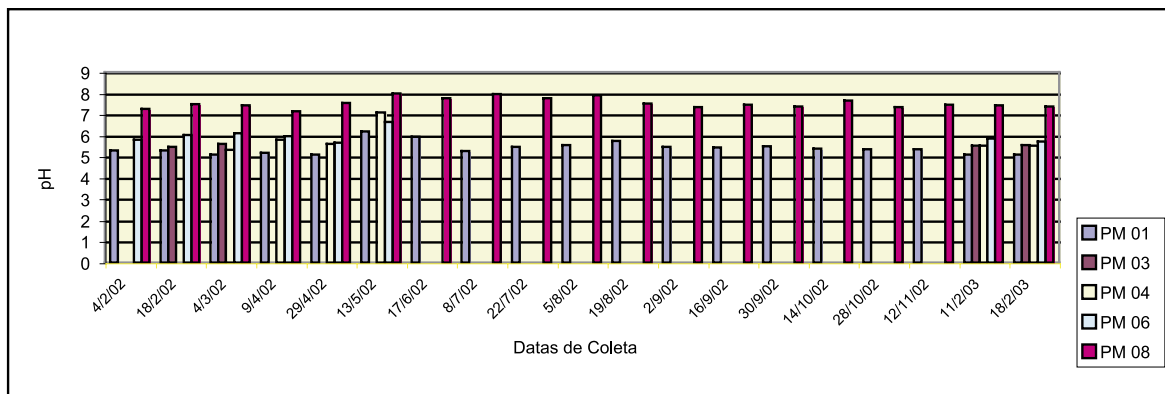


Figura 33 – pH no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

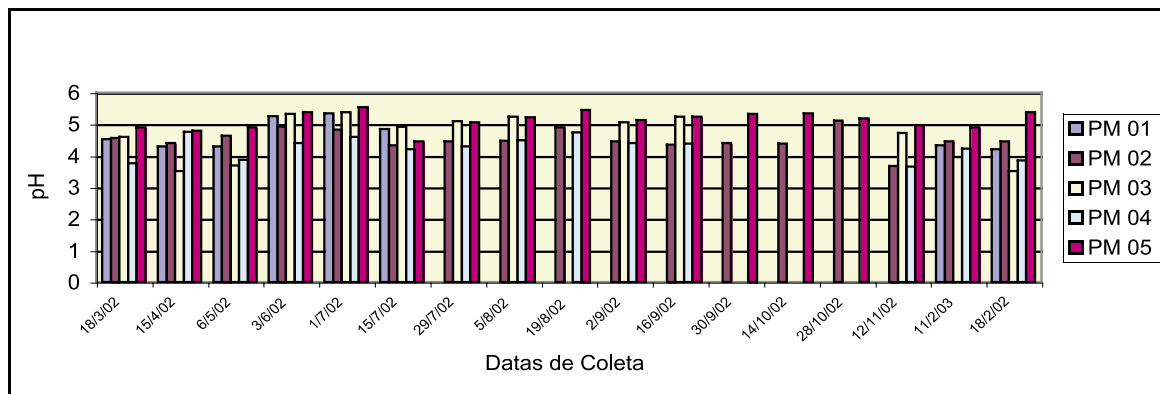


Figura 34 – pH no Cemitério Municipal São Gonçalo

Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a medida da facilidade da água subterrânea de conduzir corrente elétrica. Ela está diretamente ligada ao teor de sais dissolvidos.

Os valores de condutividade elétrica variaram de 13 a 350 μ S/cm, com média de 98,6 μ S/cm (figuras 35 e 36). Nota-se que os valores de condutividade elétrica para cada poço de monitoramento são relativamente homogêneos para as diversas épocas do ano. Observa-se ainda, que o poço de monitoramento 08 (poço tubular profundo do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá) destaca-se dos demais por apresentar os maiores valores de condutividade elétrica. Isto provavelmente deve-se a sua maior profundidade, onde as águas subterrâneas tiveram mais tempo de contato com a formação geológica, aumentando a concentração de sais dissolvidos. Outro fator que provavelmente aumentou a condutividade elétrica no poço tubular profundo é o fato que este, quando bombeado, provoca um gradiente hidráulico em volta do poço, chamado de cone de depressão. Este gradiente hidráulico irá bombear águas mais distantes, que têm maior tempo de residência, aumentando a concentração de sais dissolvidos.

Observa-se também que, de uma maneira geral, os poços de *background* apresentam valores de condutividade elétrica menores que os demais, sugerindo assim, que os cemitérios aumentaram as concentrações de sais dissolvidos nas águas subterrâneas.

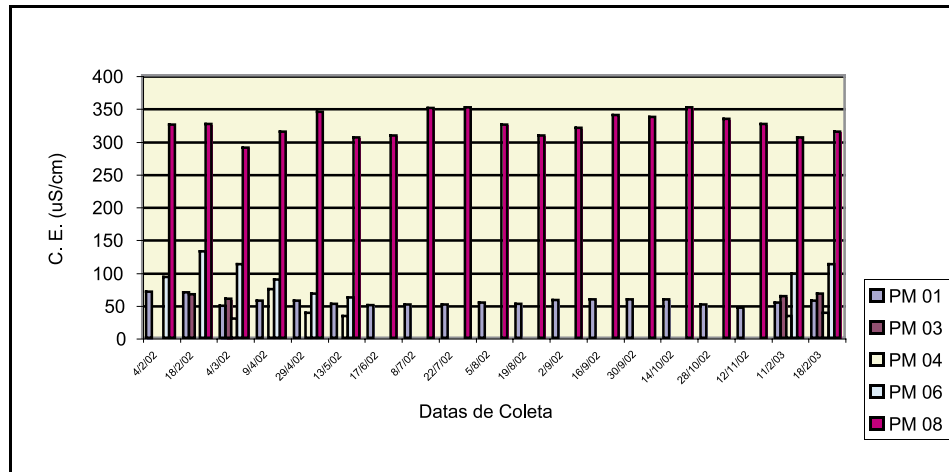


Figura 35 – Condutividade Elétrica no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

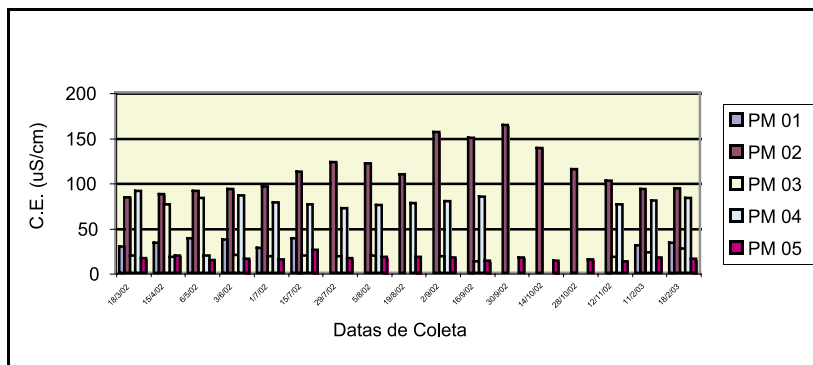


Figura 36 – Condutividade Elétrica no Cemitério Municipal São Gonçalo

Alcalinidade

A alcalinidade é definida como a capacidade de uma água neutralizar ácidos, sendo uma consequência direta da presença e/ou ausência de carbonatos e bicarbonatos.

Os valores de alcalinidade são baixos, variando de 0 a 40,4mg/l de CaCo₃, com média de 7,9 mg/l de CaCo₃. Observa-se que os valores de alcalinidade são mais baixos no Cemitério Municipal São Gonçalo (figuras 37 e 38).

É interessante observar, que a alcalinidade também aumenta com a profundidade, visto que os teores são mais elevados no poço tubular profundo (PM 08) do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá.

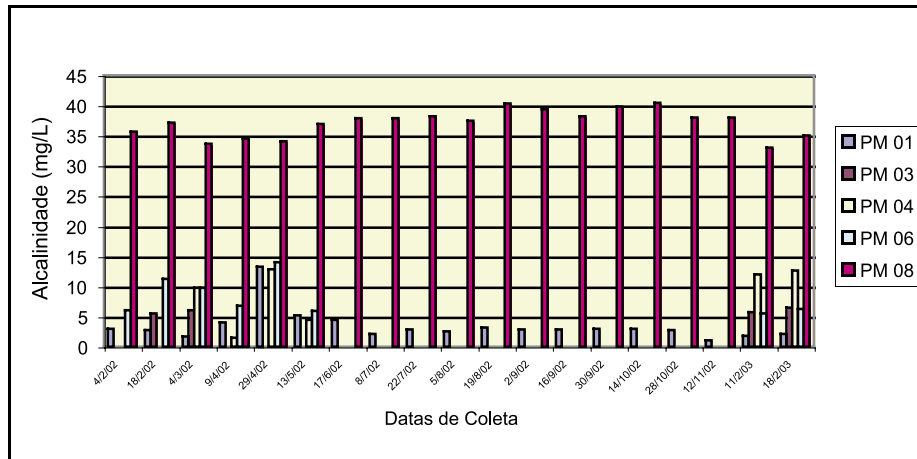


Figura 37 – Alcalinidade no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

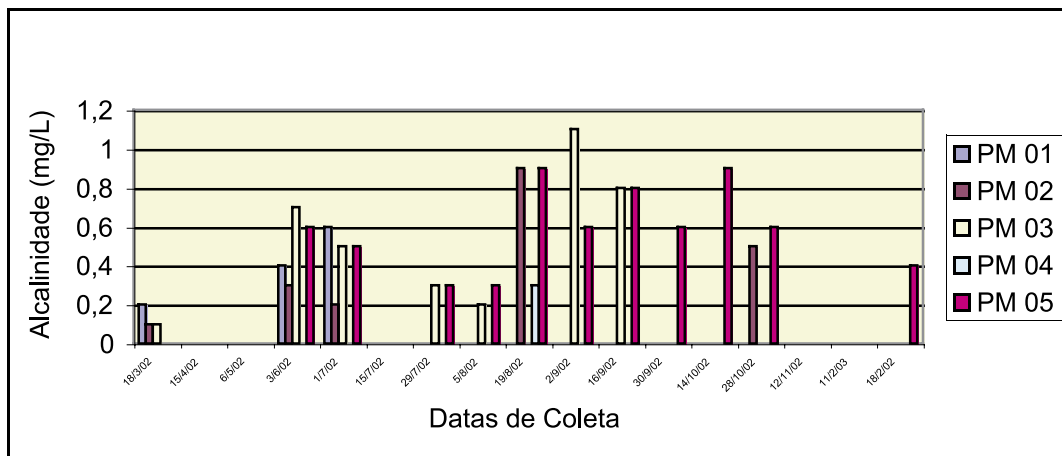


Figura 38 – Alcalinidade no Cemitério Municipal São Gonçalo

Sólidos totais dissolvidos (STD)

STD é o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Representa a concentração de todo o material dissolvido na água (volátil ou não).

Verifica-se que as concentrações de STD variam de 6 a 206 mg/l com média em 56,7mg/l. Nota-se que os valores de STD para cada poço de monitoramento são relativamente homogêneos para as diversas épocas do ano. Observa-se ainda que o PM 08 (poço tubular profundo do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá) destaca-se dos demais por apresentar os maiores valores de STD. Como já foi explicado na condutividade elétrica, isto provavelmente deve-se-à sua maior profundidade, onde as águas subterrâneas têm maior tempo de percolação pela formação geológica, aumentando a concentração de minerais (figuras 39 e 40).

Observa-se, também, que, de uma maneira geral, os poços de *background* apresentam valores de STD menores que os demais, sugerindo que os cemitérios aumentam as concentrações de minerais nas águas subterrâneas. É interessante observar que em todas as amostragens as concentrações de STD foram muito mais baixas que o VMP para o consumo humano.

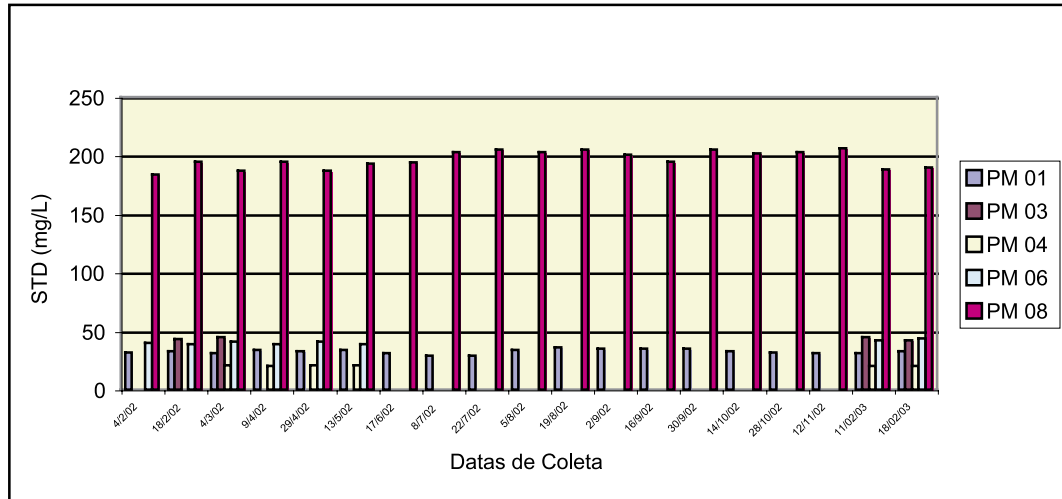


Figura 39 – Sólido Totais Dissolvidos no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

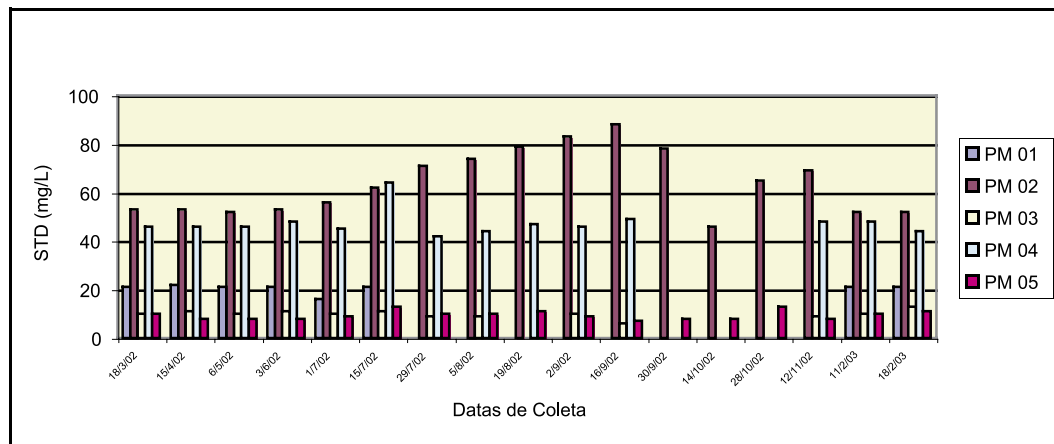


Figura 40 – Sólidos Totais Dissolvidos no Cemitério Municipal São Gonçalo

Temperaturas da água subterrânea e do ar

A amplitude térmica anual das águas subterrâneas em geral é baixa (de 1°C a 2°C) e independe da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos pouco profundos, onde a temperatura é um pouco superior à da superfície. Em profundidade, depende do grau geotérmico, podendo sofrer maiores elevações provocadas por gêiser, vulcanismos, radioatividade, etc. (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

Antes de discutir as temperaturas, torna-se necessário lembrar que, na região estudada, as águas subterrâneas são de pouca profundidade, com exceção do PM 08, que é um poço tubular profundo.

Verificou-se que a temperatura da água subterrânea variou de 22°C a 32°C, com média de 28,7°C (figuras 41 e 43). Observou-se também que a temperatura da água no PM 08 (poço tubular profundo), mantém a mesma ordem de grandeza que a temperatura da águas nos demais poços de monitoramento. Isto mostra que a temperatura das águas subterrâneas não estão sendo alteradas significativamente pela profundidade.

Verifica-se que a temperatura do ar variou de 21°C a 39°C, com média de 30,3°C (figuras 42 e 44).

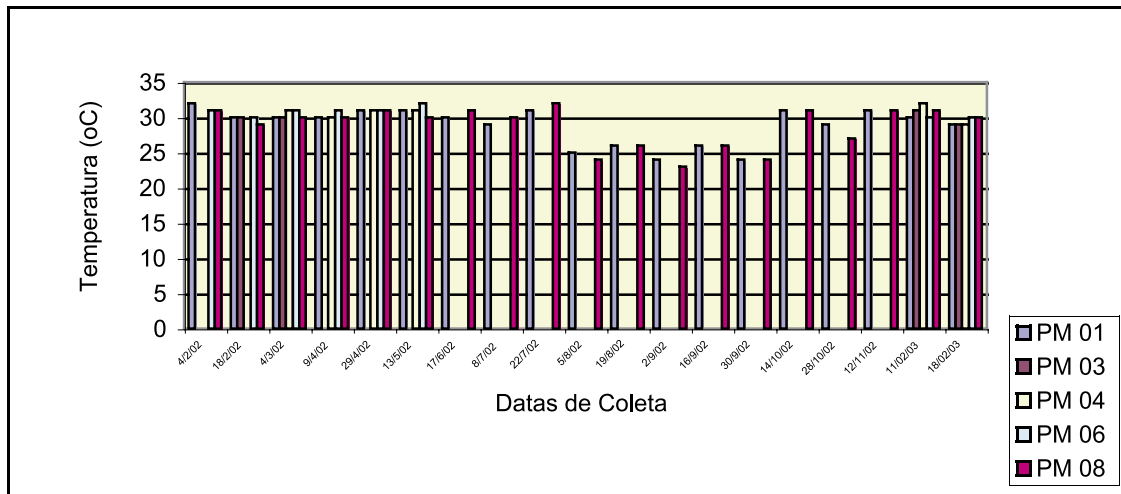


Figura 41 – Temperatura da água no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

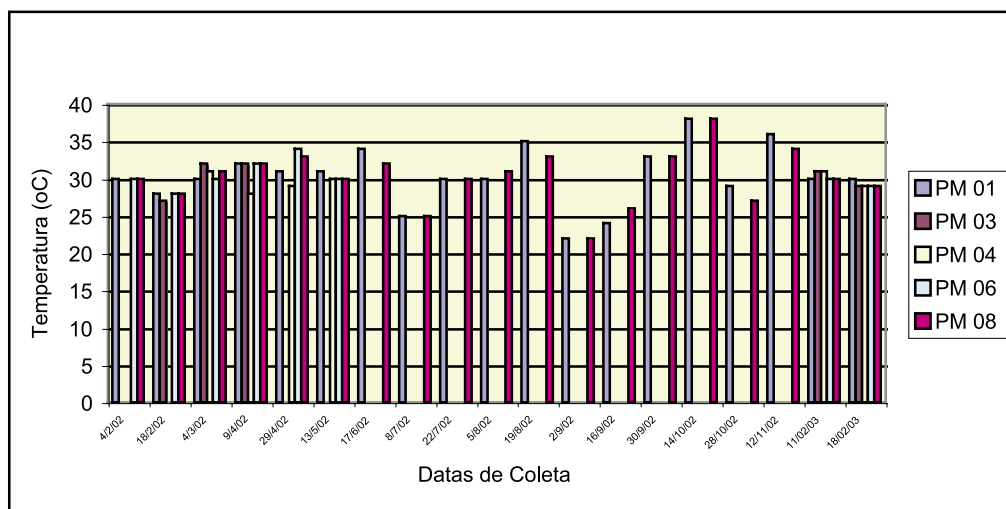


Figura 42 – Temperatura do ar no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

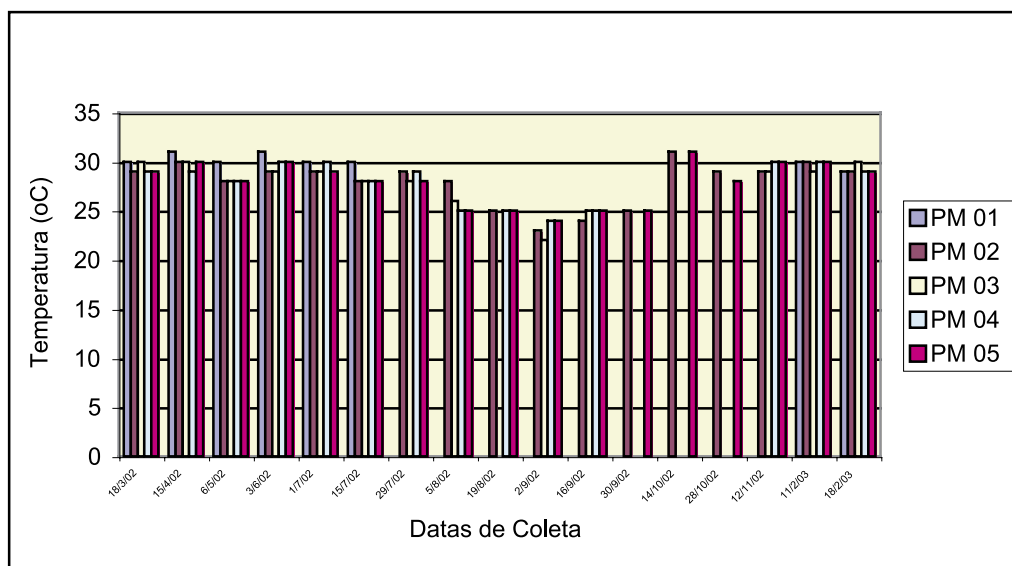


Figura 43 – Temperatura da água no Cemitério Municipal São Gonçalo

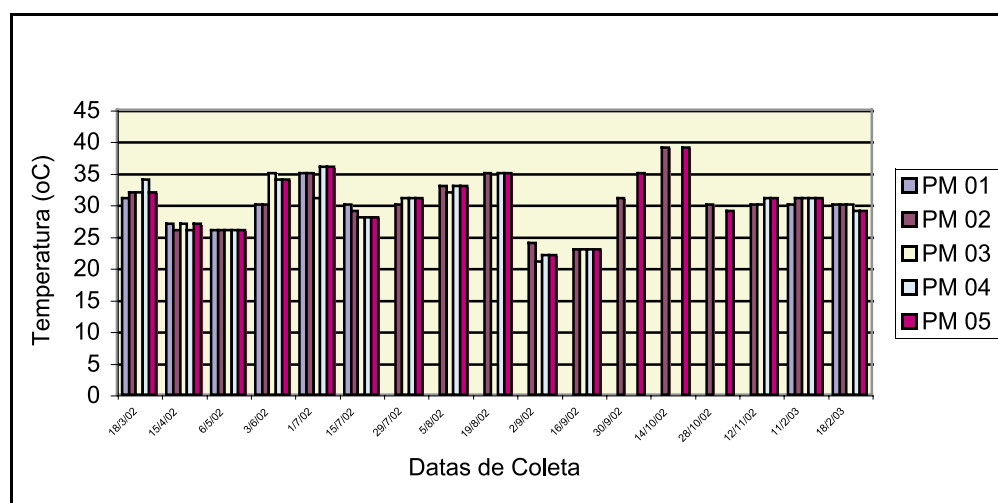


Figura 44 – Temperatura do ar no Cemitério Municipal São Gonçalo

5.9 Análises bacteriológicas

A sobrevivência e o transporte dos microorganismos na subsuperfície dependem de três fatores básicos: clima, tipo de solo e a natureza dos microorganismos. As variáveis que influem são muitas: temperatura, precipitação, teor de umidade do solo, atividade microbiana, pH, quantidade de matéria orgânica presente, textura do solo, entre outros (Gerba E Bitton, 1984).

Apesar de serem bons indicadores de contaminação de origem humana ou animal, as bactérias do grupo coliformes não são tão resistentes no meio ambiente. Além disso, elas podem ser inibidas pela presença de outras bactérias (Cetesb, 1996). A utilização destas

bactérias para o estudo do transporte de contaminantes em cemitérios e, em geral, nas águas subterrâneas, deve ser considerada com cuidado, uma vez que outros contaminantes mais persistentes, como vírus, podem ser transportados no meio poroso para distâncias maiores (Keswick et al, 1982).

Os resultados das análises bacteriológicas estão apresentadas nas tabelas 22 a 32, anexas.

Coliformes totais

No Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá a variável Coliformes totais (NCMF/100ml) apresentou concentração máxima de 5.900 no PM 01 e mínima de <1 (figura 45). Observa-se que neste Cemitério o PM 01 apresentou as maiores concentrações, isto se deve à sua localização, visto que o mesmo foi locado em cota topográfica baixa, região onde se concentra o fluxo das águas subterrâneas.

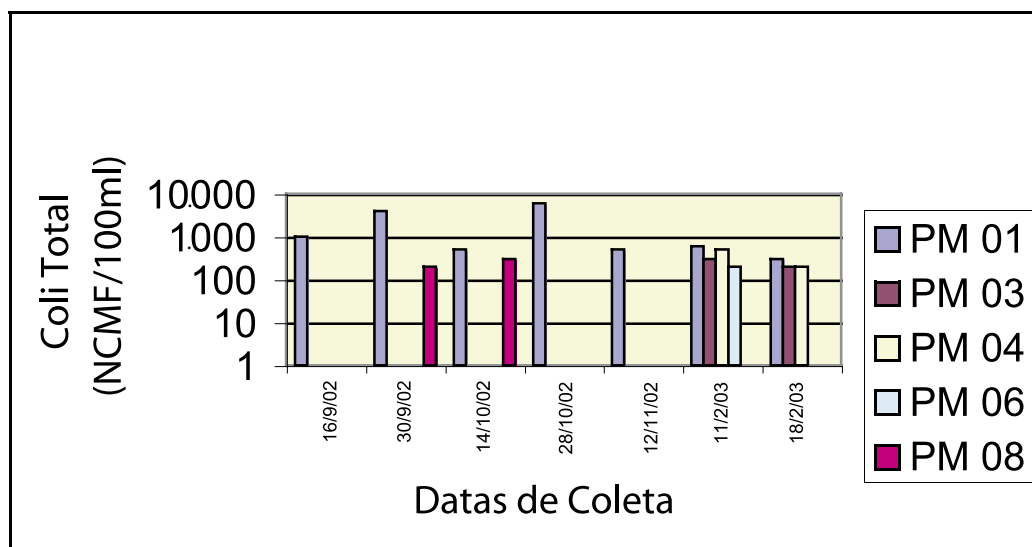


Figura 45 – Coliformes Totais no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá (NCMF/100ml)

Ainda no mesmo cemitério, a determinação de coliformes totais pela técnica de tubos múltiplos evidenciou concentração com máximo de $2,4 \times 10^6$ no PM 08 e mínimo de <2 (figura 46). O poço de monitoramento PM 08 apresenta em uma amostragem concentração anômala. Este poço também se encontra em cota topográfica baixa, além de ser um poço tubular profundo.

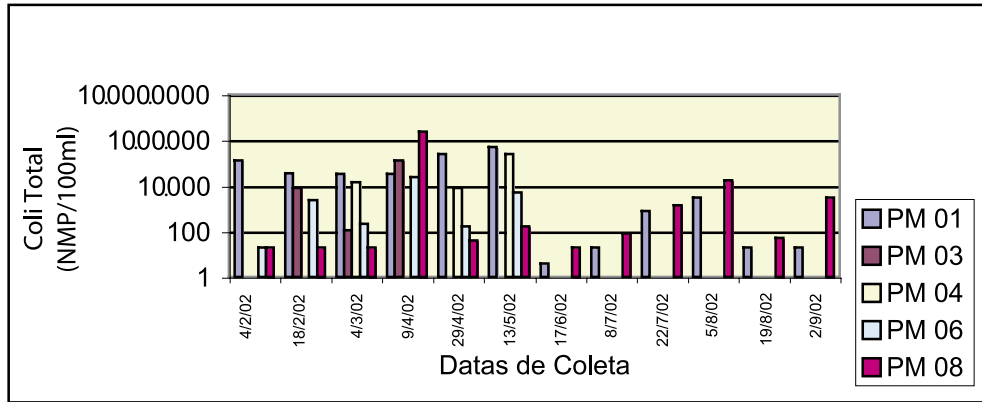


Figura 46 – Coliformes Totais no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá (NMP/100ml)

No Cemitério Municipal São Gonçalo os Coliformes totais (NCMF/100ml) apresentaram concentração máxima de 17.600 no PM 05 e mínima de <1 (figura 47).

O PM 05 apresentou uma concentração anômala no dia 11/2/2003. Isto provavelmente se deve ao ciclo de sepultamento dos corpos, sendo os de sepultamento recente as maiores fontes de produção de coliformes.

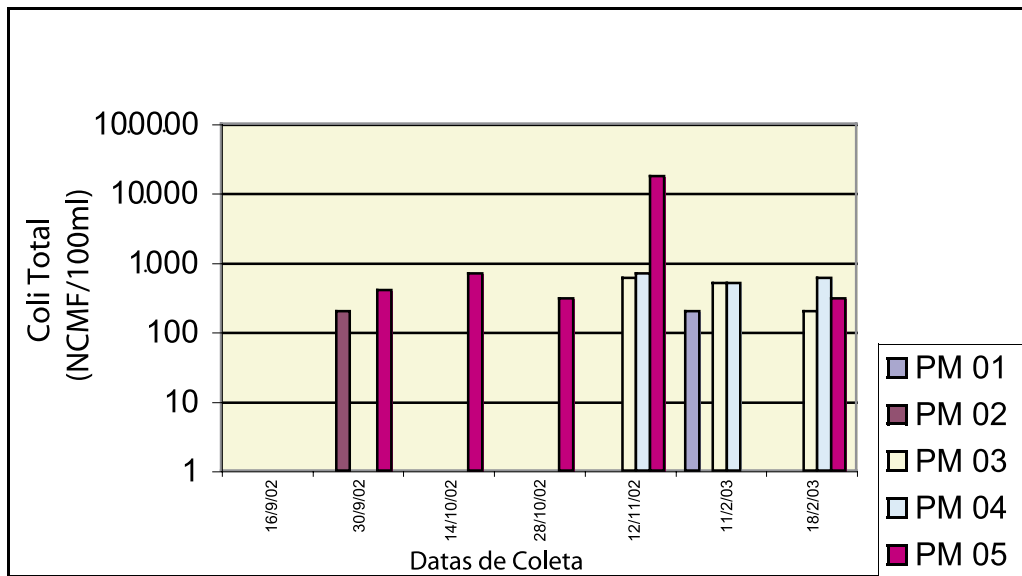


Figura 47 – Coliformes Totais no Cemitério Municipal São Gonçalo (NCMF/100ml)

No Cemitério Municipal São Gonçalo os coliformes totais (NMP/100ml) apresentaram concentração máxima de 79×10^4 no PM 04 e mínima de <20 .

O PM 04 apresentou uma concentração anômala no dia 15/4/2002, provavelmente devido ao ciclo de sepultamento, onde sepulturas mais recentes possuem maiores concentrações de coliformes (figura 48).

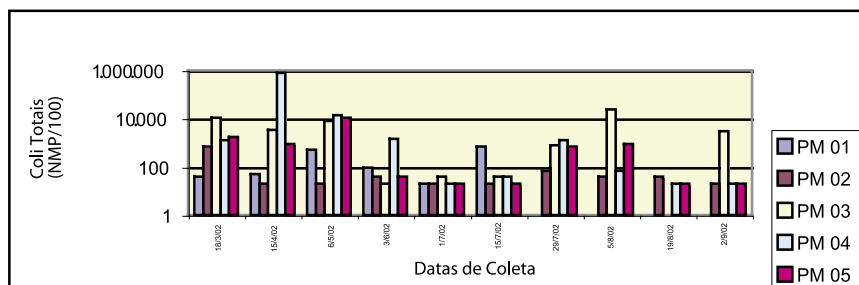


Figura 48 – Coliformes Totais no Cemitério Municipal São Gonçalo (NMP/100ml)

Coliformes termotolerantes

No Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá os coliformes termotolerantes (NMP/100ml) apresentaram concentração com máximo de $2,4 \times 10^6$ no PM 08 e mínimo de <20 (figura 49).

Observa-se que as maiores concentrações encontradas foram no PM 01 e no PM 08. Como já mencionado estes dois poços de monitoramento estão localizados em regiões de cota topográfica mais baixa, regiões para onde fluem as águas subterrâneas do cemitério, além de o PM 08 ser um poço tubular profundo.

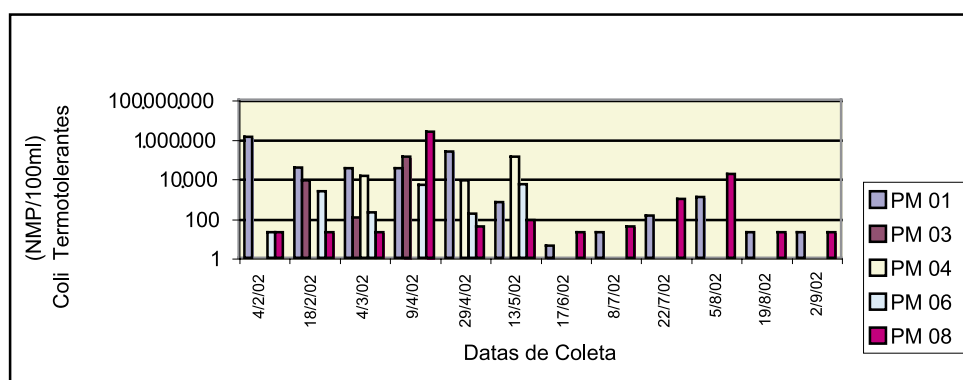


Figura 49 – Coliformes Termotolerantes no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

No Cemitério Municipal São Gonçalo, os coliformes termotolerantes (NMP/100ml) apresentaram concentração máxima de 79×10^4 no PM 04 e mínima de <20 (figura 50).

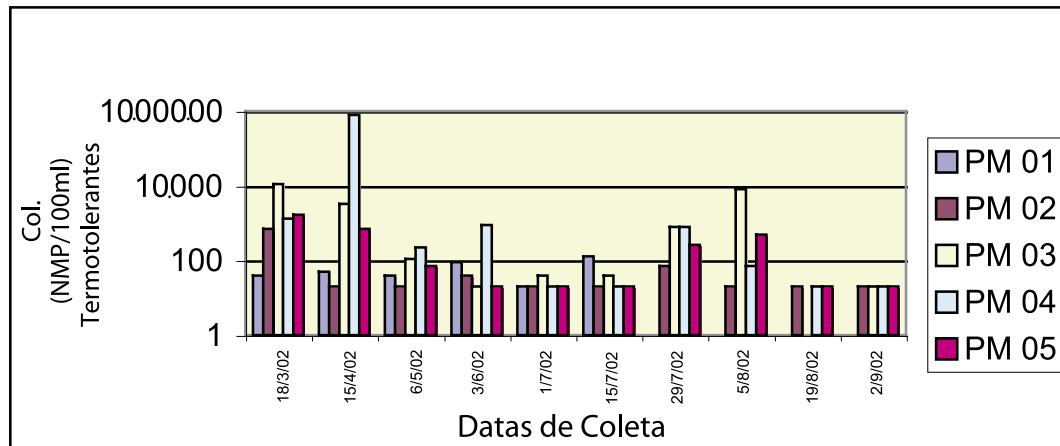


Figura 50 – Coliformes termotolerantes no Cemitério Municipal São Gonçalo

Escherichia coli

No Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá não foi evidenciada a presença de *Escherichia coli* (NCMF/100ml), durante o período de estudo (figura 51).

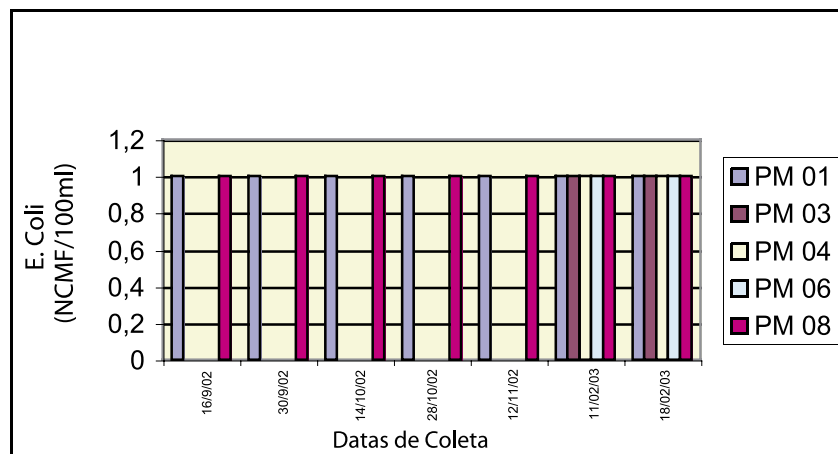


Figura 51 – *Escherichia coli* no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Da mesma maneira, a *Escherichia coli* (NCMF/100ml) no Cemitério Municipal São Gonçalo não foi encontrada (figura 52).

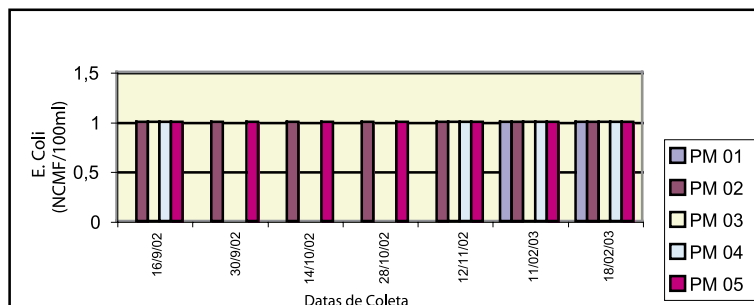


Figura 52 – *Escherichia coli* no Cemitério Municipal São Gonçalo

Salmonella

No Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá a variável salmonela (NCMF/100ml) ocorreu com máximo de 1.300 no PM 01 e mínimo de <1 (figura 53).

O único poço de monitoramento que apresentou concentração de salmonela neste cemitério foi o PM 01, isto provavelmente se deve a sua localização em região de cota topográfica baixa.

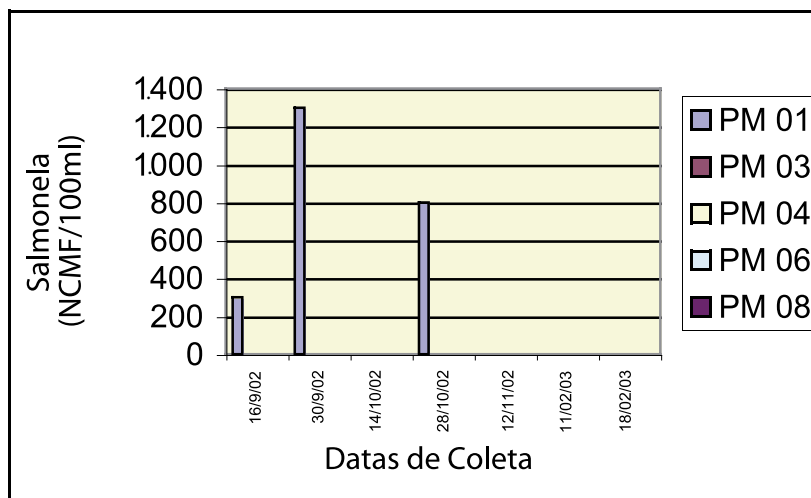


Figura 53 – Salmonela no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

No Cemitério Municipal São Gonçalo a variável salmonela (NCMF/100ml) apresentou concentração máxima de 3.000 no PM 02 e mínima de <1 (figura 54).

Todos os poços de monitoramento apresentaram em pelo menos um dia salmonela neste cemitério, inclusive o PM 01 que é um poço de *background*, impossibilitando, desta maneira, a certeza de que a salmonela tem como origem o cemitério.

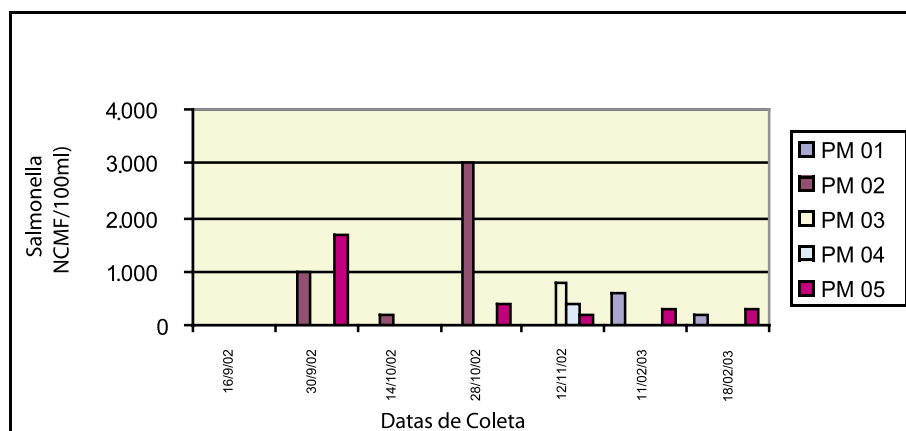


Figura 54 – Salmonela no Cemitério Municipal São Gonçalo

Considerando a possibilidade do uso das águas subterrâneas para consumo, coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli* não devem ser encontradas em águas potáveis (1.469/2000, Ministério da Saúde).

O exame das tabelas e gráficos mostra que as condições higiênicas e sanitárias das águas subterrâneas são consideradas insatisfatórias nos dois cemitérios.

Quanto à *Escherichia coli*, que é uma espécie do grupo coliforme, indicadora da presença de material fecal do homem ou de animais de sangue quente, não foi evidenciada em nenhuma das amostras. Este é um resultado esperado, uma vez que esta bactéria em geral tem sobrevivência curta no solo, já que é uma espécie natural da flora intestinal de animais de sangue quente. Uma eventual presença de *Escherichia coli* nos poços só poderia estar associada à decomposição de corpos recém-enterrados.

É importante observar que no PM 08, que é um poço tubular profundo do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, foram encontrados coliformes totais e coliformes termotolerantes.

Quanto à salmonela, no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, foi encontrada somente no PM 01. No Cemitério Municipal São Gonçalo, a salmonela foi encontrada em todos os poços de monitoramento inclusive no poço de *background*.

Bactérias heterotróficas

A figura 55 mostra os resultados obtidos para as análises de bactérias heterotróficas realizadas na água dos poços de monitoramento e controle, nos dois cemitérios.

No cemitério São Gonçalo foram realizadas análises nas estações amostrais: PM 02, PM 04 e PM 05, cujos resultados apresentaram números de colônias variando de $2,2 \times 10^3$; $1,4 \times 10^3$ e $1,9 \times 10^3$ (UFC/mL), respectivamente.

Os resultados para as análises das estações amostrais no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, apresentou para o PM 01, número de colônias igual a $1,0 \times 10^3$ (UFC/mL) e para o PM 08 (poço de controle), número de colônias igual a 60 UFC/ml. Ressalta-se que as demais estações amostrais nos dois cemitérios apresentavam os poços de monitoramento secos na data da coleta.

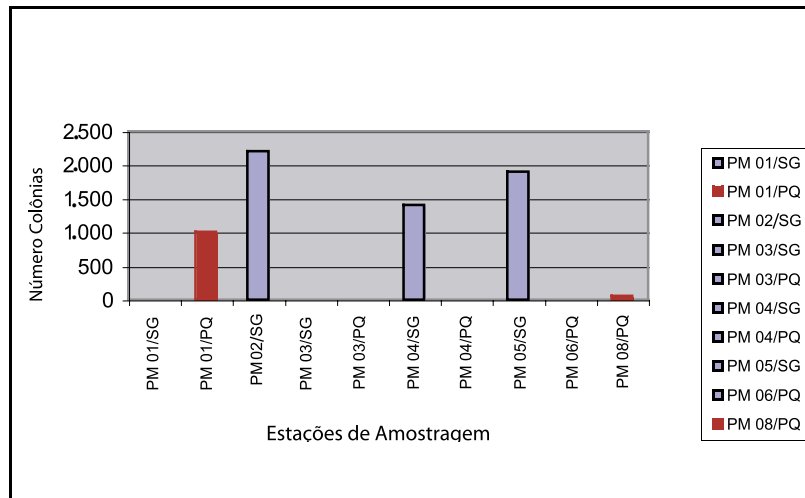


Figura 55 – Bactérias Heterotróficas no Cemitério São Gonçalo e Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Os resultados obtidos mostram que o número de colônias de bactérias heterotróficas para todas as estações amostrais, onde foram realizadas análises, apresentam valores inferiores aos observados por Bolívar (2001), para as amostras de água do aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, que apresentaram número de colônias de bactérias heterotróficas igual a 53×10^3 UFC/ml.

Considerando que a água do poço de monitoramento PM 04 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá utilizado como estação de controle, apresentou contagem de bactérias heterotróficas elevadas ($1,4 \times 10^3$ UFC/ml), apesar de ter sido construído a montante da pluma de contaminação.

O resultado observado para o PM 08 (poço tubular profundo), apresentou contagem geral de bactérias heterotróficas (60 UFC/ml), dentro dos padrões higiênicos previstos na Portaria nº 1.469/MS, uma vez que é utilizado para consumo humano.

5.10 Monitoramento do nível da água

A interpretação dos dados do monitoramento do nível da água expostos a seguir foi feita a partir do estudo das tabelas 33 e 34 anexas, que ilustram os resultados do monitoramento.

O nível da água, ou seja, do lençol freático, não variou significativamente durante o período de monitoramento, mas nota-se que é influenciado pela precipitação pluviométrica. Sendo mais rasos nas épocas de chuva e mais profundos nas épocas de estiagem, é interessante observar que alguns poços de monitoramento chegaram a secar no período de estiagem.

É bom ressaltar que o motivo de alguns poços terem secado durante o monitoramento é que tiveram de ser construídos na época da chuva, quando o nível da água subterrânea estava mais próximo da superfície da terra. Assim, na época de estiagem, o nível da água abaixou, secando alguns poços de monitoramento.

Não foi realizado a potenciometria dos cemitérios, mas, tudo indica que o fluxo da água subterrânea flui das regiões de topografia mais alta para as regiões de topografia mais baixa.

Deve ser observado que, segundo a Resolução nº 335 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, Conama, publicada em 28/5/2003 no *Diário Oficial* da União, recomenda que “a área de fundo das sepulturas deve manter a distância mínima de um metro e meio do nível máximo do nível da água (lençol freático)”. Os poços PM 01, PM 3 e PM 06 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, possuem nível da água rasos na época da chuva, chegando a aflorar à superfície do terreno em março e abril. Nestas regiões não se devem sepultar corpos, pois se eles estiverem abaixo do nível da água, serão saponificados. A Resolução Conama nº 335 de 28/5/2003 recomenda que, caso o terreno não mantenha esta distância, os sepultamentos devem ser feitos acima do nível natural do terreno.

5.11 Risco para saúde pública e legislação

Os resultados mostram que os dois cemitérios não estão contribuindo significativamente em termos de risco para a saúde pública nesta região. Isto se deve provavelmente à carga de contaminação, isto é, o número de sepultamentos ainda é pequeno nestes cemitérios, dando tempo suficiente para as reações físicas, químicas e biológicas que ocorrem no subsolo modifiquem o necrochorume, tornando-os, de uma maneira geral, menos perigosos nas águas subterrâneas. Porém, não devemos esquecer que foi detectada salmonela nas águas subterrâneas dos dois cemitérios.

Um dos objetivos deste trabalho foi avaliar e discutir os resultados obtidos com relação à legislação existente sobre o assunto, mas, no estado de Mato Grosso, não existe, nos âmbitos estadual e municipal, legislação relacionada à construção de cemitérios. No entanto,

deve ser novamente observado que, no tocante à legislação federal a Resolução nº 335, do Conselho Nacional de Meio Ambiente, Conama, publicada em 28/5/2003 no *Diário Oficial* da União, recomenda que “a área de fundo das sepulturas deve manter a distância mínima de um metro e meio do nível máximo do nível da água (lençol freático)”. Os poços PM 01, PM 3 e PM 06 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá, possuem nível d’água rasos na época da chuva, chegando a aflorar à superfície do terreno em março e abril. Nestas regiões não se deve sepultar corpos, pois se os mesmos estiverem abaixo do nível d’água, serão saponificados. A Resolução Conama nº 335, de 28/5/2003 recomenda que caso o terreno não mantenha esta distância, os sepultamentos devem ser feitos acima do nível natural do terreno.

6. Conclusões

Os estudos realizados nas águas subterrâneas do Cemitério Municipal São Gonçalo e do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá permitem as seguintes conclusões:

1. Não foi comprovada a contaminação das águas subterrâneas dos dois cemitérios por produtos nitrogenados e por metais.
2. A presença dos cemitérios contribuiu para aumentar a condutividade elétrica das águas subterrâneas dos dois cemitérios, que têm origem mais provável no necrochorume, que aumentou o teor de sais dissolvidos nas águas subterrâneas.
3. De uma maneira geral, os cemitérios contribuíram para aumentar a concentração de sólidos totais dissolvidos nas águas subterrâneas, sugerindo que o necrochorume aumentou a concentração de minerais nas águas subterrâneas.
4. Foi detectada a presença de salmonela nas águas subterrâneas dos dois cemitérios.

7. Recomendações para utilização dos resultados pela Funasa e indicativo de custos

Foi visto que as áreas mais protegidas dentro dos cemitérios são aquelas onde a zona não saturada é mais espessa, pois há um poder maior de autodepuração do solo e que estas áreas são aquelas de topografia mais elevada; e que, nas partes mais baixas dos terrenos, o nível da água subterrânea, normalmente, está mais raso e o poder de neutralização natural dos poluentes é menor. Podemos concluir que a migração dos poluentes dependerá essencialmente da declividade do terreno, do gradiente hidráulico, da profundidade do nível da água subterrânea e da intensidade, continuidade e quantidade da contaminação.

Assim, recomenda-se:

- continuar monitorando a qualidade das águas subterrâneas dos dois cemitérios e, principalmente, o nível da água, muito raso na época da chuva, proporcionando ambiente anaeróbio;
- construir e monitorar poços de monitoramento no entorno dos cemitérios;
- do ponto de vista microbiológico é aconselhável a prescrição de clostrídios sulfito-redutores, bactérias proteolíticas, estreptococos fecais, bactérias heterotróficas anaeróbias e os vírus colifagos 30, colifagos T134, e colifagos T4 para uma melhor caracterização da contaminação das águas subterrâneas por corpos em decomposição.

Com relação ao indicativo de custos:

- a análise de clostrídios sulfito-redutores está na ordem de R\$ 80,00 (oitenta reais);
- a análise das bactérias proteolíticas está na ordem de R\$ 80,00 (oitenta reais);
- a análise das bactérias Heterotróficas anaeróbias está na ordem de R\$ 200,00 (duzentos reais);
- a análise dos estreptococos fecais está na ordem de R\$ 60,00 (sessenta reais);
- as bactérias lipolíticas e os vírus colifagos 30; colifagos T134 e colifagos T4 não são analisados em Cuiabá.

Os resultados do presente estudo vêm reforçar a necessidade de serem obedecidos critérios geológicos e hidrogeológicos na implantação de cemitérios.

Segundo Migliorini (1994), para a escolha do local em que o cemitério será construído são pertinentes as seguintes recomendações:

1. a geologia da região deve ser estudada através de mapas geológicos e topográficos, trabalhos publicados, fotografias aéreas e trabalhos de campo.
2. devem ser feitas sondagens para os ensaios de permeabilidade, determinação do nível do lençol freático, da direção e sentido do fluxo e caracterização do perfil geológico da área.
3. deve ser evitada a utilização de regiões cujos solos sejam muito permeáveis (areia e cascalho), ou constituídos por materiais muito finos (silte e argila), onde prevalecem condições anaeróbicas, e ainda terrenos formados por rochas fraturadas ou cársticas.
4. o nível do lençol freático deve ser o mais baixo possível, pois o ambiente pode tornar-se anaeróbico se os corpos estiverem abaixo do nível da água.
5. o relevo do local não deve ser muito íngreme, pois a erosão pode expor os sepultamentos à superfície do terreno.
6. deve ser executado um projeto de drenagem, com vistas à proteção do terreno da erosão.

Uma vez construído o cemitério, poços de monitoramento devem ser implantados no seu interior e nas áreas adjacentes, com o objetivo de monitorar tanto o nível do lençol freático como a qualidade da água subterrânea.

8. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Perigo: cemitérios e a contaminação das águas subterrâneas. **Boletim Informativo da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas**, n. 111, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. Ensaio de permeabilidade em solos. Orientações para sua execução no campo. **Boletim [da Associação Brasileira de Geologia e Engenharia]**, n. 4, 1981.

BARROS, A. M.; SILVA, R. M.; CARDOSO, O. R. F. A.; FREIRE, F. A.; SOUZA, J. J. Jr.; RIVETTI, M.; LUZ, D. S.; PALMEIRA, R. C. B.; TASSINARI, C. C. G. Geologia. In: **Radambrasil: Folha SD-21**. Cuiabá: MME, 1982. (Levantamento de Recursos Naturais). v. 26, p.25–192.

BAYARD, J. P. **Les sens caché des rites mortuaires**. France: Dangles, 1974.

BOLETIM AGROCLIMATOLÓGICO, INMET, Brasília, v. 30, n. 01-12, 1996.

BOLETIM AGROCLIMATOLÓGICO, INMET, Brasília, v. 31, n. 01-12, 1997.

BOWER, H. **Groundwater Hydrology**. New York: McGraw Hill Book Company, 1978.

BRAZ, V.; BECKMANN, L.; COSTA e SILVA, L. Integração de resultados bacteriológicos e geofísicos na investigação da contaminação de águas por cemitérios. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., 2000, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza: ABAS, ALHSUD, IAH, 2000.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Bactérias heterotróficas: contagem em placas**. São Paulo: Cetesb, 1996. (Norma LS.201).

COSTA, W. D.; MENEGASSE, L. N.; FRANCO, R. D. Contaminação da água subterrânea relacionada com os Cemitérios da Paz e da Saudade no Município de Belo Horizonte, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2002.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

FEMA; EMPAER. **Projeto de recuperação e conservação do Rio Cuiabá: Anexo III**. Cuiabá, 1996.

GALVÃO, M. V. (Org.). **Geografia do Brasil, grande região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia, 1960.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Portaria nº 1.469: controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília: Funasa, 2001.

- GERBA, C. P.; BITTON, G. Microbial pollutants: their survival and transport pattern to groundwater. In: BITTON, G.; GERBA, C.P. (Eds.). **Groundwater pollution microbiology**. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- KESWICK, B. H.; WANG, D.; GERBA, C. P. The use of microorganisms as groundwater tracers: a review. **Groundwater**, v. 20, n. 2, p.142-149, 1982.
- KONEFFES, J. **Ashes to Arsenic Dust to Death**. Soíls, 1991. p.36.
- LEWIS, W. J.; STEPHEN S. D.; DRASAR, B. S. **O risco de poluição do lençol freático por sistemas de disposição local de esgotos**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente; Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 1986.
- LUZ, J. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUZA, J. O.; MOTTA, J. F. M.; TANNO, L. C.; CARMO, L. S.; SOUZA, N. B. **Projeto Coxipó** – v. 1. Goiânia: DNPM/CPRM, 1980. (Relatório Final).
- MATOS, B. A.; PACHECO, A.; BASTIANON, D.; BATELO, E. Contaminação do aquífero livre em cemitérios: estudo de caso. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1998.
- MATOS, B. A. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismo no aquífero freático do Cemitério Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo**. 2001. 114 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- MATOS, B. A.; PACHECO, A. Ocorrência de microorganismos no aquífero freático do Cemitério Vila Nova Cachoeirinha, São Paulo. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABAS, ALHSUD, IAH, 2000.
- _____. Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismo no aquífero freático do Cemitério Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2002.
- MATOS, B. A.; PACHECO, A.; BASTIANON, D.; BATELO, E. Caracterização hidrogeológica do aquífero freático no Cemitério Vila Nova Cachoeirinha, no Município de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2002.
- MENDES, J. M. B. Cemitérios e o Meio Ambiente - A Geofísica como método auxiliar na avaliação de sua influência nas áreas subterrâneas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 2., 1989, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1989. p. 50-57.
- MIGLIORINI, R. B. **Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos. Estudo do Cemitério Vila Formosa na Bacia Sedimentar de São Paulo**. 1994. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 1994.
- _____. Estudo físico-químico e químico das águas subterrâneas do Cemitério Vila Formosa, São Paulo – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8., 1994, Recife. **Anais...** Recife, 1994. p.160-168.
- MIGLIORINI, R. B.; KIMMELMAN E SILVA, A. A.; PACHECO, A. Cemitérios contaminam águas subterrâneas. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DA AMAZÔNIA E CENTRO-OESTE, 3., 1995, Belém. **Anais...** Belém: UFPA, 1995. p.341-347.
- MIGLIORINI, R. B. **Hidrogeologia em meio urbano. Região de Cuiabá e Várzea Grande**

MT. 1999. 146 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências da USP, São Paulo, 1999.

_____. **Cemitérios contaminam o meio ambiente? Um estudo de caso.** Cuiabá: Editora da UFMT, 2002.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil:** guia auxiliar para seu conhecimento. São Paulo: Funesp, 1992.

OLIVEIRA, W. de. **Estudo de viabilidade geológica para implantação de cemitérios.** Belém: PETEM, 1996.

OLIVEIRA, W. de; TAGLIARINI, E. M.; TANCREDI, A. C. F. N. S. Estudo hidrogeológico para implantação do Cemitério Max Domini II – Região de Belém – Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2002.

OSTROWSKY, M. S. B. **Urbanização e controle de enchentes - O Caso de São Paulo; seus conflitos e inter-relações.** 1989. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1989.

PACHECO, A. Os cemitérios como risco potencial para as águas subterrâneas. **Revista do SPAM**, São Paulo, v. 17, p. 25-37, 1986.

PACHECO, A.; MENDES, J. M. B.; HASUDA, S. O Problema geo-ambiental da localização de cemitérios em meio urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5., 1988, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1988. p.206-215.

PACHECO, A.; MENDES, J. M. B. Cemitérios podem contaminar as áreas subterrâneas. **Revista de Saneamento Ambiental**, n. 6, p. 31-33, 1990.

PACHECO, A.; MENDES, J. M. B.; MARTISN, T.; HASSUDA, S.; KIMMELMANN, A. A. Cemeteries - A Potential Risk_to Groundwater. **Wat. Sci Tech.**, v. 24, p. 97-104, 1991.

PACHECO, A.; MATOS, B. A. Cemitérios e meio ambiente. Critérios para a implantação e norma técnica. **Tecnologias do Ambiente**, n. 33, p. 13-15, 2000.

PACHECO, A; BATELLO, E. A influência dos fatores ambientais nos fenômenos transformativos em cemitérios. **Engenharia & Arquitetura:** revista da Escola de Engenharia de São Carlos, USP, v. 2, p. 32-39, 2000.

PEQUENO MARINHO, A. M. C. **Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios.** Estudo de caso do Cemitério São João Batista. 1998. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

PERSON, J. **Interventions réolementaires du géologue agrgréé en yue de la protection des eaux destinées à l alimentatìon humaine.** Document du BRGM. Marseille: Saint Lambert, 1979.

POUNDER, D. J. Postmortem changes and time of death. Disponível em: <<http://www.dundee.ac.uk/forensicmedicine/llb/timedead.htm>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2004.

SATO, M. I. Z.; ALVES, M. T.; SANCHES, P. S. **Microbiologia ambiental.** São Paulo: Cetesb, 1990.

SBCS. **Manual de métodos de trabalho de campo.** Campinas: Comissão de Métodos de Trabalhos de Campo; Instituto Agrônômico, 1976.

SMITH, E. L.; HILL, R. L.; LEHMAN, I. R.; LEFKOWITZ, R. J.; HANDLER, P.; WHITE, A. **Bioquímica:** aspectos gerais 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1993. p.590-592.

STANDARD Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th ed. Baltimore: Port City Press, 1985. p. 373.

Anexos

Tabela 6 – Metais do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Poços	Data Coleta	K mg/L	Na mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	Zn mg/L	Cr mg/L	Pb mg/L	Cd mg/L
PM 01	4/3/02	3,366	4,614	<0,020	0,052	<0,016	<0,05	<0,050	<0,001
PM 03	4/3/02	0,321	0,864	<0,020	0,057	<0,016	<0,05	<0,050	<0,001
PM 04	4/3/02	3,590	5,454	<0,020	0,034	<0,016	<0,05	<0,050	<0,001
PM 06	4/3/02	0,635	1,464	<0,020	0,031	<0,016	<0,05	<0,050	<0,001
PM 08	4/3/02	1,555	2,304	0,072	0,028	<0,016	<0,05	<0,050	<0,001
PM 01	9/4/02	1,428	2,394	0,070	0,034	<0,016	<0,05	<0,050	<0,001
PM 04	9/4/02	1,795	2,844	<0,020	0,061	<0,016	<0,05	<0,050	<0,001
PM 06	9/4/02	0,590	2,064	0,031	0,033	<0,016	<0,05	<0,050	<0,001
PM 08	9/4/02	1,232	1,794	0,133	0,046	<0,016	<0,05	<0,050	<0,001
PM 01	8/7/02	4,510	7,740	0,036	0,052	0,056	<0,020	<0,050	0,025
PM 08	8/7/02	4,600	15,750	<0,010	<0,020	0,033	<0,020	<0,050	0,014
PM 01	22/7/02	2,278	3,690	0,012	0,672	0,042	<0,020	<0,050	0,013
PM 08	22/7/02	3,590	11,025	<0,010	<0,020	0,033	<0,020	<0,050	0,013
V.M.P		*	200	0,1	0,3	5	0,05	0,01	0,005

V.M.P.: Valores máximos permissíveis para o consumo humano, segundo a Portaria nº 1.469/00.

* : A resolução não limita valores

Tabela 7 – Metais do Cemitério Municipal São Gonçalo

Poços	Data de Coleta	K mg/L	Na mg/L	Mn mg/L	Fe mg/L	Zn mg/L	Cr .mg/L	Pb mg/L	Cd mg/L
PM 02	18/3/2002	3,515	3,024	<0,020	0,160	<0,016	<0,05	<0,05	<0,001
PM 03	18/3/2002	1,323	2,304	0,158	0,018	<0,016	<0,05	<0,05	<0,001
PM 04	18/3/2002	0,501	2,184	0,023	0,050	<0,016	<0,05	<0,05	<0,001
PM 05	18/3/2002	2,992	13,524	0,154	2,806	<0,016	<0,05	<0,05	<0,001
PM 01	18/3/2002	0,883	15,924	0,023	0,290	<0,016	<0,05	<0,05	<0,001
PM 01	15/4/2002	0,815	0,285	<0,020	0,011	<0,016	<0,05	<0,05	<0,001
PM 02	15/4/2002	7,180	4,914	<0,020	0,064	<0,016	<0,05	<0,05	<0,001
PM 03	15/4/2002	6,881	4,644	<0,020	0,070	<0,016	<0,05	<0,05	<0,001
PM 04	15/4/2002	2,318	10,524	<0,020	0,025	<0,016	<0,05	<0,05	<0,001
PM 05	15/4/2002	2,468	10,224	<0,020	0,023	<0,016	<0,05	<0,05	<0,001
PM 01	1/7/2002	0,348	0,882	0,020	1,767	0,047	<0,020	<0,050	0,013
PM 02	1/7/2002	1,683	1,440	0,067	0,049	0,093	<0,020	<0,050	0,013
PM 03	1/7/2002	0,673	1,395	0,014	<0,020	0,023	<0,020	<0,050	0,013
PM 04	1/7/2002	1,661	1,773	0,217	0,064	0,061	<0,020	<0,050	0,026
PM 05	1/7/2002	0,460	0,608	<0,010	<0,020	0,039	<0,020	<0,050	0,013
PM 01	15/7/2002	0,920	1,026	0,045	0,081	0,045	<0,020	<0,050	0,013
PM 02	15/7/2002	2,008	2,520	0,095	0,102	0,097	<0,020	<0,050	0,013
PM 04	15/7/2002	1,526	1,485	0,163	0,079	0,041	<0,020	<0,050	0,013
PM 03	15/7/2002	0,482	1,080	0,028	0,214	0,038	<0,020	<0,050	0,013
PM 05	15/7/2002	0,516	0,680	0,026	0,294	0,040	<0,020	<0,050	0,013
V.M.P.		*	200	0,1	0,3	5	0,05	0,01	0,005

V.M.P.: Valores máximos permissíveis para o consumo humano segundo a Portaria nº 1.469/2000.

* : A resolução não limita valores.

Tabela 8 – Substâncias do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Poços	Data de Coleta	NO3 mg/L	NO2 mg/L	NH3 mg/L	SO4 Mg/l	SiO2 Mg/L	PO4 mg/L	F-1 mg/L
PM 01	4/3/2002	0,775	0,017	0,037	0,219	3,758	**	**
PM 03	4/3/2002	0,228	0,017	0,051	<0,054	9,756	**	**
PM 04	4/3/2002	0,136	0,019	0,044	0,389	6,702	**	**
PM 06	4/3/2002	0,821	0,024	0,016	0,219	8,964	**	**
PM 08	4/3/2002	0,093	0,018	0,023	<0,054	14,835	**	**
PM 01	9/4/2002	0,147	0,036	0,059	0,108	2,660	**	**
PM 04	9/4/2002	0,042	0,068	0,089	0,935	4,628	**	**
PM 06	9/4/2002	1,117	0,014	0,016	0,163	5,301	**	**
PM 08	9/4/2002	0,062	0,025	0,030	<0,054	10,053	**	**
PM 01	8/7/2002	0,209	<0,010	<0,005	0,163	0,102	0,009	<0,01
PM 01	22/7/2002	0,529	0,037	<0,005	0,191	4,210	0,013	<0,01
PM 08	22/7/2002	0,028	<0,010	<0,005	0,108	10,148	0,021	<0,01
PM 08	8/7/2002	0,051	<0,010	0,020	0,163	9,606	0,025	<0,01
V.M.P		10	1	0,005	250	*	*	1,5

V.M.P.: Valores máximos permissíveis para o consumo humano segundo a Portaria nº 1.469/200.

* : A resolução não limita valores.

** : Não foi analisado.

Tabela 9 – Substâncias do Cemitério Municipal São Gonçalo

Poços	Data Coleta	NO ₃ mg/L	NO ₂ mg/L	NH ₃ mg/L	SO ₄ mg/l	SiO ₂ mg/L	PO ₄ mg/L	F ⁻¹ mg/L
PM 02	18/3/2002	2,740	0,022	0,023	<0,054	6,178	**	**
PM 03	18/3/2002	1,292	0,012	0,016	<0,054	5,920	**	**
PM 04	18/3/2002	1,056	0,070	0,023	<0,054	4,218	**	**
PM 05	18/3/2002	0,578	0,012	0,030	<0,054	6,438	**	**
PM 01	18/3/2002	1,254	0,021	0,023	<0,054	5,920	**	**
PM 01	15/4/2002	1,508	0,030	0,044	<0,054	6,702	**	**
PM 02	15/4/2002	2,946	0,038	0,030	<0,054	6,178	**	**
PM 03	15/4/2002	2,430	0,099	0,044	<0,054	4,928	**	**
PM 04	15/4/2002	2,572	0,045	0,044	<0,054	2,660	**	**
PM 05	15/4/2002	0,578	0,027	0,044	<0,054	8,372	**	**
PM 01	1/7/2002	1,069	<0,010	0,037	0,081	5,337	0,009	<0,01
PM 01	15/7/2002	<0,020	<0,010	0,081	4,913	5,499	0,005	<0,01
PM 02	1/7/2002	2,439	0,017	0,044	0,054	0,735	0,009	<0,01
PM 02	15/7/2002	2,907	0,062	0,030	0,163	5,418	<0,005	<0,01
PM 03	1/7/2002	0,677	<0,010	0,037	<0,027	7,113	<0,005	<0,01
PM 03	15/7/2002	<0,020	<0,010	0,016	0,163	4,569	0,009	<0,01
PM 04	1/7/2002	2,245	<0,010	0,062	0,163	0,323	<0,005	<0,01
PM 04	15/7/2002	2,597	<0,010	0,009	0,655	5,178	0,009	<0,01
PM 05	1/7/2002	0,361	<0,010	0,023	1,130	5,418	0,009	<0,01
PM 05	15/7/2002	0,348	<0,010	0,030	0,389	5,499	<0,005	<0,01
V.M.P.		10	1	0,005	250	*	*	1,5

V.M.P.: Valores máximos permissíveis para o consumo humano segundo a Portaria nº 1.469/2000.

*: A resolução não limita valores.

**: Não foi analisado.

Tabela 10 – Análises do pH no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Data de Coleta	PM 01	PM 03	PM 04	PM 06	PM 08
4/2/2002	5,29	*	*	5,78	7,25
18/2/2002	5,30	5,47	*	6,01	7,47
4/3/2002	5,08	5,61	5,31	6,09	7,43
9/4/2002	5,18	*	5,79	5,95	7,13
29/4/2002	5,09	*	5,61	5,66	7,54
13/5/2002	6,18	*	7,08	6,65	7,98
17/6/2002	5,94	*	*	*	7,77
8/7/2002	5,25	*	*	*	7,96
22/7/2002	5,46	*	*	*	7,77
5/8/2002	5,53	*	*	*	7,90
19/8/2002	5,74	*	*	*	7,52
2/9/2002	5,45	*	*	*	7,35
16/9/2002	5,42	*	*	*	7,44
30/9/2002	5,49	*	*	*	7,36
14/10/2002	5,36	*	*	*	7,64
28/10/2002	5,35	*	*	*	7,33
12/11/2002	5,33	*	*	*	7,44
11/2/2003	5,09	5,52	5,52	5,84	7,43
18/2/2003	5,09	5,55	5,52	5,72	7,38

V.M.P. de 6,0 a 9,5, segundo Portaria nº 1.469/2000.

* Poço Seco.

Tabela 11 – Análises do pH no Cemitério Municipal São Gonçalo

Data de Coleta	PM 01	PM 02	PM 03	PM 04	PM 05
18/3//2002	4,52	4,56	4,59	3,76	4,90
15/4/2002	4,29	4,40	3,51	4,75	4,80
6/5/2002	4,30	4,63	3,70	3,87	4,90
3/6/2002	5,26	4,91	5,33	4,40	5,37
1/7/2002	5,34	4,82	5,38	4,60	5,53
15/7/2002	4,84	4,33	4,91	4,20	4,46
29/7/2002	*	4,45	5,10	4,30	5,06
5/8/2002	*	4,47	5,23	4,49	5,22
19/8/2002	*	4,90	*	4,74	5,45
2/9/2002	*	4,45	5,06	4,4	5,13
16/9/2002	*	4,35	5,23	4,38	5,24
30/9/2002	*	4,41	*	*	5,32
14/10/2002	*	4,39	*	*	5,35
28/10/2002	*	5,12	*	*	5,18
12/11/2002	*	3,68	4,72	3,66	4,97
11/2/2003	4,33	4,45	3,95	4,23	4,90
18/02/2003	4,20	4,46	3,52	3,85	5,37

V.M.P. de 6,0 a 9,5 , segundo a Portaria nº 1.469/2000.

* Poço Seco.

Tabela 12 – Análises da Condutividade Elétrica no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Data de Coleta	PM 01 ($\mu\text{S/cm}$)	PM 03 ($\mu\text{S/cm}$)	PM 04 ($\mu\text{S/cm}$)	PM 06 ($\mu\text{S/cm}$)	PM 08 ($\mu\text{S/cm}$)
4/2/2002	70,1	*	*	92,4	325
18/02/2002	69,1	66,2	*	131,9	326
4/3/2002	49,0	59,3	29,3	112,5	290
9/4/2002	56,5	*	74,4	88,6	314
29/4/2002	56,3	*	38	67,8	344
13/05/2002	51,8	*	32,8	61,9	305
17/6/2002	49,9	*	*	*	308
8/7/2002	50,4	*	*	*	350
22/7/2002	50,4	*	*	*	351
5/8/2002	53,6	*	*	*	325
19/08/2002	51,8	*	*	*	308
2/9/2002	57,3	*	*	*	320
16/9/2002	58,7	*	*	*	340
30/9/2002	58,2	*	*	*	337
14/10/2002	58,1	*	*	*	351
28/10/2002	50,6	*	*	*	334
12/11/2002	46,1	*	*	*	326
11/2/2003	53,6	63	33,0	98	305
18/2/2003	57	67,5	38,2	112	314

V.M.P. (A portaria não limita valores), segundo a Portaria nº 1.469/2000.

* Poço Seco.

Tabela 13 – Análises da Condutividade Elétrica no Cemitério Municipal São Gonçalo

Data de Coleta	PM 01 ($\mu\text{S/cm}$)	PM 02 ($\mu\text{S/cm}$)	PM 03 ($\mu\text{S/cm}$)	PM 04 ($\mu\text{S/cm}$)	PM 05 ($\mu\text{S/cm}$)
18/3//2002	29,2	83,9	19,3	90,5	16,2
15/4/2002	33,5	87,5	75,7	17,8	19,2
6/5/2002	38,3	91,1	82,7	19	14,3
3/6/2002	36,7	93,2	19,9	85,6	15,5
1/7/2002	27,4	95,7	18,3	78	14,7
15/7/2002	38,3	112	19,2	76,2	25,7
29/07/2002	*	123	18,6	71,4	16
5/8/2002	*	121	19,4	75	17,6
19/8/2002	*	109	*	77,2	17,4
2/9/2002	*	156	18,4	79,6	17,2
16/9/2002	*	150	13	84,1	13,6
30/9/2002	*	164	*	*	17
14/10/2002	*	138	*	*	13,3
28/10/2002	*	115	*	*	14,8
12/11/2002	*	102	17,9	75,8	12,8
11/02/2003	30,2	93	23	80,4	17,1
18/02/2003	33,6	93,8	27,3	83	15,5

V.M.P. (a portaria não limita valores), segundo a Portaria nº 1.469/2000.

* Poço Seco.

Tabela 14 – Análises da Alcalinidade no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Data de Coleta	PM 01 mg/L	PM 03 mg/L	PM 04 mg/L	PM 06 mg/L	PM 08 mg/L
4/2/2002	3	*	*	6	35,7
18/2/2002	2,8	5,5	*	11,2	37,15
04/3/2002	1,7	6,1	9,8	9,8	33,6
9/4/2002	4,0	*	1,5	6,8	34,5
29/4/2002	13,3	*	12,8	14	34,1
13/5/2002	5,2	*	4,5	5,9	36,9
17/6/2002	4,5	*	*	*	37,9
08/7/2002	2,1	*	*	*	37,9
22/7/2002	2,9	*	*	*	38,2
5/8/2002	2,6	*	*	*	37,5
19/8/2002	3,2	*	*	*	40,3
2/9/2002	2,9	*	*	*	39,4
16/9/2002	2,9	*	*	*	38,2
30/9/2002	3	*	*	*	39,8
14/10/2002	3	*	*	*	40,4
28/10/2002	2,8	*	*	*	38
12/11/2002	1.1	*	*	*	38
11/2/2003	1,8	5,7	12	5,5	33
18/2/2003	2,1	6,5	12,65	6,3	35

V.M.P. (a portaria não limita valores), segundo a Portaria nº 1.469/2000.

* Poço Seco.

Tabela 15 – Análises da Alcalinidade no Cemitério Municipal São Gonçalo

Data de Coleta	PM 01 mg/L	PM 02 mg/L	PM 03 mg/L	PM 04 mg/L	PM 05 mg/L
18/3//2002	0,2	0,1	0,1	0	0
15/4/2002	0	0	0	0	0
6/5/2002	0	0	0	0	0
3/6/2002	0,4	0,3	0,7	0	0,6
1/7/2002	0,6	0,2	0,5	0	0,5
15/7/2002	0	0	0	0	0
29/7/2002	*	0	0,3	0	0,3
5/8/2002	*	0	0,2	0	0,3
19/8/2002	*	0,9	*	0,3	0,9
2/9/2002	*	0	1,1	0	0,6
16/9/2002	*	0	0,8	0	0,8
30/9/2002	*	0	*	*	0,6
14/10/2002	*	0	*	*	0,9
28/10/2002	*	0,5	*	*	0,6
12/11/2002	*	0	0	0	0
11/2/2003	0	0	0	0	0
18/2/2003	0	0	0	0	0,4

V.M.P. (a portaria não limita valores), segundo a Portaria nº 1.469/2000.

* Poço Seco.

Tabela 16 – Análises de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Data de Coleta	PM 01 (mg/L)	PM 03 (mg/L)	PM 04 (mg/L)	PM 06 (mg/L)	PM 08 (mg/L)
4/2/2002	32	*	*	40	184
18/2/2002	33	43	*	39	195
4/3/2002	31	45	21	41	187
9/4/2002	34	*	20	39	195
29/4/2002	33	*	21	41	187
13/5/2002	34	*	21	39	193
17/6/2002	31	*	*	*	194
8/7/2002	29	*	*	*	203
22/7/2002	29	*	*	*	205
5/8/2002	34	*	*	*	203
19/8/2002	36	*	*	*	205
2/9/2002	35	*	*	*	201
16/9/2002	35	*	*	*	195
30/9/2002	35	*	*	*	205
14/10/2002	33	*	*	*	202
28/10/2002	32	*	*	*	203
12/11/2002	31	*	*	*	206
11/2/2003	31	45	20	42	188
18/2/2003	33	42	20	44	190

V.M.P.: 1000mg/L, segundo a Portaria nº 1.469/2000.

* Poço Seco.

Tabela 17 – Análises de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) no Cemitério Municipal São Gonçalo

Data de Coleta	PM 01 (mg/L)	PM 02 (mg/L)	PM 03 (mg/L)	PM 04 (mg/L)	PM 05 (mg/L)
18/3//2002	21	53	10	46	10
15/4/2002	22	53	11	46	8
6/5/2002	21	52	10	46	8
3/6/2002	21	53	11	48	8
1/7/2002	16	56	10	45	9
15/7/2002	21	62	11	64	13
29/7/2002	*	71	9	42	10
5/8/2002	*	74	9	44	10
19/8/2002	*	79	*	47	11
2/9/2002	*	83	10	46	9
16/9/2002	*	88	6	49	7
30/9/2002	*	78	*	*	8
14/10/2002	*	46	*	*	8
28/10/2002	*	65	*	*	13
12/11/2002	*	69	9	48	8
11/2/2003	21	52	10	48	10
18/02/2003	21	52	13	44	11

V.M.P.: 1000mg/L, segundo a Portaria nº 1.469/2000.

* : Poço Seco.

Tabela 18 – Valores da temperatura do ar em (0C) no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Datas de Medida	PM 01	PM 03	PM04	PM 06	PM 08
4/2/2002	30	*	*	30	30
18/2/2002	28	27	*	28	28
4/3/2002	30	32	31	30	31
9/4/2002	32	32	28	32	32
29/4/2002	31	*	29	34	33
13/5/2002	31	*	30	30	30
17/6/2002	34	*	*	*	32
8/7/2002	25	*	*	*	25
22/7/2002	30	*	*	*	30
5/8/2002	30	*	*	*	31
19/8/2002	35	*	*	*	33
2/9/2002	22	*	*	*	22
16/9/2002	24	*	*	*	26
30/9/2002	33	*	*	*	33
14/10/2002	38	*	*	*	38
28/10/2002	29	*	*	*	27
12/11/2002	36	*	*	*	34
11/2/2003	30	31	31	30	30
18/2/2003	30	29	29	29	29

Tabela 19 – Valores da temperatura da água subterrânea em (0C) no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Datas de Medida	PM 01	PM 03	PM04	PM 06	PM 08
4/2/2002	32	*	*	31	31
18/2/2002	30	30	*	30	29
4/3/2002	30	30	31	31	30
9/4/2002	30	*	30	31	30
29/4/2002	31	*	31	31	31
13/5/2002	31	*	31	32	30
17/6/2002	30	*	*	*	31
8/7/2002	29	*	*	*	30
22/7/2002	31	*	*	*	32
5/8/2002	25	*	*	*	24
19/8/2002	26	*	*	*	26
2/9/2002	24	*	*	*	23
16/9/2002	26	*	*	*	26
30/9/2002	24	*	*	*	24
14/10/2002	31	*	*	*	31
28/10/2002	29	*	*	*	27
12/11/2002	31	*	*	*	31
11/2/2003	30	31	32	30	31
18/2/2003	29	29	29	30	30

Tabela 20 – Valores da temperatura do ar em (0C) no Cemitério Municipal São Gonçalo

Datas de Medida	PM 01	PM 02	PM03	PM 04	PM 05
18/3/2002	31	32	32	34	32
15/4/2002	27	26	27	26	27
6/5/2002	26	26	26	26	26
3/6/2002	30	30	35	34	34
1/7/2002	35	35	31	36	36
15/7/2002	30	29	28	28	28
29/7/2002	*	30	31	31	31
5/8/2002	*	33	32	33	33
19/8/2002	*	35	*	35	35
2/9/2002	*	24	21	22	22
16/9/2002	*	23	23	23	23
30/9/2002	*	31	*	*	35
14/10/2002	*	39	*	*	39
28/10/2002	*	30	*	*	29
12/11/2002	*	30	30	31	31
11/2/2003	30	31	31	31	31
18/2/2003	30	30	30	29	29

Tabela 21 – Valores da temperatura da água subterrânea em (0C) no Cemitério Municipal São Gonçalo

Datas de Medida	PM 01	PM 02	PM03	PM 04	PM 05
18/3/2002	30	29	30	29	29
15/4/2002	31	30	30	29	30
6/5/2002	30	28	28	28	28
3/6/2002	31	29	29	30	30
1/7/2002	30	29	29	30	29
15/7/2002	30	28	28	28	28
29/7/2002	*	29	28	29	28
5/8/2002	*	28	26	25	25
19/8/2002	*	25	*	25	25
2/9/2002	*	23	22	24	24
16/9/2002	*	24	25	25	25
30/9/2002	*	25	*	*	25
14/10/2002	*	31	*	*	31
28/10/2002	*	29	*	*	28
12/11/2002	*	29	29	30	30
11/2/2003	30	30	29	30	30
18/2/2003	30	29	30	29	29

Tabela 22 – Coliformes totais no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Datas de Coleta	PM 01 NMP/ 100ml	PM 03 NMP/ 100ml	PM 04 NMP/ 100ml	PM06 NMP/ 100ml	PM 08 NMP/ 100ml
4/2/2002	1,3x10 ⁶	*	*	<20	<20
18/2/2002	35x10 ³	8x10 ³	*	2,3x10 ³	<20
4/3/2002	33x10 ³	110	14x10 ³	210	<20
9/4/2002	33x10 ³	130x10 ³	*	24,6x10 ³	2,4x10 ⁶
29/4/2002	240x10 ³	*	8x10 ³	170	40
13/5/2002	500x10 ³	*	240x10 ³	5x10 ³	170
17/6/2002	4	*	*	*	<20
8/7/2002	<20	*	*	*	80
22/7/2002	800	*	*	*	1400
5/8/2002	3x10 ³	*	*	*	17x10 ³
19/8/2002	<20	*	*	*	50
2/9/2002	<20	*	*	*	3x10 ³

*: Poço seco.

Tabela 23 – Coliformes totais no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Datas de Coleta	PM 01 NCMF/ 100ml	PM 03 NCMF/ 100ml	PM 04 NCMF/ 100ml	PM06 NCMF/ 100ml	PM 08 NCMF/ 100ml
16/9/2002	1000	*	*	*	C. C.
30/9/2002	4000	*	*	*	200
14/10/2002	500	*	*	*	300
28/10/2002	5900	*	*	*	<1
12/11/2002	500	*	*	*	179 C. A.
11/2/2003	600	300	500	200	<1
18/2/2003	300	200	200	<1	<1

*: Poço seco.

C.C.: crescimento confluyente.

C.A.: colônias atípicas.

Tabela 24 – Coliformes termotolerantes no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Datas de Coleta	PM 01 NMP/ 100ml	PM 03 NMP/ 100ml	PM 04 NMP/ 100ml	PM 06 NMP/ 100ml	PM 08 NMP/ 100ml
4/2/2002	1,3x10 ⁶	*	*	<20	<20
18/2/2002	35x10 ³	8x10 ³	*	2,3x10 ³	<20
4/3/2002	33x10 ³	110	14x10 ³	210	<20
9/4/2002	33x10 ³	130x10 ³	*	4,6x10 ³	2,4x10 ⁶
29/4/2002	240x10 ³	*	8x10 ³	170	40
13/5/2002	700	*	130x10 ³	5x10 ³	80
17/6/2002	4	*	*	*	<20
8/7/2002	<20	*	*	*	40
22/7/2002	140	*	*	*	900
5/8/2002	1,1x10 ³	*	*	*	17x10 ³
19/8/2002	<20	*	*	*	<20
2/9/2002	<20	*	*	*	<20

*: Poço seco.

Tabela 25 – *Escherichia coli* no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Datas de Coleta	PM 01 NCMF/ 100ml	PM 03 NCMF/ 100ml	PM 04 NCMF/ 100ml	PM 06 NCMF/ 100ml	PM 08 NCMF/ 100ml
16/9/2002	<1	*	*	*	<1
30/9/2002	<1	*	*	*	<1
14/10/2002	<1	*	*	*	<1
28/10/2002	<1	*	*	*	<1
12/11/2002	<1	*	*	*	<1
11/2/2003	<1	<1	<1	<1	<1
18/2/2003	<1	<1	<1	<1	<1

*: Poço seco.

Tabela 26 – *Salmonella sp* no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Datas de Coleta	PM 01 NCMF/ 100ml	PM 03 NCMF/ 100ml	PM 04 NCMF/ 100ml	PM 06 NCMF/ 100ml	PM 08 NCMF/ 100ml
16/9/2002	300	*	*	*	C.C.
30/9/2002	1300	*	*	*	<1
14/10/2002	<1	*	*	*	<1
28/10/2002	800	*	*	*	<1
12/11/2002	<1	*	*	*	179 C.A.
11/2/2003	<1	<1	<1	<1	<1
18/2/2003	<1	<1	<1	<1	<1

*: Poço seco.

C.C.: Crescimento confluyente.

C.A.: Colônias atípicas.

Tabela 27 – Coliformes totais no Cemitério Municipal São Gonçalo

Datas de Coleta	PM 01 NMP/ 100ml	PM 02 NMP/ 100ml	PM 03 NMP/ 100ml	PM 04 NMP/ 100ml	PM 05 NMP/ 100ml
18/3/2002	40	700	11x10 ³	1,3x10 ³	1,7x10 ³
15/4/2002	50	<20	3,3x10 ³	79x10 ⁴	900
6/5/2002	500	<20	8x10 ³	14x10 ³	11x10 ³
3/6/2002	90	40	<20	1,4x10 ³	40
1/7/2002	<20	<20	40	<20	<20
15/7/2002	700	<20	40	40	<20
29/7/2002	*	70	800	1300	700
5/8/2002	*	40	24x10 ³	70	900
19/8/2002	*	40	*	<20	20
2/9/2002	*	<20	3x10 ³	<20	<20

*: Poço seco.

Tabela 28 – Coliformes totais no Cemitério Municipal São Gonçalo

Datas de Coleta	PM 01 NCMF/ 100ml	PM 02 NCMF/ 100ml	PM 03 NCMF/ 100ml	PM 04 NCMF/ 100ml	PM 05 NCMF/ 100ml
16/9/2002	*	C.C.	C.C.	<1	C.C.
30/9/2002	*	200	*	*	400
14/10/2002	*	<1	*	*	700
28/10/2002	*	<1	*	*	300
12/11/2002	*	<1	600	700	17600
11/2/2003	200	<1	500	500	<1
18/2/2003	<1	<1	200	600	300

*: Poço seco.

C.C.: Crescimento confluyente.

Tabela 29 – Coliformes termotolerantes no Cemitério Municipal São Gonçalo

Datas de Coleta	PM 01 NMP/ 100ml	PM 02 NMP/ 100ml	PM 03 NMP/ 100ml	PM 04 NMP/ 100ml	PM 05 NMP/ 100ml
18/3/2002	40	700	11×10^3	$1,3 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$
15/4/2002	50	<20	$3,3 \times 10^3$	79×10^4	700
6/5/2002	40	<20	110	220	70
3/6/2002	90	40	<20	900	<20
1/7/2002	<20	<20	40	<20	<20
15/7/2002	130	<20	40	<20	<20
29/7/2002	*	70	800	800	260
5/8/2002	*	20	8×10^3	70	500
19/8/2002	*	<20	*	<20	<20
2/9/2002	*	<20	<20	<20	<20

*: Poço seco.

Tabela 30 – *Escherichia coli* no Cemitério Municipal São Gonçalo

Datas de Coleta	PM 01 NCMF/ 100ml	PM 02 NCMF/ 100ml	PM 03 NCMF/ 100ml	PM 04 NCMF/ 100ml	PM 05 NCMF/ 100ml
16/9/2002	*	<1	<1	<1	<1
30/9/2002	*	<1	*	*	<1
14/10/2002	*	<1	*	*	<1
28/10/2002	*	<1	*	*	<1
12/11/2002	*	<1	<1	<1	<1
11/2/2003	<1	<1	<1	<1	<1
18/2/2003	<1	<1	<1	<1	<1

*: Poço seco.

Tabela 31 – *Salmonella sp* no Cemitério Municipal São Gonçalo

Datas de Coleta	PM 01 NCMF/ 100ml	PM 02 NCMF/ 100ml	PM 03 NCMF/ 100ml	PM 04 NCMF/ 100ml	PM 05 NCMF/ 100ml
16/9/2002	*	C.C.	C.C.	<1	C.C.
30/9/2002	*	1000	*	*	1700
14/10/2002	*	200	*	*	<1
28/10/2002	*	3000	*	*	400
12/11/2002	*	<1	800	400	200
11/2/2003	600	<1	<1	<1	300
18/2/2003	200	<1	<1	<1	300

*: Poço seco.

C.C.: Crescimento confluyente.

Tabela 32 – Bactérias Heterotróficas nos Cemitérios São Gonçalo e Parque Bom Jesus de Cuiabá

Estações de Amostragem (Poços de Monitoramento)	Número Colônias (UFC/mL)
PM 01/ Cemitério São Gonçalo	*
PM 01/ Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	1000
PM 02/ Cemitério São Gonçalo	2200
PM 03/ Cemitério São Gonçalo	*
PM 03/ Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	*
PM 04/ Cemitério São Gonçalo	1400
PM 04/ Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	*
PM 05/ Cemitério São Gonçalo	1900
PM 06/ Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	*
PM 08/ Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá	60

* Poço seco.

Tabela 33 – Nível da água em metros no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

Data	PM 01	PM 03	PM 04	PM 06	PM 08
1/2/2002	0,20	6,00	5,00	0,20	**
15/2/2002	0,17	0,79	5,00	0,17	**
1/3/2002	0	0,72	1,50	0	**
6/4/2002	0	6,00	4,00	0	**
26/4/2002	1,00	5,80	4,50	1,00	**
10/5/2002	1,00	5,80	4,10	1,00	**
14/6/2002	2,00	5,80	4,85	5,85	**
5/7/2002	2,38	5,85	5,50	5,80	**
19/7/2002	2,05	5,90	5,50	5,85	**
2/8/2002	1,70	5,90	5,60	5,85	**
16/8/2002	1,88	5,88	5,67	5,87	**
30/8/2002	3,11	*	5,58	5,84	**
13/9/2002	3,20	*	*	*	**
27/9/2002	4,08	*	*	*	**
11/10/2002	4,10	*	*	*	**
25/10/2002	4,35	*	*	*	**
08/11/2002	1,43	5,50	5,38	5,32	**
10/2/2003	0,62	3,70	4,95	2,50	**
17/2/2003	0,66	3,77	4,00	2,86	**

*: Poço seco.

** : N.A. não foi medido, pois é um poço tubular profundo.

Tabela 34 – Nível da água em metros no Cemitério Municipal São Gonçalo

Data	PM 01	PM 02	PM 03	PM 04	PM 05
15/3/2002	3,00	2,05	2,00	3,05	2,50
12/4/2002	3,50	3,00	2,00	2,11	2,00
03/5/2002	3,65	3,10	2,25	2,60	2,25
31/5/2002	3,70	3,30	2,5	2,60	2,50
28/6/2002	4,80	3,48	2,70	2,70	2,60
12/7/2002	4,60	3,45	2,90	2,70	2,80
26/7/2002	4,80	3,80	2,40	2,80	2,40
02/8/2002	5,00	3,75	3,00	2,95	3,00
16/8/2002	5,00	3,87	3,22	3,10	3,12
30/8/2002	*	4,05	3,38	3,28	3,26
13/9/2002	*	4,10	3,50	3,30	3,25
27/9/2002	*	4,30	3,54	4,20	3,55
11/10/2002	*	4,30	3,70	4,65	4,00
25/10/2002	*	4,50	3,70	*	3,90
08/11/2002	*	4,38	3,36	3,50	3,83
10/2/2003	3,95	3,10	2,05	2,05	2,20
17/2/2003	3,50	3,11	2,80	3,00	2,50

*: Poço Seco.



Foto 1 – Trincheira 1 no Cemitério Municipal São Gonçalo



Foto 2 – Trincheira 1 no Cemitério Municipal São Gonçalo



Foto 3 – Trincheira 1 no Cemitério Municipal São Gonçalo



Foto 4 – Trincheira 1 no Cemitério Municipal São Gonçalo



Foto 5 – Trincheira 1 no Cemitério Municipal São Gonçalo



Foto 6 – Trincheira 2 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá



Foto 7 – Trincheira 2 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá



Foto 8 – Trincheira 2 do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá



Foto 9 – Trincheira 3 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá



Foto 10 – Trincheira 3 no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

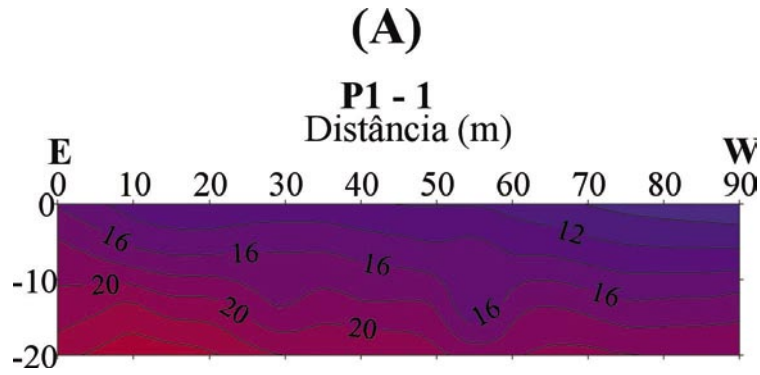


Figura 56 – Perfil 1 – Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

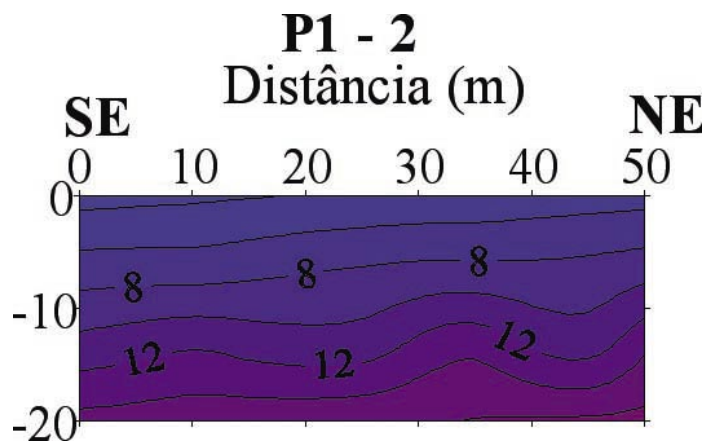


Figura 57 – Perfil 2 – Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

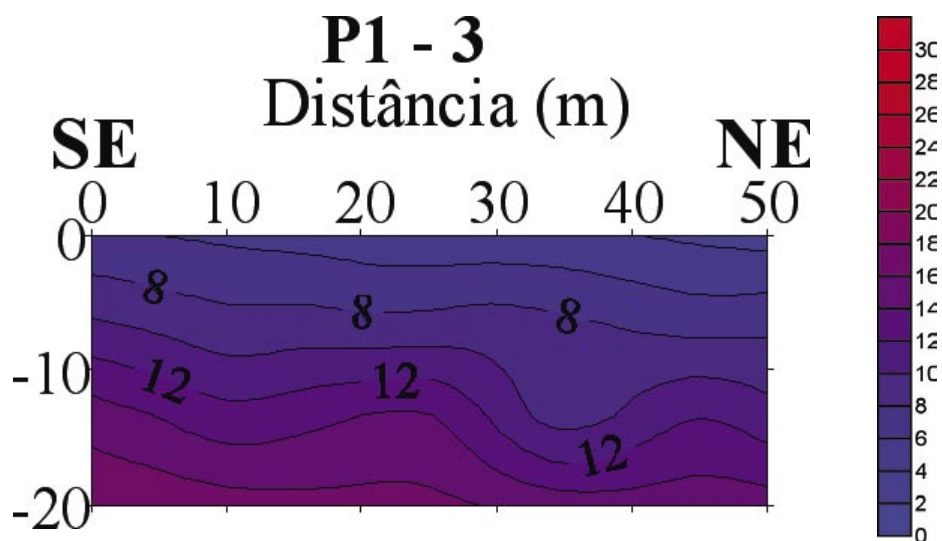


Figura 58 – Perfil 3 – Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

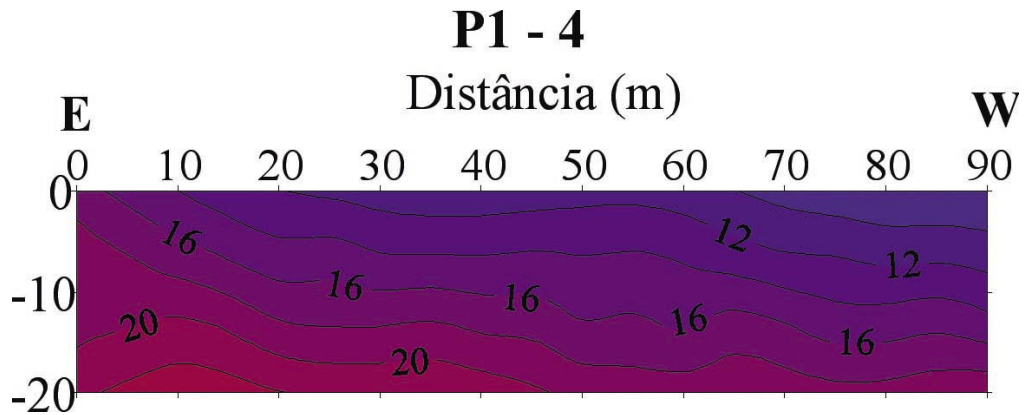


Figura 59 – Perfil 4 – Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

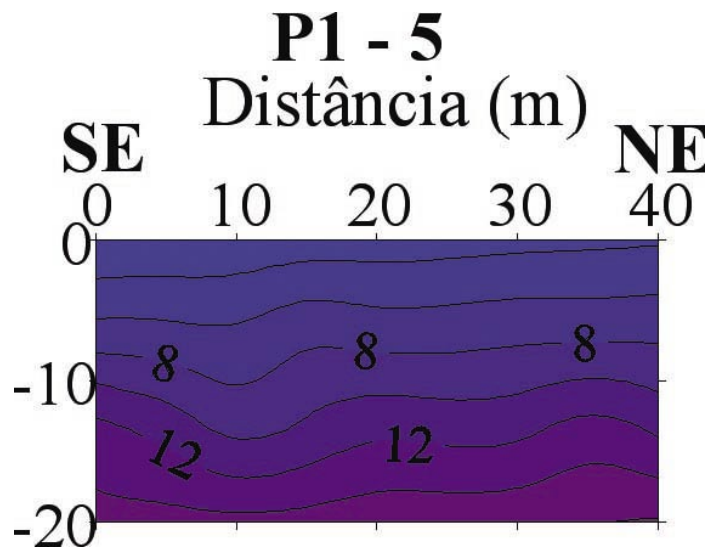


Figura 60 – Perfil 5 – Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

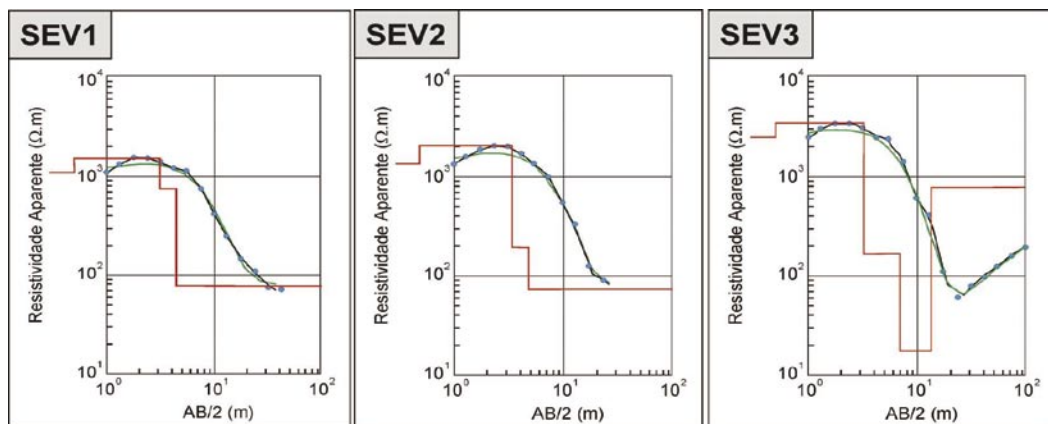


Figura 61 – Curvas de campo e curvas modeladas de Sondagem Elétrica Vertical (SEV) no Cemitério Municipal São Gonçalo

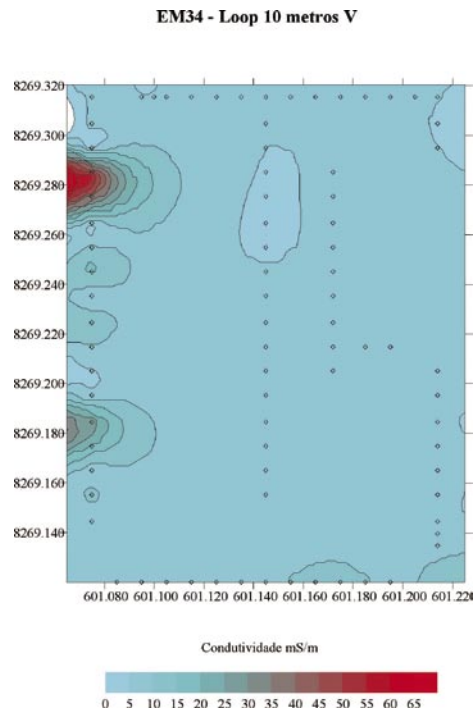


Figura 62 – Mapa de Isocondutividade para camada com 7,5m no Cemitério Municipal São Gonçalo

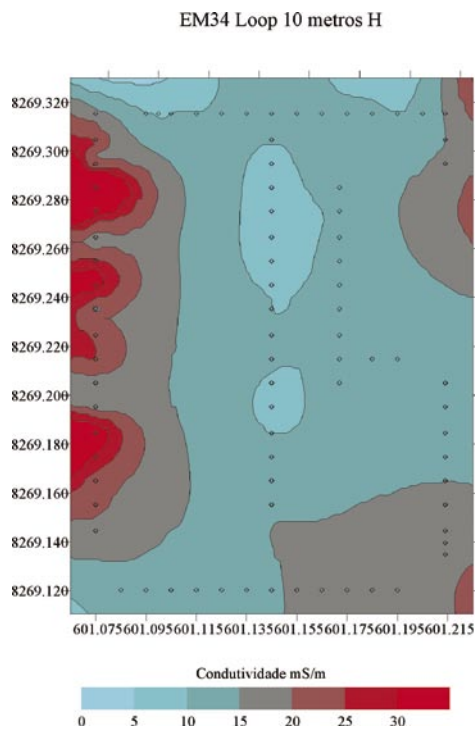


Figura 63 – Mapa de Isocondutividade para camada com 15m no Cemitério Municipal São Gonçalo

Linha 1 - EM34 Loop 10 e 20 m

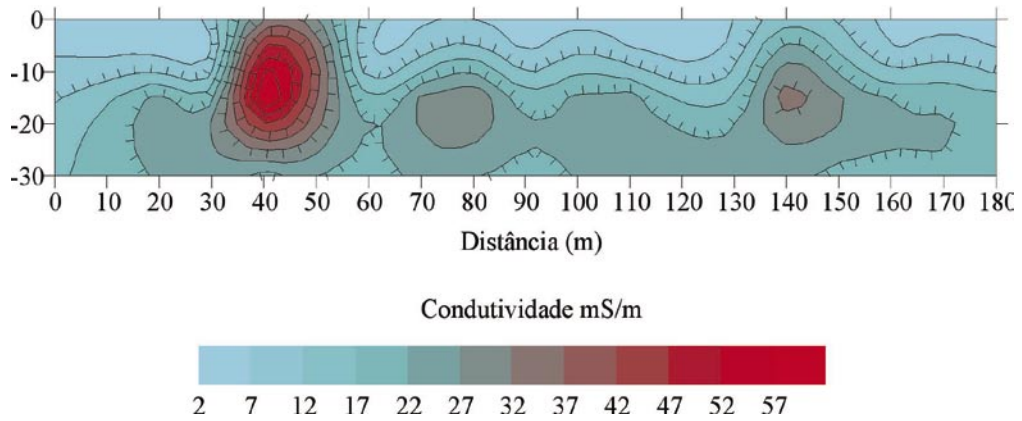


Figura 64 – Perfil de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Municipal São Gonçalo

Linha 8 - Perfil EM34 Loop 10 e 20 metros

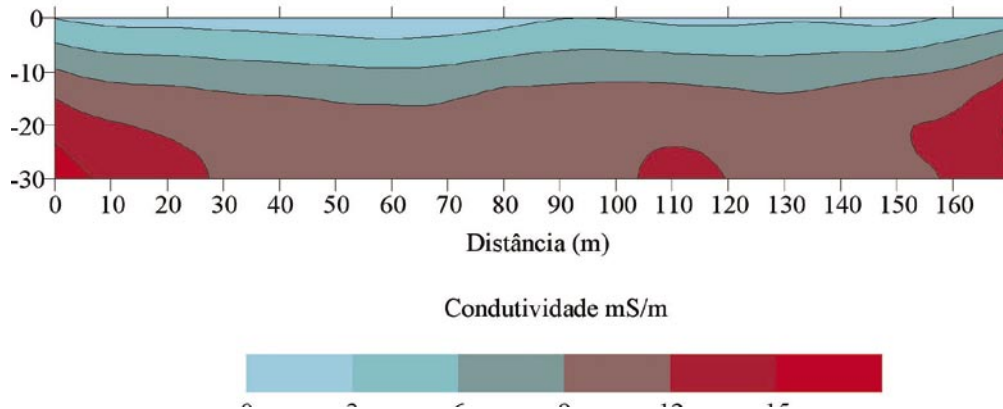


Figura 65 – Perfil de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Municipal São Gonçalo

Linha 3 - Perfil EM34 Loop 10 metros

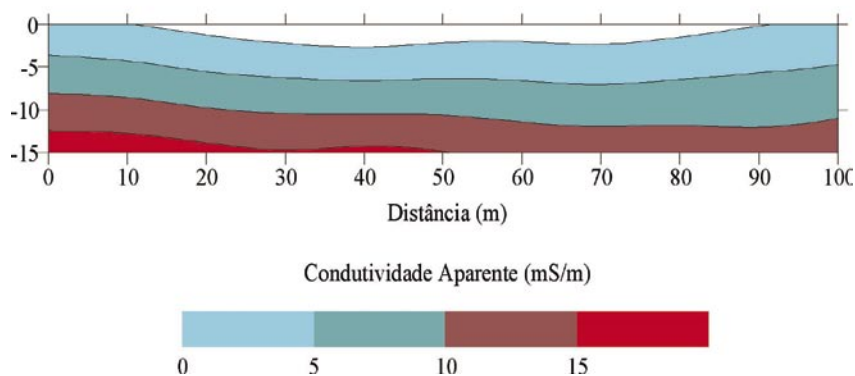


Figura 66 – Perfil de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Municipal São Gonçalo

Linha 5 - EM34 loop 10 metros

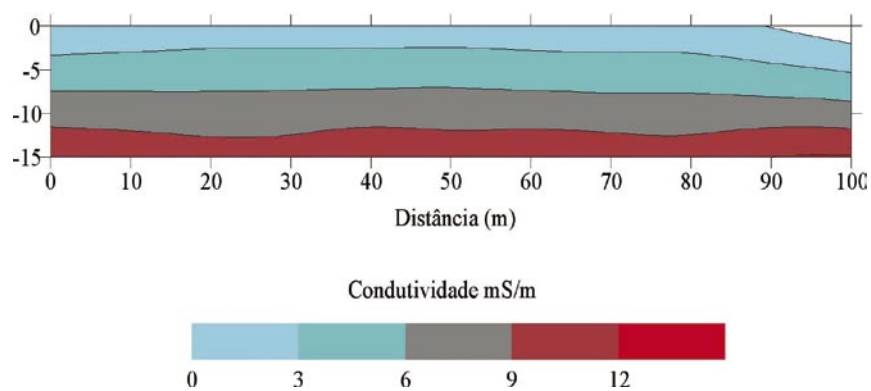


Figura 67 – Perfil de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Municipal São Gonçalo

Linha 6 - EM34 loop 10 metros

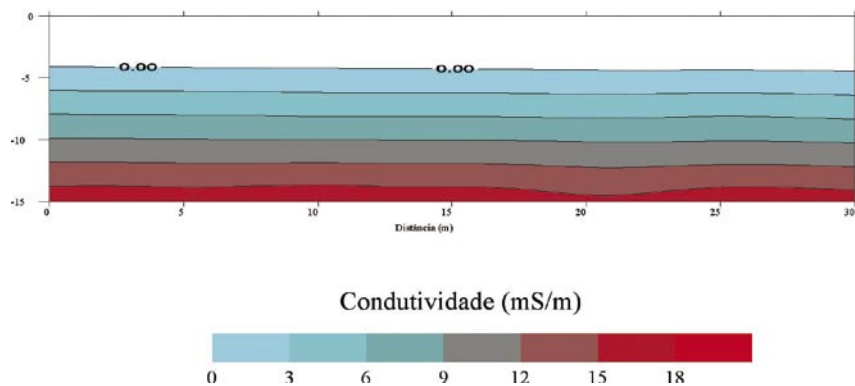


Figura 68 – Perfil de Caminhamento Eletromagnético Indutivo no Cemitério Municipal São Gonçalo

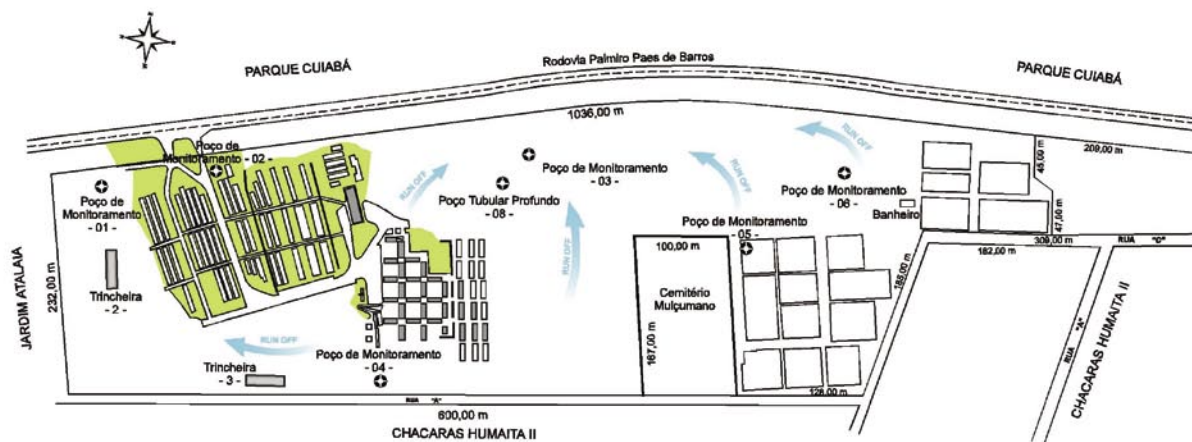


Figura 69 – Mapa de Localização do Cemitério Parque Bom Jesus de Cuiabá

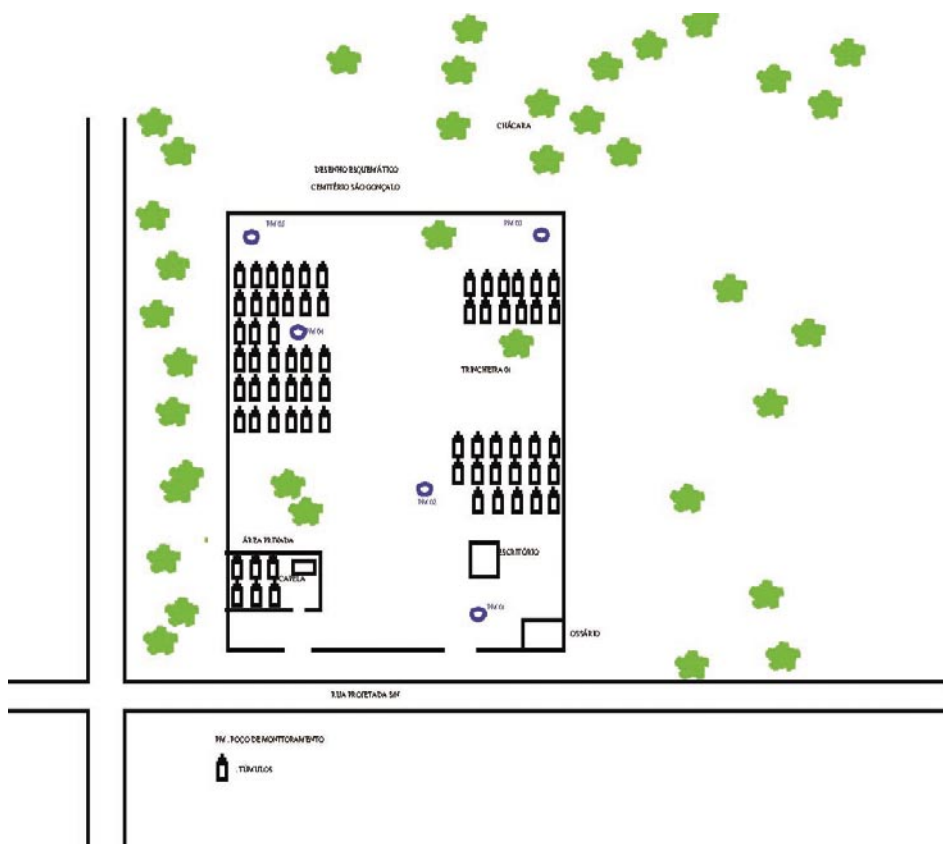


Figura 70 – Mapa de Localização do Cemitério Municipal São Gonçalo

Capa e projeto gráfico do miolo

Gláucia Elisabeth de Oliveira – Nemir/Codec/Ascom/Presi/**Funasa**/MS

Diagramação

Maria Célia de Souza – Nemir/Codec/Ascom/Presi/**Funasa**/MS

Revisão Ortográfica e Gramatical

Olinda Myrtes Bayma Sousa Melo – Nemir/Codec/Ascom/Presi/**Funasa**/MS



