

ELMA NERY DE LIMA ROMANÓ

**CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO NO CEMITÉRIO MUNICIPAL
DO BOQUEIRÃO E NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA
CÂNDIDA NO MUNICÍPIO DE CURITIBA - PR**

Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre em
Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias
da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Carneiro
Camargo

CURITIBA

2003

Romanó, Elma Nery de Lima

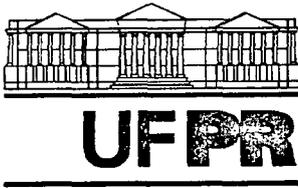
Caracterização do meio físico no cemitério municipal do Boqueirão e no cemitério municipal de Santa Cândida no município de Curitiba - PR/ Elma Nery de Lima Romanó.— Curitiba, 2003.

xii, 111.f.

Tese (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

1. Cemitérios – Planejamento – Curitiba, PR. 2. Cemitérios – Solos – Curitiba, PR. 3. Solo - Uso – Planejamento – Curitiba, PR.
I. Título.

CDD 718(816.22)
CDU 718



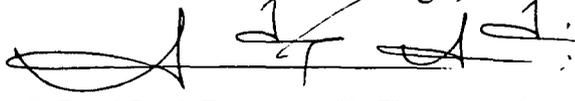
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: CIÊNCIA DO SOLO (MESTRADO) e
MONITORAMENTO, MODELAGEM E GESTÃO AMBIENTAL (DOUTORADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-350-5648
E-mail: pgcisolos@agrarias.ufpr.br

P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **ELMA NERY DE LIMA ROMANÓ**, com o título: **"Caracterização do meio físico nos cemitérios municipais de Santa Cândida e do Boqueirão no Município de Curitiba-PR"**, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de Parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Dissertação, com o conceito **"A"**, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba 26 de fevereiro de 2003.


Prof. Dr. Emerson Carneiro Camargo, Presidente.


Prof. Dr. Uriel Duarte, Iº Examinador.


Prof. Dr. Helio Olympio da Rocha, IIº Examinador.



Aos meus pais, Adão e Elma.

Ao meu marido James e meu filho Luigi.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Emerson Carneiro Camargo, meu agradecimento pela orientação, incentivo e paciência.

Ao Ministério Público do Estado do Paraná, ao Procurador de Justiça Saint-Clair Honorato Santos, Coordenador do Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Proteção ao Meio Ambiente, ao Promotor de Justiça Sérgio Luiz Cordoni, pelos incentivos e apoio neste estudo.

Ao Professor Dr. Valmiqui da Costa Lima, do Departamento de Solos da UFPR pelos conselhos, apoio e auxílio nas discussões que esclareceram pontos importantes sobre os solos da região estudada.

Ao Professor Dr. Vander de Freitas Melo, pela colaboração e incansável paciência na resolução dos problemas que surgiram no decorrer do presente estudo.

Ao Professor Dr. Augustinho Rigotti, pela disponibilidade dos equipamentos e realização do levantamento geofísico realizada nos Cemitérios.

Aos alunos de pós-graduação do curso de Geologia da UFPR, pelo auxílio no levantamento geofísico dos cemitérios.

À UFPR, pela infraestrutura colocada à disposição, em particular os laboratórios de Mineralogia, de Física do Solo, de Química, de Fotointerpretação, do Departamento de Solos, do Laboratório de Mineralogia, do Departamento de Geologia.

À funcionária Maria, do laboratório de Mineralogia, pela amizade, apoio e palavras de carinho nos momentos difíceis e pelo auxílio incansável nas minhas análises efetuadas no laboratório.

Aos estagiários Ernesto Dall Vitti, de Agronomia, Joscil S. Galvão, de Geologia e João Maurício Zim, da Engenharia Química pelo auxílio nos meus estudos.

Aos funcionários dos cemitérios do Boqueirão e Santa Cândida, pelo auxílio neste levantamento, disponibilizando materiais e abertura das trincheiras para coleta das amostras de solo.

À minha amiga Anelissa Gobel Donha, mestranda em Ciências do Solo pela colaboração na confecção dos mapas do presente estudo.

À minha amiga Gisele Inês Wowk, mestranda em Ciências do Solo, pelo auxílio e acompanhamento nos trabalhos de campo.

Ao Engenheiro Paulo Conte, pela ajuda no trabalho.

À Profª Neusa Rosa Nery de Lima Moro pela ajuda na montagem final da dissertação.

À Bibliotecária Simone, pelo interesse, zelo e dedicação em seu trabalho.

A todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a execução deste estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
2 JUSTIFICATIVA	4
3 LOCALIZAÇÃO, LIMITES E ACESSO	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	8
4.1.1 Geologia	8
4.1.2 Hidrografia	11
4.1.3 Hidrogeologia	11
4.1.4 Relevo	14
4.1.5 Solos	15
4.1.6 Mineralogia dos Solos	17
4.1.7 Clima	18
4.2 NORMAS E LEGISLAÇÃO NACIONAL	21
5 MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1 MATERIAL	25
5.2 MÉTODO DE CAMPO	27
5.2.1 Levantamento Geofísico	27
5.2.2 Mapeamento Geológico	28
5.2.3 Descrição dos Perfis e Coleta de Amostras de Solos	28
5.3 MÉTODO DE LABORATÓRIO	31
5.3.1 Análise Granulométrica dos Solos	31
5.3.2 Determinação da Densidade Aparente do Solo	32
5.3.3 Determinação da Densidade do Solo	33
5.3.4 Determinação da Mineralogia	34
5.3.4 Preparação das Amostras e Remoção da Matéria Orgânica	34
5.3.4.2 Dispersão e separação das frações do solo	34
5.3.4.3 Identificação dos minerais por difratometria de raios X (Rdx)	36
5.3.4.4 Tratamento da fração argila	36
5.3.4.4.1 Saturação com Mg	36
5.3.4.4.2 Saturação com Mg e etilenoglicol	37
5.3.4.4.3 Saturação com K	37
5.3.4.4.4 Aquecimento da amostra saturada com K	37
5.3.5 Determinação Química	37
5.3.5.1 Determinação química do alumínio trocável (Al^{3+})	38
5.3.5.2 Determinação química da acidez potencial (H^+ Al)	38
5.3.5.3 Determinação de cálcio e magnésio	38
5.3.5.4 Determinação do cálcio trocável (Ca^{+2})	38
5.3.5.5 Determinação do potássio trocável (K^+)	38
5.3.5.6 Determinação da CTC - Capacidade de Troca Catiônica	38
5.3.5.7 Determinação de V% - Saturação de Bases	39
5.3.5.8 Determinação do fósforo	39
5.3.5.9 Determinação do carbono	39
5.3.5.10 Determinação do pH	39
5.4 CARTOGRAFIA	39
5.4.1 Mapa de Curvas de Nível	39
5.4.2 Mapa Altimétrico	40
5.4.3 Mapa de Declividade	40
5.4.4 Mapa Geológico	41

5.4.5 Mapa de Potenciométrico	41
5.4.6 Fotointerpretação	42
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6.1 CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	43
6.1.1 Geologia	43
6.1.2 Solos	46
6.1.3 Profundidade do Nível Hidrostático	53
6.1.4 Declividades	59
6.2 CEMITÉRIO MUNICIPAL SANTA CÂNDIDA	62
6.2.1 Geologia	62
6.2.2 Solos	64
6.2.3 Profundidade do Nível Hidrostático	74
6.2.4 Declividades	83
7 IMPACTOS AMBIENTAIS ESPERADOS	87
7.1 CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME	87
7.2 POLUIÇÃO PELAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS QUE COMPÕEM OS CAIXÕES DEVIDO A METODOLOGIA DE CONSERVAÇÃO DE CADÁVERES	90
7.3 POLUIÇÃO DOS AQUÍFEROS	91
8 CONCLUSÕES	93
REFERÊNCIAS	95
ANEXOS	98

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA	30
TABELA 2 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	30
TABELA 3 - CLASSES TEXTURAS - CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	48
TABELA 4 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X REALIZADAS EM AMOSTRAS DE SOLOS DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	49
TABELA 5 - DENSIDADE DO SOLO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	50
TABELA 6 - RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS E TEXTURAS DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	52
TABELA 7 - CLASSES TEXTURAS - CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA	68
TABELA 8 - RESULTADO DAS ANÁLISES DOS DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X REALIZADAS EM AMOSTRAS DE SOLOS DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA	69
TABELA 9 - DENSIDADE DOS SOLOS DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA	72
TABELA 10 - RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS E TEXTURAS DOS SOLOS - CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA	73

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ZONAS HIDROGEOLÓGICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA	13
QUADRO 2 - CLASSES DE DECLIVIDADES DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	59
QUADRO 3 - CLASSES DE DECLIVIDADES DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA	85

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA E DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO, EM CURITIBA	5
FIGURA 2 - FOTO AÉREA LOCALIZANDO O CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO E OS PONTOS DE COLETA DE SOLOS	6
FIGURA 3 - FOTO AÉREA LOCALIZANDO O CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA E DOS PONTOS DE SOLO AMOSTRADOS	7
FIGURA 4 - PRECIPITAÇÃO ANUAL - CURITIBA	20
FIGURA 5 - LOCALIZAÇÃO GELÓGICA DA ÁREA DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO - ÁREA PERTENCENTE AO SUB-DOMÍNIO 2 a 1	26
FIGURA 6 - LOCALIZAÇÃO GEOLÓGICA DA ÁREA DO CEMITÉRIOMUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA - ÁREA PERTENCENTE AO SUB-DOMÍNIO 13a 1	26
FIGURA 7 - MAPA GEOLÓGICO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	45
FIGURA 8 - CALÇAMENTO COM PARALELEPÍPEDOS EM TODA AEXTENSÃO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO.	47
FIGURA 9 - LOCAL DE COLETA ONDE SÃO ENTERRADAS PEÇAS ANATÔMICAS ORIUNDAS DO IML, NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	47
FIGURA 10 - COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO ENTRE LOTES VAGOS ENTRE OS TÚMULOS, NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	48
FIGURA 11 - MAPA DE PROFUNDIDADE DO NÍVEL HIDROSTÁTICO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	54
FIGURA 12 - CURVA PRODUZIDA PELO SEV1, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO	55
FIGURA 13 - CURVA PRODUZIDA PELO SEV2, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO	56
FIGURA 14 - CURVA PRODUZIDA PELO SEV3, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO	57
FIGURA 15 - CURVA PRODUZIDA PELO SEV4, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO	58
FIGURA 16 - MAPA DAS CLASSES DE DECLIVIDADE DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO	60
FIGURA 17 - MAPA GEOLÓGICO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA	63
FIGURA 18 - TRINCHEIRA ABERTA PARA PONTO DE AMOSTRAGEM DE SOLO, EM LOTE VAGO, NA ÁREA DOS INDIGENTES	65
FIGURA 19 - PERFIL DE SOLO DO CEMITÉRIO SANTA CÂNDIDA	65
FIGURA 20 - DETALHE DO PERFIL DE TRINCHEIRA ABERTA PARA COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO MOSTRANDO A DESCARACTERIZAÇÃO DOS HORIZONTES NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA.	66
FIGURA 21 - RESTO DE SEPULTAMENTO EM TRINCHEIRA ABERTA PARA COLETA DE AMOSTRA DE SOLO NA ÁREA DOS INDIGENTES.....	66
FIGURA 22 - TRINCHEIRA ABERTA PARA COLETA DE AMOSTRA DE SOLO, COM A PRESENÇA DE PARTE DE CAIXÃO EM ÁREA DESTINADA A SEPULTAMENTO DE INDIGENTES.	67
FIGURA 23 - TOPOGRAFIA DA ÁREA DO CEMITÉRIO	67
FIGURA 24 - ÁREA DE SEPULTAMENTO DE INDIGENTES APRESENTANDO AFUNDAMENTO E ESCORRIMENTO DE NECROCHORUME.	71
FIGURA 25 - ÁREA DESTINADA AO SEPULTAMENTO DE INDIGENTES. OBSERVAR TOPOGRAFIA DO LOCAL	71
FIGURA 26 - ÁREA DESTINADA AO SEPULTAMENTO DE INDIGENTES APRESENTANDO EROÇÃO DEVIDO A DECLIVIDADE	72
FIGURA 27 - MAPA DA PROFUNDIDADE DO NÍVEL HIDROSTÁTICO NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA.	76
FIGURA 28 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV1, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO	77
FIGURA 29 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV2, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO	78
FIGURA 30 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV3, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO	79
FIGURA 31 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV5, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO	80
FIGURA 32 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV6, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO	81
FIGURA 33 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV7, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO	82

FIGURA 34 - MAPA DE CLASSES DE DECLIVIDADE DO CEMITÉRIO MUNICIPAL
DE SANTA CÂNDIDA

84

RESUMO

Este trabalho objetivou por meio da caracterização do meio físico dos cemitérios municipais do Boqueirão e de Santa Cândida, no município de Curitiba, propor elementos que auxiliem na elaboração de normas para implantação de Cemitérios. Para caracterizar o meio físico foram executados levantamentos da geologia, dos solos, da profundidade do lençol freático e das declividades dos dois cemitérios. Com relação às características dos solos, os dois cemitérios apresentam condições adequadas para inumação, porém com relação a geologia, profundidade do lençol freático e declividades do terreno, o cemitério municipal de Santa Cândida apresentou locais inadequados para esse fim. No cemitério municipal de Santa Cândida, com relação às limitações geológicas, existem pequenas fraturas na porção de afloramentos dos migmatitos, que podem propiciar infiltrações de águas contaminadas no lençol freático. Neste cemitério respectivamente no extremo sudoeste e na porção norte do mesmo, a profundidade da água encontra-se a 0,90 metros e inferior a 1,40 metros, configurando vulnerabilidade ao aquífero. A existência de declividades acima de 20%, favorecem a movimentação de solo e carreamento de águas contaminadas. A existência de dois cursos de água na porção norte do cemitério é fator desfavorável, tendo em vista que recebe e transporta os sólidos e efluentes recebidos, configurando áreas de risco. O estudo apresenta análise das normas e leis utilizadas para implantação de cemitérios.

Palavras-chave: cemitérios, caracterização física de cemitérios.

ABSTRACT

The purpose of this dissertation over the characterization of the physical environment of the Boqueirão and Santa Candida cemetery in the Curitiba city, to come up with elements who can assist at the elaboration of the norms about Cemetery implantation. The characterization about physical environment have been performed liftings from the geology of the soils, and the depth of the underground and the decline of both cemeteries. Along the characteristics of the soils, of both cemeteries, they have good conditions suited about to bury, along of the geology, depth from the freatico sheet and decline of the land. The Santa Candida cemetery have presented sites inadequate about to that end. In the Santa Candida cemetery, along the geological bounds, there are small fracture in the portion of the migmatitos afloration, who can propitiate seepages and waters contaminated in the the underground sheet. In this cemetery in the southwest steeps on the north portion the depth of the water he finds - in case that the one 0,90 meters, and the under with 1,40meters, they setup frailty to the underground. The existing declivities above 20%, it's favoring the bustling of soil, land and to carry the contaminated waters. The existing the two waters cours in the north portion of the cemetery is suit unfavorable, in view of recipient and carries the solid and efluentes received, configuring areas of the exposure. This study is showing the analysis of the norms and legislations used for the cemetery implantation.

Key words: cemetery, physical characterization of the cemetery

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo propor elementos que auxiliem na elaboração de normas para implantação de Cemitérios, tendo em vista que estes estudos, atualmente, não existem no Estado do Paraná, sendo que a Legislação Federal é obscura no que tange ao seu licenciamento e aos estudos dos impactos ambientais causados pela implantação de Cemitérios.

Para atingirmos esse objetivo efetuamos um estudo no Cemitério Municipal de Santa Cândida, que se encontra localizado em área de risco, situado em solo sujeito a inundação, tais dados levantados serão comparados com os dados a serem levantados do Cemitério Boqueirão, situado em outra região do município, com características diferentes.

Os cemitérios nada mais são do que depósito de corpos humanos, que necessitam de uma destinação correta, pois a degradação dos mesmos pode se constituir em focos de contaminação. A decomposição dos corpos depende das características físicas do solo onde o cemitério está implantado ou será implantado. (PACHECO, 1997)

O crescimento populacional tem gerado a necessidade de construção de mais cemitérios, sendo que existem locais totalmente inadequados utilizados com tal finalidade. Devido a falta de planejamento e metodologia adequada, cemitérios que situavam-se em locais distantes das cidades, hoje fazem parte dela, propiciando o aparecimento de áreas de risco potencial ao meio ambiente.

Autores como BOWER ¹ citado por PACHECO em (1986) registrou alguns casos históricos de contaminação das águas subterrâneas por líquidos humurosos (oriundo de cadáveres), em águas que se destinavam ao consumo humano. Esses autores, destacam ainda a incidência de febre tifóide entre as pessoas que viviam nas

¹ BOWER, H. *Groundwater hydrology*. New York: McGraw Hill, 1978.

proximidades da cidade de Berlim, no período de 1863 a 1867 e o ocorrido na cidade de Paris, onde as águas subterrâneas mal cheirosas e de sabor adocicado, em especial nas épocas quentes, foram captadas em poços situados nas proximidades de um cemitério.

Denota-se desta forma a importância da preocupação com os mananciais subterrâneos, pois durante os últimos anos, este recurso começou a ser utilizado como forma complementar no sistema de abastecimento de água na maioria das grandes cidades. Nesse sentido, acredita-se que os aquíferos subterrâneos mereçam atenção especial, porque o comprometimento desses mananciais é quase irreversível, além de ser extremamente onerosa sua recuperação na descontaminação.

Atualmente Curitiba possui 24 cemitérios, situados em locais onde não foram efetuados estudos do meio físico, configurando, portanto áreas de risco ambiental. Por esse motivo o presente estudo contempla a caracterização do meio físico, de maneira a permitir a criação de normas ambientais que regularizem a locação dos cemitérios no município de Curitiba, bem como de reduzir os riscos de contaminação dos cemitérios já implantados.

1.1 OBJETIVOS

Dentro do objetivo geral citado, pode-se identificar os seguintes objetivos específicos a serem alcançados:

- a) elaborar mapa de classes de declividade, em escala 1:2.500;
- b) mapa geológico, em escala 1: 2.500;
- c) carta topográfica, em escala 1: 2.500;
- d) mapa altimétrico, em escala 1: 2.500;
- e) realizar análise química dos solos com os seguintes parâmetros de análise de rotina: pH, Ca, Mg, Al, P, K, C, H⁺ Al;
- f) densidade real e densidade aparente do solos;
- g) análise granulométrica dos solos;

- h) análise mineralógica dos solos;
- i) sondagem elétrica vertical com arranjo Schulumberger.

2 JUSTIFICATIVA

Vários autores, como PACHECO (1997), SILVA (2000) e MATOS (2001) descrevem a poluição causada por cemitérios e a preocupação ambiental com os mesmos tem sido constante, ao passo que os órgãos ambientais federais, estaduais e municipais, não possuem uma normatização específica para esta atividade, o que pode causar diversos problemas no acompanhamento ambiental das áreas onde os mesmos estão implantados.

Assim, denota-se a importância do estudo integrado do meio físico no município de Curitiba para estabelecimento de critérios que possam ser usados na locação de Cemitérios.

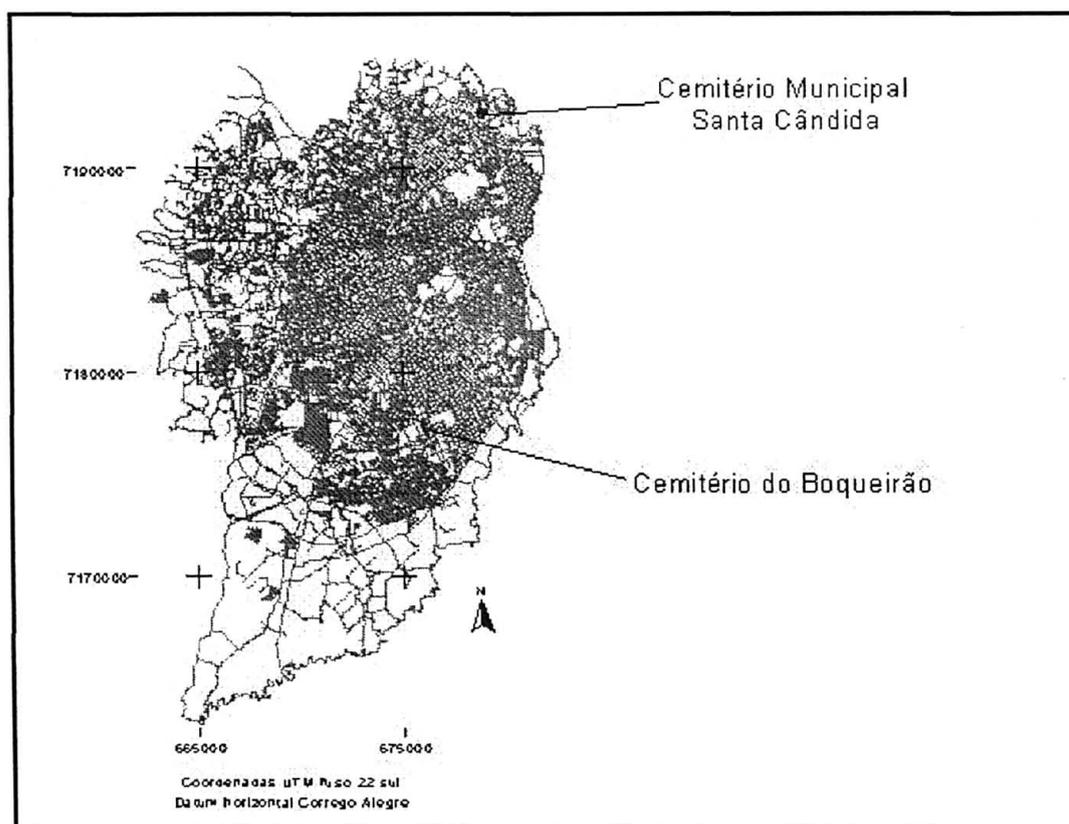
3 LOCALIZAÇÃO, LIMITES E ACESSO

Os locais de estudo configuram dois cemitérios municipais dentro do Município de Curitiba (Figura 1).

O Cemitério Municipal de Santa Cândida encontra-se localizado no bairro de Santa Cândida, entre as Coordenadas UTM fuso 22 sul 678000 m e 6880000 m O, e 7192000 m e 7193000 S.

O Cemitério Municipal do Boqueirão encontra-se localizado no bairro do Boqueirão, entre as Coordenadas UTM fuso 22 sul 675000m e 677000 m O,e 7177000 m e 7178000 m S.

Os dois cemitérios encontram-se localizados em bairros residenciais e totalmente urbanizados (Figuras 2 e 3).



FONTE: CURITIBA (2000).

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA E DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO EM CURITIBA.

675500

676000

676500

7178000

7178000

7177500

7177500

7177000

7177000



Fonte:ESTEIO (1999).

675500

676000

676500

Cemitério Boqueirão
Fotografia Aérea Colorida - 1999
Escala 1:10.000

Legenda

 Perímetro do Cemitério

 Pontos de coleta

Coordenadas UTM fuso 22 sul
Datum Horizontal Corrego Alegre

FIGURA 2 - FOTO AÉREA LOCALIZANDO O CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO E OS PONTOS DE COLETA DE SOLOS.



FONTE: ESTEIO (1999).

Cemitério Santa Cândida
Fotografia Aérea Colorida
 Escala 1:2.500

Legenda

- Perímetro do Cemitério
- Pontos de coleta

Coordenadas UTM fuso 22 sul
 Datum Horizontal Corrego Alegre

FIGURA 3 - FOTO AÉREA LOCALIZANDO O CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA E OS PONTOS DE COLETA DE SOLOS

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Objetivando uma melhor exposição como meta para atingir as proposições do trabalho, foi efetuada a análise bibliográfica que foi dividida em vários aspectos, a seguir especificada:

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

4.1.1 Geologia

Segundo KORMANN (1999), a região metropolitana de Curitiba situa-se sobre uma bacia sedimentar que se estende por uma área de aproximadamente 300Km². O material depositado repousa sobre rochas do Complexo Cristalino e pertence em sua maior parte à unidade geológica conhecida como Formação Guabirota.

Segundo o mesmo autor, em termos geológicos, pedológicos e fisiográficos a região metropolitana de Curitiba é uma das mais diversificadas, isto se deve à superposição de vários eventos geotectônicos que aconteceram, ocasionando uma imensa variedade de tipos de terrenos.

BIGARELLA (1994), relatou que a Bacia Cenozóica de Curitiba, entalhada em migmatitos e gnaisses pré-cambrianos, situa-se ao sul das área de distribuição das rochas do Grupo Açungui. Nela encontram-se as formações Guabirota e Tinguis. A primeira é formada principalmente por depósitos argilosos e arenáceos (areias arcossianas e arcósios), onde se encontram depósitos de caliche com enriquecimento de terras raras.

BIGARELLA e SALAMUNI (1962) descreveram que a Formação

Guabirota é representada pela seqüência de sedimentos Cenozóicos da bacia de Curitiba.

BECKER (1982) relatou que posteriormente, foi reconhecida a existência de inconformidades erosivas no interior da Formação Guabirota, o que levou à caracterização de uma nova seqüência sedimentar, definida como Formação Tinguis. Antes desta definição, os sedimentos da formação Tinguis eram interpretados como o produto de intemperismo dos sedimentos da Formação Guabirota.

BECKER (1982) cita, ainda que a Formação Guabirota é constituída principalmente por argilas, as quais atingem espessuras consideráveis (60 a 80 metros) na porção central da Bacia. Estas argilas apresentam coloração característica cinza-esverdeada e possuem textura extremamente fina, apresentando, entretanto, grãos de feldspato e quartzo de até 2mm em sua fração areia. Isto indica a presença de processos de desagregação mecânica das rochas do embasamento cristalino, sobre as quais as argilas assentam-se discordantemente. Observou-se a presença de corpos lenticulares de areia arcólicas no interior dos pacotes argilosos, com teor de feldspato da ordem de 20% a 30%. Estes sedimentos foram depositados durante o preenchimento da Bacia Sedimentar de Curitiba, havendo evidências de que sofreram profunda erosão após a fase final de preenchimento da mesma, pois hoje estão separados em áreas geográficas distintas, intercaladas com depósitos holocênicos assentados diretamente sobre as rochas do embasamento. Secundariamente ocorrem sedimentos rudáceos e margas.

BIGARELLA e SALAMUNI (1962) destacaram que os sedimentos da formação Tinguis originaram-se pelo retrabalhamento das argilas e areias da Formação Guabirota, ocorrido durante nova inversão climática (para clima úmido). Sua posterior deposição ocorreu provavelmente nos períodos Pleistoceno Superior e Pleistoceno Inferior, quando o clima voltou a ser semi-árido. Neste processo de retrabalhamento e deposição, os sedimentos mais grossos depositaram-se antes, enquanto que os mais finos foram arrastados para as partes baixas do terreno, o que

explica a textura mais grossa e arenosa da formação Tinguis. Em função da menor intensidade dos processos erosivos que a originaram, tanto a extensão quanto a espessura desta unidade, são bem menores que a da Formação Guabiro tuba.

A área em estudo, segundo os mesmos autores, corresponde aos terrenos sustentados pelos sedimentos quaternários relacionados à Formação Guabiro tuba, da Bacia de Curitiba e aluviões do Holoceno. Admite-se que a origem dessa bacia esteja relacionada ao mecanismo de expansão do assoalho oceânico, que separou e ainda está separando os continentes sul-americano e africano. Como consequência deste mecanismo ocorreram nos continentes falhamentos que deslocaram blocos tanto lateral como verticalmente, possibilitando que entre eles se formassem depressões tectônicas como a bacia de Curitiba, que em seguida foi preenchida por sedimentos erodidos e transportados pelos rios dos blocos altos.

Segundo o mapa Depósitos minerais do Estado do Paraná editado pela MINEROPAR - Minerais do Paraná, em 1996, a estratigrafia da área é classificada como originária da era Cenozóica, do período Quaternário, da Formação Guabiro tuba, tendo como principais rochas: argilitos, arcóseos.

Para KORMANN (1999), os sedimentos mais comumente encontrados na Formação Guabiro tuba consistem em argilas siltosas ou silte argilosos, os quais possuem uma coloração cinza, cinza esverdeada ou ainda marrom. Os solos da Formação Guabiro tuba possuem como característica marcante uma consistência elevada (rija a dura), excetuando-se os sedimentos que sofreram processos de alteração por intemperismo.

BIGARELLA e SALAMUNI (1962), propuseram para estes sedimentos a denominação de Formação Guabiro tuba. Os sedimentos que caracterizam a Formação Guabiro tuba, segundo estes autores provieram dos extensos mantos de intemperismo que se desenvolviam em espessuras variáveis sobre gnaisses e outros complexos litológicos pré-cambrianos, tanto na bacia como na sua periferia.

A origem da Formação Guabiro tuba é bastante controversa. Contudo,

BIGARELLA e SALAMUNI (1962), concluíram ter sido a mesma depositada em ambiente semi-árido e lhe atribuíram a idade plio-pleistocênica, até que se consiga uma melhor caracterização do ponto de vista cronológico.

4.1.2 Hidrografia

MAACK (1981) afirmou que o Estado do Paraná apresenta uma característica peculiar quanto ao seu sistema hidrográfico, pois se subdivide em duas bacias principais de desaguamento, sendo um direcionado para o litoral e outro, para o interior, este último pertencendo ao sistema do rio Paraná.

A Bacia do Rio Iguaçu possui diversos rios formadores, destacando-se os Rios Irai, Piraquara, Passaúna e Verde.

Segundo PARANÁ (1991), a bacia do rio Iguaçu, compreende 28% do Estado do Paraná, além de ser a mais extensa, contém grande parte da população do Estado, devido ao fato de nela situar-se a Região Metropolitana de Curitiba, onde ocupa 36,93% deste território.

A área do presente estudo pertence à bacia do Rio Iguaçu que apresenta rede de drenagem com inúmeras nascentes, rios e pequenos córregos.

4.1.3 Hidrogeologia

Neste trabalho a preocupação com a hidrogeologia foi determinar a profundidade do nível da água nos locais em estudo, para tal foram utilizadas sondagens elétricas verticais.

ELLERT *et al.* (1986), indicou a aplicabilidade de métodos geofísicos, tais como eletrorresistividade, principalmente em seu procedimento de caminhamento elétrico e o eletro-magnético indutivo, como procedimentos indiretos, para fins de locação da extensão e de certa forma, da intensidade de poluição do sub-solos, por parte de agentes advindos de aterros sanitários e deposição de vinhoto.

Indicaram ainda, que a construção de uma rede piezômetros tem sido a técnica mais utilizada, quando se deseja determinar a extensão e a intensidade de contaminação do solo, sub-solo e a da água nele contido.

PARISOT *et al.* (1985), executaram um monitoramento das águas subterrâneas a jusante do aterro sanitário de Taubaté com a instalação de 36 poços de observação. No ambiente hidrológico estudado a condutividade, o sódio, o cloreto e o nitrogênio amoniacal constituíram indicadores da poluição pelo lixo.

GRENHOUSE *et al.* (1987) reportaram o progresso da evolução dos equipamentos geofísicos para medir condutividade dos terrenos e, exemplificaram com os levantamentos geofísicos efetuados no aterro Municipal de Taubaté e aterro municipal de Novo Mundo, concluindo que essa evolução é extremamente benéfica para a exploração da água subterrânea.

MENDES (1987), utilizando-se de método eletromagnético indutivo e de eletrorresistividade, estabeleceu critérios para auxiliar na recuperação de áreas poluídas ou contaminadas, alertando os responsáveis pelo controle das condições de meio-ambiente para o problema da poluição das águas subterrâneas.

Valendo-se da aplicação do método eletromagnético, ELLERT e ROSA FILHO (1988), detectaram fluxo de poluentes partindo do lixão da Lamenha Pequena em Curitiba e a existência de falhamentos no substrato rochoso.

ELLERT *et al.* (1990), utilizaram vários métodos geofísicos de prospecção na região do lixão de São Carlos - SP, com a finalidade de se determinar a presença e extensão de qualquer nuvem poluente, advinda da deposição de lixo urbano em uma antiga voçoroca. Concluíram estes autores que os métodos geofísicos se revelaram de grande aplicabilidade no caso específico de São Carlos, para atingir a finalidade do trabalho.

GONÇALVES *et al.* (1992), fizeram a determinação da direção de fluxo de água do lençol freático que percola o aterro sanitário de São Carlos, através da construção de piezômetros e medidas diretas dos níveis de água em cada um deles, com a obtenção da superfície potenciométrica.

WATTS *et al.* (1994), delinearam o modo de tratamento do risco ecológico na investigação em depósitos de resíduos perigosos. Enfatizaram elementos

indicadores de contaminação, taxas elevadas de elementos químicos e as características de risco. Estes modos de tratamento foram aplicados em depósitos de resíduos perigosos situados em Nova Jersey, Illinois e Oregon.

SCUDINO (1992), com o intuito de avaliar a possibilidade de poluição dos aquíferos em área de embasamento cristalino com espesso manto de intemperismo, tendo em vista a implantação de um aterro sanitário para disposição de resíduos sólidos, estudou o fluxo e a qualidade das águas de infiltração. Estes estudos objetivaram a elaboração de um plano de monitoramento da qualidade destas águas, no eventual risco de poluição.

COSTA e SANTOS (1994), realizaram um estudo hidrogeológico preliminar a fim de detectar possíveis níveis de poluição das águas subterrâneas no entorno da área do lixão de Muribeca, situado na Região Metropolitana de Recife, revelando uma contaminação restrita na área aluvionar porosa situada nas proximidades do lixão.

RIGOTTI (2001), utilizou a sondagem elétrica vertical em seus estudos de viabilidade do aterro sanitário de Rio Negrinho, justificou sua utilização devido à facilidade com que a condutividade elétrica se propaga num meio qualquer.

SALAMUNI citado por CEMA (1997), estudando a porção central da Região Metropolitana de Curitiba, identificou as unidades litoestratigráficas ilustradas no Quadro 1.

QUADRO 1 - ZONAS HIDROGEOLÓGICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

ZONA	Localização	Faixa de Frequência de vazão m ³ /h	Tipos Litológicos Predominantes
1	Norte de Curitiba	Superiores a 20	Quartzitos, mármores (dolomíticos e carbonáticos, calcosilicatadas, metassiltitos e carbonatos impuros
2	Oeste de Curitiba	10 a 15 6 a 10	Migmatitos tectonizados
3	Sudoeste de Curitiba	4 a 9 9 a 14	Migmatitos tectonizados
4	Sul e Sudeste de Curitiba	6 a 12 4 a 10 12 a 18	Migmatitos tectonizados
5	Leste-nordeste da RMC	5 a 10 10 a 20	Migmatitos tectonizados
6	Porção central de Curitiba	2 a 5 (#) 3 a 8	Migmatitos tectonizados e principalmente argilas com lentes de areias arcoseanas localizadas da Formação Guabirotuba

FONTE: CEMA (1997)

(#) faixas com maiores frequências de vazões

As rochas cristalinas, onde a circulação da água subterrânea se faz principalmente pelas fraturas, foram englobadas no Aquífero Cristalino.

Os sedimentos da Formação Guabirotuba, que apresentam uma porosidade granular, foram inseridos no Aquífero Sedimentar. Este aquífero é predominantemente argiloso, apresentando camadas lenticulares de areias arcólicas e arcósios. De acordo com a seção geológica interpretada por SALAMUNI citado por CEMA (1997), a partir dos perfis dos poços, a espessura de sedimentos na região chega a atingir mais de 70 metros.

Ainda, SALAMUNI citado por CEMA (1997), considerou também as informações de 300 poços tubulares profundos da Região Metropolitana de Curitiba, mostrou uma grande variação nas vazões, entre 0,2 a 95,5 m³/h, sendo que a vazão média calculada foi de 6,1 m³/h. Através da avaliação da produtividade dos poços e do condicionante geológico, SALAMUNI citado por CEMA (1997) dividiu a região das proximidades de Curitiba em 6 zonas de características hidrogeológicas distintas, que, de forma geral coincidem com as litologias e com as estruturas das diferentes formações.

A posição do nível do lençol freático é variável na Formação Guabirotuba, podendo o mesmo estar situado muito próximo à superfície ou atingindo profundidade na ordem de 10 a 15 m. É comum a presença de aquíferos suspensos, característica que pode estar associada à baixa permeabilidade que as argilas rijas possuem. (KORMANN, 1999).

4.1.4 Relevô

MAACK (1981), a região metropolitana de Curitiba situa-se quase em sua totalidade no primeiro planalto, apresentando compartimentações paisagísticas distintas, em função das suas características orográficas.

Regionalmente a área do presente estudo, está situada no primeiro planalto. Este planalto está dividido em planalto sedimentar, cristalino e planícies aluviais. O

planalto sedimentar é formado por relevo suave, com vertentes de baixa declividade, com topos situados a altitudes em torno de 90m, suportados por sedimentos da Formação Guabirota e marcado por amplas planícies aluviais.

O relevo se apresenta como relevo ondulado a suave ondulado, com declives variando de 5 a 15 %, com altitudes variando de 910 a 940m a.n.m, no Cemitério Municipal de Santa Cândida e 894 a 900m a.n.m, no Cemitério Municipal do Boqueirão.

Segundo CPRM (1998a), o sub-domínio geoambiental 2 a₁ apresenta relevo ondulado a moderadamente ondulado formado de elevações bastante amplas e baixas, com encostas longas e suavizadas, baixos desníveis altimétrico e declividades médias entre 5 a 10%: topografia favorável ao adensamento urbano e à agricultura.

4.1.5 Solos

NOGUEIRA (1997) descreveu que na região ocupada pelos sedimentos da Bacia de Curitiba, os solos são pouco espessos variando em torno de 2,00 m. Apresentam elevados teores de alumínio, devido à presença predominante de argilas montmoriloníticas da Formação Guabirota. Sobre os aluviões ocorrem solos hidromórficos gleizados. São caracterizados por um horizonte superficial com espessura igual ou pouco superior a 0,30 m, de coloração enegrecida, apresentam predominância de argilas e elevados teores de matéria orgânica. Os solos sobre gnaisses e migmatitos, no município de Curitiba, apresentam maiores espessuras, oscilando em torno de 15 m. Apresentam coloração castanha escura e são formados predominantemente por argilas entremeadas por lentes de areias quartzosas.

É nesta formação que se localizam os perfis de solos amostrados para a realização do presente trabalho.

Os solos, segundo a Carta geoambiental da região metropolitana de Curitiba, editado pelo CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (1998a) são constituídos predominantemente por sedimentos argilosos.

Segundo a CPRM - Companhia de pesquisa de Recursos Minerais (1998a) os solos dentro da Bacia de Curitiba, variam muito de local para local. Em curtas distâncias podem ocorrer variações que vão desde solos profundos e bem evoluídos como podzólicos, solos rasos muito pouco evoluídos como cambissolos e litossolos e até afloramentos de sedimentos praticamente sem evolução pedogenética: pedogênese muito variável, por isto as características agrícolas, geotécnicas e hidrogeológicas variam muito de local para local; difíceis de serem corrigidos e homogeneizados para fins de aproveitamento agrícola em grandes e contínuas parcelas. Como características comuns destacam-se: a ocorrência quase generalizada de solos que chamam a atenção por apresentarem quase sempre o horizonte superior "A" bastante espesso, de cor preta e/ou cinza-escura, textura muito heterogênea, com mistura da fração argila com grãos grosseiros e até pequenos seixos de quartzo (mal selecionada), geralmente bastante friável quando seca e bastante porosa: baixa resistência à penetração; fácil escavabilidade.

No primeiro planalto paranaense, ROCHA, citado por CAMARGO (1995) realizou na Bacia de Curitiba um trabalho objetivando a caracterização morfológica e analítica dos solos desenvolvidos a partir de diferentes materiais de origem, com a finalidade de contribuir para o conhecimento da gênese, estado de intemperismo e classificação destes, na referida Bacia.

NUNES citado por KORMANN (1999), apontou a ocorrência de solos expansivos na Formação Guabirotuba. Dados de análises mineralógicas (MASSAD *et al.*; DUARTE, e PEREIRA; PEJON, citados por KORMANN, 1999) permitem caracterizar como sendo predominante um argilo-mineral do grupo das esmectitas, provavelmente a montmorilonita.

COSTA LIMA (1974) realizou estudos pedológicos de perfis de Solos na região da Bacia de Curitiba, visando o conhecimento da pedogênese destes solos.

4.1.6 Mineralogia dos Solos

Segundo MELO (2002), os solos de modo geral são constituídos por quatro componentes principais: matéria mineral, matéria orgânica, água e ar. Assim, os solos são uma mistura íntima destes componentes na qual se distinguem as fases sólida, líquida e gasosa.

Afirmou o mesmo autor que a matéria mineral inclui os minerais primários e secundários, todos em formas, dimensões e composições químicas variáveis. Sob o ponto de vista edafológico os minerais primários, encontrados principalmente nas frações areia e silte, podem fornecer indicações acerca da reserva mineral dos solos por meio de sua alteração e liberação de nutrientes às plantas. Os fatores que afetam de forma direta o valor dos minerais primários como reserva mineral são a composição química, o tamanho e a resistência ao intemperismo.

Já os minerais secundários são formados pela desintegração e alteração dos minerais primários por meio do intemperismo. Os minerais secundários constituem quase a totalidade da fração mais fina do solo (fração argila) e são encontrados sob a forma de minerais silicatados e também óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos de ferro e alumínio, com grande importância sobre as reações físico-químicas que ocorrem no solo. São características dos minerais da fração argila: estado coloidal com presença de cargas elétricas de superfície que possibilitam a adsorção de íons, promovem a retenção de água, apresentam plasticidade e pegajosidade, são suscetíveis a processos de dispersão e floculação, exibem dureza e tenacidade no estado seco, variam de volume conforme a umidade e desempenham importante papel na cor e agregação dos solos.

Outros importantes constituintes da fração sólida do solo são as matérias orgânicas, que é representada por resíduos animais e vegetais em estado diverso de decomposição, misturados intimamente com as partículas minerais. Apesar do seu teor ser relativamente baixa nos solos minerais típicos (30 a 50 g kg⁻¹), a sua influência é muito grande nas propriedades do solo e por extensão no crescimento e

desenvolvimento das plantas. A matéria orgânica do solo pode ser dividida em dois grupos de materiais: tecidos originais e parcialmente decompostos que podem ainda ser identificado; e material decomposto, transformado biologicamente, que se apresenta em estado coloidal, normalmente de coloração marrom a preta, com presença de alta densidade de carga superficial, genericamente chamada de fração húmica (ácido fúlvico, ácido húmico e humina). As principais funções da matéria orgânica no solo são: fonte de nutrientes para as plantas; alta capacidade de retenção de íons e água; alta superfície específica e alta poder tampão e de quelação.

Dessa forma, os minerais secundários e a matéria orgânica, por meio de cargas elétricas de superfície e do reduzido tamanho das partículas, além de propiciarem condições favoráveis ao crescimento vegetal, desempenham importante papel na retenção de resíduos tóxicos adicionados ao solo, restringindo ou limitando a chegada destes contaminantes ao lençol freático. Este efeito benéfico do solo como "filtro" de contaminantes é função da quantidade e qualidade da fração argila (minerais secundários) e da fração húmica da matéria orgânica. Com base principalmente nestes critérios, pode-se definir o conceito de classes de vulnerabilidade de solo, onde aquele com menor capacidade adsortiva são mais vulneráveis aos acidentes ambientais com entrada de íons e/ou moléculas tóxicas, com maior potencial de contaminação de águas subterrâneas.

4.1.7 Clima

O Clima regional da região metropolitana de Curitiba, segundo MAACK (1981) trata-se de zona de Clima quente-temperado, subtropical fresco até frio, no inverno, zona original limite de campo com mata de araucária atualmente zona cultivada, temperatura média anual de 16,5 °C, sendo o mês mais quente 24,4 °C.

A classificação segundo Koeppen é Cfb, que indica clima sempre úmido, clima pluvial-quente-temperado; o mês mais quente menor que 22 °C, onze meses maior que 10 °C, mais de cinco geadas por ano.

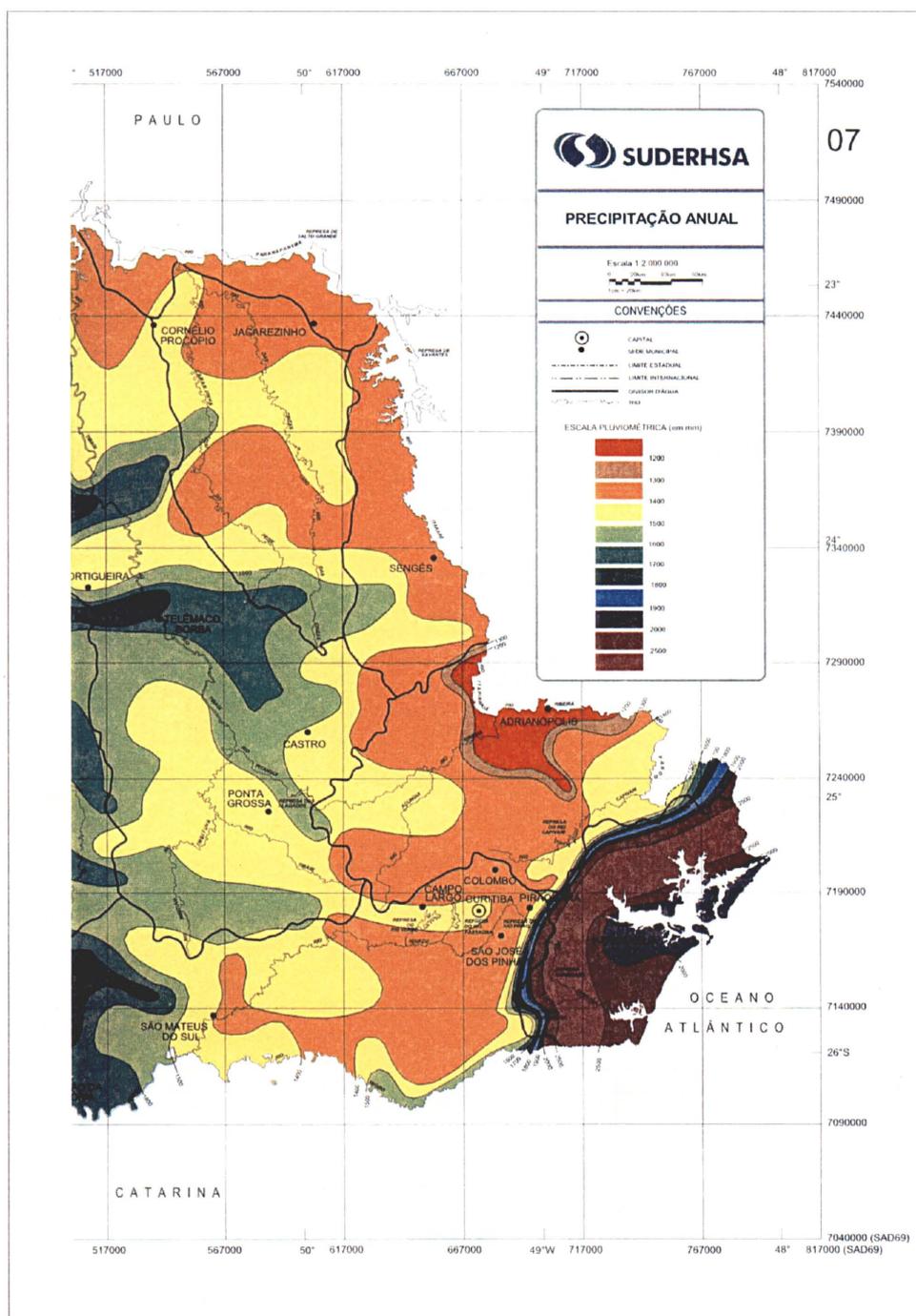
Conforme o IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (1979), a Região Metropolitana de Curitiba, situa-se quase que na sua totalidade no domínio climático Cfb, dentro desta classificação, apresenta duas zonas climáticas: a 7 - Cfb (que abrange 90% da região) e a 7 - Cfa (compreendendo os 10% remanescentes).

Na zona Cfb inclui-se o primeiro planalto paranaense. Esta zona climática define-se como sempre úmida, com clima pluvial quente - temperado, apresentando no mês mais quente, médias inferiores a 22°C e onze meses do ano com temperaturas médias superiores a 10 °C, este tipo de clima está sujeito a precipitações regulares durante todos os meses do ano e a geadas severas (mais de cinco geadas noturnas por ano). O mês mais chuvoso é janeiro, com 190,7mm, e o mais seco agosto, com 78,2mm, correspondendo há doze meses úmidos, num total de 1.451,8mm em média, não apresentando estação seca (MAACK, 1981).

O índice pluviométrico da Região Metropolitana de Curitiba é elevado e com boa distribuição espacial. O relevo regional caracterizado por formas e superfícies simples não interfere a ponto de criar diferenciações muito importantes na pluviometria anual. A média de precipitações para a região metropolitana de Curitiba, de acordo com o IPARDES (1979) chega a 1354 mm, sendo que a oferta hídrica regional apresenta-se com excedentes durante todo o ano, sem situações de deficiência, de acordo com PARANÁ (1999) chega a 1500 mm por ano. (FIGURA 4).

NOGUEIRA (1997), citou que as médias de precipitação pluviométrica verificadas na Estação Meteorológica da Pontifícia Universidade Católica revelaram que, nos últimos treze anos, a média anual atingiu a marca de 1.425,61 mm de precipitação e que os meses em que se verificaram as maiores intensidades de chuva foram: janeiro, fevereiro, maio e dezembro.

Por outro lado o mês de agosto registra os menores índices de precipitação pluviométrica.



FONTE: SUDERHSA (1998)

FIGURA 4 - PRECIPITAÇÃO ANUAL - CURITIBA

A proximidade do litoral e da Serra do Mar favorece a incidência de chuvas. A disponibilidade de águas, durante todos os meses do ano sobre a superfície do terreno, permite constante infiltração de água no subsolo, favorecendo a recarga permanente dos aquíferos.

4.2 NORMAS E LEGISLAÇÃO NACIONAL

Embora o estudo da Legislação pertinente a implantação de cemitérios não faça parte deste trabalho é importante apresentar a Legislação ambiental existente que apesar de não ser específica para cemitérios tem sido utilizada quando necessário se faz tomar medidas mais contundentes com relação a cemitérios mal localizados.

MILARÉ (1997), em seu texto cemitério e meio ambiente, remonta a preocupação no Brasil com relação aos Cemitérios à Constituição Brasileira de 1891, que secularizou os cemitérios, retirando da administração eclesiástica e passando-os para a esfera do poder civil laico.

Ainda segundo MILARÉ (1997), a Lei e o uso estabeleceram que nenhum enterramento poderia ser realizado fora dos cemitérios; todavia, têm sido considerados os casos de pessoas de determinada categoria, assim como os hábitos e praxes de nacionalidades, confissão ou regra religiosa. Por essa via, surgiram sepultamentos em panteões e criptas especiais, cemitérios de associações religiosas ou credos. Fora sepultamentos especiais admitidos pela tradição, os cemitérios chamados confessionais regem-se pela legislação que regulamenta os cemitérios particulares, ou mesmo patrimoniais.

Modernamente, poucas disposições específicas há nos vários códigos voltados para regulamentação da propriedade e a administração dos cemitérios. É possível crer que não se trata de omissão, mas, sim, da constatação de que o costume levou a sociedade a incorporar, no dia-a-dia, o que antes se traduzia em ordenações, posturas e outros dispositivos legais.

Os parâmetros que estão sendo solicitados pelos Órgãos ambientais são apenas bacteriológicos, deixando de lado todos os outros possíveis contaminantes, metais pesados, e os outros parâmetros que estão apresentados na Resolução do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, nº 20 (1986), que classifica as águas quanto a poluição por lançamento de efluentes, não sendo específica para cemitérios, por isso a necessidade de uma legislação específica para esta atividade.

O Código Sanitário do Estado do Paraná, editado em 1975 (Lei complementar nº4) em seu capítulo XIX, trata dos cemitérios e Capelas Mortuárias, reza:

Art. 180. "Os cemitérios serão construídos em pontos elevados, na contravertente das águas que tenham que alimentar cisternas e deverão ficar isolados por logradouros públicos, com largura mínima de 14m em zonas abastecidas pela rede de água ou de 30 m em zonas não providas da mesma.

§ único - em caráter excepcional serão tolerados a juízo da autoridade sanitária, cemitérios em regiões planas.

Art. 181 - O lençol de água nos cemitérios deve ficar a 2m pelo menos, de profundidade.

Art. 182 - O nível das sepulturas dos cemitérios em relação aos cursos de água vizinhos deverá ser suficientemente elevado, de modo que as águas das enchentes não atinjam o fundo das sepulturas.

Apesar da existência do Código Sanitário o mesmo encontra-se bastante desatualizado e não sendo fiscalizado sua aplicação por nenhum Órgão ambiental.

Atualmente encontra-se em vigor a Portaria nº36 do Ministério da Saúde (de 18.01.90) alterada pela Portaria 1469 de 29 de dezembro de 2000, que trata da potabilidade da água, que está sendo utilizada para águas subterrâneas pois não existe legislação e parâmetros específicos para as mesmas.

A Resolução 001/86 do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente, trata da obrigatoriedade dos estudos de impacto ambiental para implantação de atividades poluidoras, onde pode ser entendido que Cemitério é atividade poluidora.

Para contaminação de solo por poluentes não existe legislação específica.

A CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental elaborou no ano de 1999 a Norma Técnica L1.040 que trata da implantação de Cemitérios, onde define critérios técnicos para implantação dos Cemitérios, porém não prevê a elaboração de EIA/RIMA - Estudo Prévio de Impacto Ambiental, previsto também na Constituição Federal para atividades que causem impacto ambiental.(Anexo 1)

O Código Sanitário de São Paulo - Decreto 12.342 de 1978 em sua Seção II trata dos Cemitérios, apresenta parâmetros técnicos definidos nos artigos 151, 152, 153, 154 e 155. (Anexo 2)

Art.151. "Os cemitérios serão construídos em áreas elevadas, na contravertente das águas que possam alimentar poços e outras fontes de abastecimento".

Art. 153. "O nível dos cemitérios deverá ser suficientemente elevado de maneira a assegurar que as sepulturas não sejam inundadas."

Art.154 "O nível do lençol freático, nos cemitérios, deverá ficar a 2,00m, no mínimo, de profundidade".

Art.155. "Os projetos de cemitérios deverão ser acompanhados de estudos especializados, comprovando a adequabilidade do solo e o nível do lençol freático

....

O artigo 152 do mesmo Código Sanitário, segundo PACHECO (1986), prevê o isolamento interno dos cemitérios em todo o seu perímetro e não o externo. A fim de evitar o sepultamento junto aos muros, como ocorre nas necrópoles da área central urbana. Entretanto, o isolamento externo é fundamental, devendo neste perímetro serem proibidas a construção de habitações, a instalação de redes de água para abastecimento público e perfuração de poços. Distâncias mínimas requeridas por lei entre um cemitério e poços para abastecimento de água potável são de 100 jardas (91,40m) na Inglaterra, 100,00 metros na França e 150,00 metros na Holanda .

PACHECO (1986), em seus estudos observou ainda vários problemas relativos aos cemitérios já implantados, a presença de túmulos mal conservados, podem se constituir em focos de contaminação das águas subterrâneas, a presença de árvores de grande porte no interior dos cemitérios que através de suas raízes são responsáveis pela destruição de túmulos, os túmulos mal conservados durante a época das chuvas são inundados e posteriormente estas águas pluviais infiltram-se no solo acabando por atingir o lençol freático.

O mesmo autor apresenta que estes problemas podem ser evitados mediante a correta planificação quanto à construção e utilização das necrópoles. No tocante à arborização de cemitérios, os elementos vegetais predominantes deverão ser os gramados e as coníferas.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 MATERIAL

Este trabalho foi realizado no Cemitério Municipal do Boqueirão e Cemitério Municipal de Santa Cândida, no município de Curitiba, no Estado do Paraná.

O Cemitério Municipal do Boqueirão encontra-se situado no Bairro de mesmo nome, à rua Waldemar Loureiro de Campos, 2997, implantado neste local à cerca de 50 anos. O mesmo está localizado na bacia do rio Belém, que faz parte da bacia do Rio Iguaçu, apresentando como córrego principal o Ribeirão dos Padilhas. A cota altimétrica do local varia de 900.38 a 893.94 metros acima do nível do mar. (ANEXO 3)

Está situado em zona Residencial - ZR-2, segundo zoneamento da Prefeitura Municipal de Curitiba (1999). O bairro é bastante populoso e no entorno do Cemitério existem várias residências. O cemitério municipal do Boqueirão possui uma área de 4,61 ha.

Segundo CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (1998a), a área em que se localiza este cemitério, pertence ao domínio 2 a₁, definido como sendo terrenos de Curitiba - Formação Guabirotuba, constituídos predominantemente por sedimentos argilosos, é a porção mais profunda da Bacia, onde o relevo é suavizado, com declividades máximas de 10%. (FIGURA 5).

O Cemitério Municipal Santa Cândida, situado no Bairro de Santa Cândida no início da estrada nova para Colombo, apresenta 13,20 ha e está localizado na bacia do Rio Atuba, pertencente a bacia hidrográfica do rio Iguaçu, situado na cota altimétrica 902.54 a 865, 94 metros acima do nível do mar.

Está situado em zona residencial ZR-2.

Segundo o CPRM (1998a) a área do Cemitério Santa Cândida pertence ao domínio geoambiental 13 a₁ que corresponde aos terrenos sustentados pelas rochas mais antigas da região de Curitiba, por isto são considerados como pertencentes ao embasamento cristalino. (FIGURA 6)

Nesses locais foram realizados vários procedimentos para a caracterização dos meios físicos que envolveram trabalhos no campo e em laboratório que serão descritos a seguir.

5.2 MÉTODOS DE CAMPO

5.2.1 Levantamentos Geofísicos

Neste trabalho, utilizou-se a sondagem elétrica vertical, como ferramenta para determinar a profundidade do lençol freático, através da execução de 11 sondagens elétricas verticais, sendo 4 no Cemitério Municipal do Boqueirão e 7 no Cemitério Municipal de Santa Cândida, foi medida a resistividade elétrica de diferentes profundidades sob um mesmo ponto.

As medidas de campo foram executadas através de um arranjo de quatro eletrodos alinhados na superfície. Para cada posição dos eletrodos foram feitas medidas injetando no solo uma corrente elétrica de intensidade I , ligada a um miliamperímetro. A passagem desta corrente pelo solo provoca o aparecimento de uma diferença de potencial ΔV , entre os eletrodos que é lida em um milivoltímetro.

Assim a resistividade elétrica aparente dos materiais investigados foi calculada pela fórmula:

$$Pa = \Delta V / I \times K \text{ (ohm x m)}$$

Onde K é o fator geométrico, que depende da posição dos eletrodos. Os dados obtidos foram lançados em um gráfico bilogarítmo, tendo no eixo das abscissas o espaçamento entre os elementos e no eixo das ordenadas os valores correspondentes de resistividade elétrica.

Através do gráfico obtido detectou-se a profundidade do lençol freático.

O uso de sondagens geofísicas para determinação da profundidade do lençol freático, tem sido muito empregado por diversos autores como ELLERT e ROSA FILHO (1998), PACHECO et al (1991), JOSÉ et al (1992) e CAMARGO (1995).

5.2.2 Mapeamento Geológico

Para elaborar o mapa geológico, dos dois Cemitérios, com o intuito de atingir os objetivos do trabalho, foram desenvolvidas as seguintes etapas:

Tendo como base o mapa geológico do CPRM (1998a) e uma fotointerpretação realizada em fotos aéreas na escala 1:8.000 do vôo realizado pela empresa Esteio em 1980, procederam-se os trabalhos de campo.

No campo foi feito o reconhecimento e caracterização das unidades, sendo efetuadas algumas modificações em relação ao mapa existente.

Após a delimitação das litologias, reconhecidas no campo, foi elaborado um novo mapa geológico em escala 1:2.500 que foi digitalizado. A fotografia aérea na escala 1:8.000 do vôo realizado pela Esteio em 1980, foi digitalizada através de scanner de mesa e georreferenciada no programa Idrisi3.2 tendo-se como base a Carta topográfica da COMEC - Coordenadoria da Região Metropolitana de Curitiba, na escala 1:10.000

5.2.3 Descrição dos Perfis e Coleta de Amostras de Solos

Foi realizada a coleta das amostras dos cemitérios Municipal do Boqueirão e do Cemitério Municipal de Santa Cândida, em datas distintas.

A locação dos pontos a serem amostrados foi feita de acordo com a variação topográfica e diferenciações das unidades geológicas apresentadas no mapa geológico do CPRM (1998a).

A locação dos pontos em campo no cemitério Municipal do Boqueirão apresentou problemas, pois os mesmos foram locados em lotes vagos, sendo que no

ponto P2, na profundidade de 80cm foi observado a presença de um caixão e o ponto de amostragem teve que ser excluído. Não houve a possibilidade de mudança de local, pois nas proximidades deste ponto não existiam lotes vagos.

O ponto P3 também foi excluído, devido ao mesmo apresentar muito material de construção, descaracterizando o solo, principalmente por apresentar restos de cimento e tijolos.

No Cemitério municipal de Santa Cândida, os pontos P2 e P7 também foram excluídos, pois os mesmos apresentaram resto de material de construção impossibilitando a amostragem.

A seguir efetuou-se a amarração dos pontos pelo aparelho GPS - Garmim XL 112, determinando as Coordenadas geográficas.

A metodologia de coleta de amostras de solo foi realizada levando-se em consideração que o solo é urbano, apresentando horizontes com elementos estranhos ao solo original, tais como caliças, restos de sepulturas, restos de cadáveres, ossos, pedaços de tecidos, pedaços de madeira oriundas dos caixões, etc...

Para cada ponto de amostragem foi aberta uma trincheira de 60 X 100 cm de largura por 120 cm de profundidade, possibilitando uma melhor observação das características dos solos.

A coleta de material foi efetuada nas profundidades de 0 a 20cm, 20 a 80 cm e 80 a 120 cm denominadas camadas a, b e c respectivamente, tal procedimento foi adotado devido às características do solo, nos locais estudados não se apresentarem com suas características originais, dificultando sua delimitação. As tabelas 2 e 3 apresentam os pontos amostrados.

As amostras indeformadas, para análise da densidade, foram coletadas em cilindros de aço de 2,90 cm de altura e de 5,5 cm de diâmetro. Estes cilindros foram cravados verticalmente, cortando-se a parede de cada trincheira até a profundidade das camadas amostradas. Após a penetração total do cilindro, os mesmos foram retirados e colocados discos de metal nas suas extremidades.

Após esse procedimento os cilindros foram acondicionados em papel filme com numeração do ponto amostrado e armazenados em caixa de isopor até serem encaminhados ao laboratório.

TABELA 1 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA

PONTOS AMOSTRADOS	SETOR	QUADRA	Localização GPS
P1	Setor D	Quadra 29	X=678837 Y= 7192654
P2 *	Setor M	Quadra 9 e 10	X= 678696 Y=7192698
P3	Setor K	Quadra 9 A	X= 678596 Y= 7192587
P4	Setor N (ponte)	Quadra 12	X=678681 Y= 7192779
P5	Setor GF	Quadra 5 e 8	X= 678801 Y=7192778
P6	Setor GF 25 e setor R1	Quadra 1	X= 678842 Y=7192837
P7 *	Fundos dos poços de monitoramento		X= 678952 Y= 7192848
P8	Setor C	Quadra 45	X= 678972 Y = 7192744
P9	Setor C	Quadra 10 e 12	X = 678932 Y = 7192675

* Excluído

TABELA 2 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO

PONTOS AMOSTRADOS	QUADRA	Rua	LOTE	Localização GPS
P1	15	30	17/18	X= 675872 Y= 7177438
P2 *	34	10	6 e 7	X=675904 Y=7177458
P3 *	70	30	7	- -
P4	100	40	2	X= 675982 Y= 7177365
P5	118	48	19	X=675947 Y=7177309
P6	148	5 (principal)	Lote/vago (próximo às gavetas)	X=675962 Y=7177267
P7	219	90	Lote 8	X= 676016 Y= 7177178
P8	244	98	Lote 20	X= 676040 Y=7177142

* Excluído

5.3 MÉTODOS DE LABORATÓRIO

As análises das amostras de solo dos Cemitérios Municipal do Boqueirão e Municipal de Santa Cândida foram efetuadas no Laboratório de Mineralogia do Departamento de Solos, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

5.3.1 Análise Granulométrica dos Solos

Para análise granulométrica foi utilizado o método da pipeta adaptado pela EMBRAPA (1979).

Colocou-se 20 g de terra fina seca ao ar (TFSA) em béquer de 250 ml e adicionou-se 20 ml de solução de NaOH 1 mol L⁻¹ mais 20 ml de água deionizada e após este procedimento a suspensão foi deixada em repouso por 24 horas.

A suspensão foi transferida para copos do agitador Stirr (coqueteleira) usando água deionizada até atingir 3/4 da capacidade agitando por 10 minutos.

A suspensão foi passada em peneira de 0,053mm sendo recolhida em proveta de 1000ml, retendo a fração areia.

A fração areia retida na peneira foi lavada até a obtenção de 900ml de suspensão na proveta. A fração areia (0,053 a 2 mm) foi transferida com jatos de água para um béquer de 100ml, previamente tarado e identificado.

A areia foi seca em estufa a 105 °C por 24 horas e determinado seu peso após o esfriamento em dessecador.

O volume da suspensão foi completado na proveta de 100ml e homogeneizado por meio de agitação manual.

Após alguns segundos, foi pipetada uma alíquota de 20 ml de silte + argila, a 10 cm de profundidade. Passado para uma cápsula tarada e identificada. Secada em estufa a 105 °C por 24 horas. Esfriada em dessecador e determinado o peso do material {peso do silte+peso da argila+ peso do dispersante (PSAD)}, em balança de precisão

de quatro dígitos.

A suspensão foi mantida em repouso o tempo necessário para a descida da fração silte além dos primeiros 5 cm. Esse tempo é obtido em tabela própria.

Após o tempo obtido através da tabela, foi pipetada uma alíquota de 20ml a 5 cm de profundidade. A seguir a suspensão foi transferida para uma cápsula previamente tarada e identificada. A suspensão foi seca em estufa a 105°C por 24 horas, esfriada em dessecador, e obtido o peso da argila + dispersante (PAD).

Para obtenção dos valores foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\% \text{ Areia Grossa} = (\text{Peso Areia Grossa(g): 20 g de TFSA}) \times 100$$

$$\% \text{ Areia Fina} = (\text{Peso Areia Fina(g): 20g de TFSA}) \times 100$$

$$\text{Peso da argila (PA)} = \text{PAD} - \text{PD} \text{ (sendo PD igual a 0,016g)}$$

$$\% \text{ Argila} = \{(\text{PA} \times 50) : 20\} \times 100$$

$$\text{Peso do Silte (PS)} = \text{PSAD} - \text{PAD} - \text{PD}$$

$$\% \text{ do Silte} = \{(\text{PS} \times 50) : 20\}$$

5.3.2 Determinação da Densidade Aparente do Solo

A determinação da densidade aparente foi realizada segundo o método do anel volumétrico adaptado da EMBRAPA (1979).

A coleta das amostras de solo, com estrutura indeformada, foi efetuada através de anel de aço de bordas cortantes e volume interno de 50cm³.

As amostras foram levadas ao laboratório e este material foi colocado em uma placa de vidro, com peso já determinado (Leitura 1)

As amostras foram pesadas úmidas (Leitura 2) e levados à estufa a 105°C para secagem, por 24 horas.

Após este tempo as mesmas foram retiradas da estufa e deixadas esfriar, sendo que após este período as mesmas foram pesadas solo seco+ placa, em gramas (Leitura 3), em balança de precisão.

Os anéis a seguir foram retirados e medidos sua altura e diâmetro, para procedimento de cálculo do volume do material amostrado.

Para determinação do volume utilizou-se a fórmula:

$$D_a = M/V, \text{ onde}$$

D_a = Densidade aparente em g/cm^3

M = Massa de solo em g

V = Volume do solo em cm^3

5.3.3 Determinação da Densidade do Solo

Para determinação da densidade real foi utilizado o método do Balão Volumétrico adaptado de EMBRAPA (1997).

Amostras de terra fina foram secas a 105°C por 12 horas, a seguir pesaram-se 20g de solo e que foram transferidos para o balão volumétrico de 50ml. Com o auxílio de uma bureta foram adicionados álcool etílico vagorosamente, agitando para eliminar as bolhas de ar que se formavam. A operação foi completada após a ausência de bolha e o volume do balão foi completado. A seguir o volume de álcool gasto foi anotado (em ml). Utilizou-se a fórmula abaixo para determinação da densidade das partículas.

$$D_r = M / V (\text{sólidos}), \text{ onde}$$

D_r = Densidade real em g/cm^3

M = massa da amostra em g

V = Volume de sólidos em cm^3

5.3.4 Determinação da Mineralogia

Para identificação dos minerais de argila dos solos foi utilizada a Difractometria de raio X (DRX)

Foram utilizadas as amostras da camada b dos solos dos Cemitérios Municipais do Boqueirão e do Cemitério Municipal de Santa Cândida, devido a possibilidade de concentração de necrochorume nestes horizontes.

Procedeu-se primeiro a retirada da matéria orgânica das amostras conforme metodologia a seguir descrita.

5.3.4.1 Preparação das amostras e remoção da matéria orgânica

Após secagem do solo, o mesmo foi passado em peneira de 2 mm para obtenção de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA).

Foram colocadas 10 g de TFSA em béquer de vidro de 200 ml (fazendo 3 repetições);

As mesmas foram colocadas em béquer em banho-maria a 70 °C.

Foram adicionadas pequenas quantidades de água oxigenada 30 volumes, agitando continuamente com bastão de vidro, até o término da efervescência.

Ao final, deixou-se o excesso de água oxigenada evaporar até a formação de um resíduo seco.

5.3.4.2 Dispersão e separação das frações do solo

Nesta etapa de dispersão houve a transferência do resíduo do tratamento anterior (remoção de matéria orgânica) para frasco de 100 ml utilizando 50 ml de

solução de NaOH 0,2 mol L⁻¹ (total de 3 frascos).

O frasco foi fechado e colocado em agitador por uma hora e trinta minutos passando o conteúdo por uma peneira com malhas de 0,05 mm, retendo-se a fração areia.

Recolheu-se a suspensão em provetas de 1000 ml (total de 3 provetas).

A fração areia foi lavada e colocada em béquer para secagem em estufa.

Após a secagem, as mesmas foram acondicionadas em frascos para análise futura.

Completo-se o volume das provetas com água deionizada para separação das frações argila e silte por sedimentação com base na lei de Stoke (a velocidade de sedimentação das partículas de silte a 25 °C é de 1 cm a cada 42 minutos).

Depois do tempo necessário para promover a descida da fração silte, com o uso de um sifão, transferir a suspensão de argila para um recipiente.

O volume da proveta foi completado utilizando água pH 10 (dissolver 1 g de Na₂CO₃ em 10 L de água deionizada) e agitar bem a suspensão, prosseguiu-se o sifonamento até a suspensão sobrenadante ficar clara.

A argila armazenada foi floculada em recipiente (balde) baixando o pH da suspensão para 4 utilizando solução de HCl 0,2 mol L⁻¹. Monitorando o pH durante o ajuste por meio de um peagâmetro. Se o pH da suspensão ocorresse abaixo de 4, utilizava-se a solução de NaOH 0,2 mol L⁻¹ para a correção. Nas amostras onde a argila permaneceu dispersa, adicionaram-se pequenas quantidades de NaCl até promover a floculação das partículas.

Após decantação da argila, eliminou-se o excesso de água e colocaram-se as frações argila e silte, separadamente, para secagem em estufa a 70 °C.

Após a secagem, a fração argila foi triturada em almofariz e acondicionada as frações silte e argila em frascos devidamente identificados.

5.3.4.3 Identificação dos minerais por Difractometria de Raios-X (DRX)

As amostras da fração areia foram trituradas em almofariz e montadas em placas de Koch com as amostras não-orientadas das frações areia, silte e argila e analisadas por DRX numa amplitude de 4 a 65 °2θ e velocidade de 1 °2θ/min.

5.3.4.4 Tratamentos da fração argila

5.3.4.4.1 Saturação com Mg

Cerca de 1,0 g de argila foram colocadas em tubo de centrífuga de vidro com capacidade de 15 ml e adicionados 10 ml de solução de MgCl_2 0,5 mol L^{-1} .

A suspensão foi agitada e centrifugada e o sobrenadante descartado.

Foram adicionados mais 10 ml de solução de MgCl_2 0,5 mol L^{-1} e dispersadas as amostras com agitador ou bastão de vidro, centrifugadas e descartado o sobrenadante.

Repetida a operação por mais uma vez (total de 3 lavagens com solução de MgCl_2).

O resíduo foi lavado com água deionizada até obtenção de teste negativo com AgNO_3 . Caso ocorresse problema para flocular a amostra durante centrifugação, substitui-se a água por etanol (95 %). Para fazer o teste, após algumas lavagens da amostra foi colocada uma pequena quantidade do sobrenadante em um béquer e adicionada algumas gotas de solução de AgNO_3 . Caso ocorresse excesso de MgCl_2 havia a formação de precipitado branco de AgCl_2 .

A seguir foi colocada metade da amostra saturada com Mg, com auxílio de um bastão de vidro ou espátula, identificada e preparada um lâmina orientada pelo método do esfregaço.

5.3.4.4.2 Saturação com Mg e etilenoglicol

Foram adicionados 10 ml de etilenoglicol 30 % (v/v) (diluído em álcool etílico) no restante da amostra saturada com Mg contida no tubo de centrifuga.

Agitada a suspensão, centrifugada e descartado o sobrenadante.

A operação foi repetida por mais uma vez (total de duas lavagens com etilenoglicol);

Identificada e preparada a seguir uma lâmina orientada da amostra saturada com Mg e glicerol pelo método do esfregaço.

5.3.4.4.3 Saturação com K

Colocou-se cerca de 0,6 g de argila em tubo de centrifuga de vidro e adicionou-se 10 ml de solução de KCL 1 mol L^{-1} .

Seguiram-se os mesmos passos utilizados na saturação da amostra com Mg;

Foram preparadas lâminas orientadas da amostra saturada com K.

5.3.4.4.4 Aquecimento da amostra saturada com K

Após a obtenção do difratograma de raios-X da amostra saturada com K as lâminas foram aquecidas a $550 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante duas horas numa mufla e deixadas esfriar em dissecador com sílica. Após esfriamento as amostras foram analisadas por DRX. (todas as lâminas foram analisadas por DRX numa amplitude de 3 a $15 \text{ }^{\circ}2\theta$ e velocidade de $1 \text{ }^{\circ}2\theta/\text{min}$).

5.3.5 Determinação Química

Para determinação das análises químicas foram utilizados os métodos de laboratório da EMBRAPA (1997)

5.3.5.1 Determinação química de alumínio trocável (Al^{+3})

Extração com solução de KCl e determinação volumétrica com solução diluída de NaOH

5.3.5.2 Determinação química da acidez potencial ($H+Al$)

A extração é feita com solução de acetato de cálcio, 5M tamponada em pH 7,00.

5.3.5.3 Determinação de cálcio e magnésio

O método utilizado para determinação destes elementos é a titulação com EDTA - etilenodiaminotetracético.

5.3.5.4 Determinação de cálcio trocável Ca^{+2}

O princípio é o mesmo utilizado para a extração de cálcio mais magnésio, titulação com EDTA - etilenodiaminotetracético.

5.3.5.5 Determinação de potássio trocável (K^{+})

Extração com solução diluída de ácido clorídrico e posterior determinação por espectrofotometria de chama.

5.3.5.6 Determinação de CTC - Capacidade de Troca de Cátions

A capacidade de troca de cátions foi obtida a partir da soma total dos cátions que o solo pode reter na superfície coloidal.

5.3.5.7 Determinação de V% - Saturação de Bases

A saturação de bases foi obtida através do total de cargas negativas existentes no solo, com a proporção de cátions úteis (Ca, Mg e K).

5.3.5.8 Determinação de fósforo

A determinação de fósforo foi realizada por colorimetria.

5.3.5.9 Determinação de carbono

A determinação do Carbono foi determinada pelo método indireto da oxidação do carbono orgânico por via úmida (método Walkley-Black).

5.3.5.10 Determinação do pH

O potencial foi medido por meio de eletrodo combinado imerso em uma suspensão solo:líquido(água, KCl e CaCl₂).

5.4 CARTOGRAFIA

Para confecção dos mapas do presente trabalho para os Cemitérios do Boqueirão e Santa Cândida foram realizadas várias etapas abaixo descritas.

O Hardware utilizado foi microcomputador PC Pentium IV, de 128mb Ram, com 5 GB, monitor de 17", mesa digitalizadora Vangogh tamanho A1, impressoras, scanner e demais periféricos.

5.4.1 Mapa de Curvas de Nível

Para confecção do mapa de curvas de nível para do Cemitério Municipal de Santa Cândida, mapa topográfico da COMEC, planta D-I-4-NO-E-413, na escala

1:10.000, com equidistância de curvas de nível de 5 metros, foi digitalizado no programa Cartalinx, em mesa digitalizadora. Após a digitalização foram adicionadas ao banco de dados as cotas das curvas de nível. O mapa final de curvas de nível foi editado no programa Arcview 3.2, na escala de 1:2. 500.

Para confecção do mapa de curvas de nível foi utilizado o mapa de levantamento altimétrico do Cemitério Municipal Boqueirão editado pelo Departamento de Parques e Praças de Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba na escala 1:500, com equidistância de curvas de nível de 1 metro que foi digitalizado no programa Cartalinx, em mesa digitalizadora. Após a digitalização foram adicionadas ao banco de dados as cotas das curvas de nível. O mapa final de curvas de nível foi editado no programa ArcView3. 2, na escala de 1:2.500.

5.4.2 Mapa Altimétrico

Foi utilizada a mesma metodologia para os dois Cemitérios. O arquivo contendo as curvas de nível foi transferido para o programa Idrisi 32 onde foi usado na geração do modelo numérico do terreno (MNT) a partir da interpolação TIN (triangulação) das curvas. O MNT é um arquivo de imagem (raster), onde cada pixel possui o valor de altitude correspondente às suas coordenadas. Este arquivo foi transferido para o programa Arcview 3.2, onde foi editado o mapa altimétrico da área na escala de 1:2. 500.

5.4.3 Mapa de Declividade

Foi usada a mesma metodologia para os dois Cemitérios. O mapa de declividade foi gerado no programa Idrisi 3.2 a partir do comando SURFACE, que gera um arquivo de imagem (raster) onde cada pixel contém o valor da declividade correspondente às suas coordenadas. Este arquivo foi reclassificado a partir do comando RECLASS, gerando assim o mapa de Classes de Declividade. O produto

gerado com intervalos de declividade correspondente a 5-10%, 10-15%, 15-20% e superior a 20%, foi plotado no mapa.

O mapa final de classes de declividade foi editado no programa ArcView3. 2 na escala 1:2.500.

5.4.4 Mapa Geológico

Para elaborar o mapa geológico, com o intuito de atingir os objetivos do trabalho foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- a) reconhecimento e delimitação das áreas de estudo através de fotos aéreas escala 1:8.000 do voo de 1985 e de 1999 e mapas topográficos escala 1:10.000 da COMEC (1987) - Coordenadoria da Região Metropolitana de Curitiba;
- b) reconhecimento e caracterização das unidades de mapeamento no campo, tendo como base o mapa geológico do CPRM;
- c) elaboração de um novo mapa geológico em escala 1: 2.500, que foi digitalizado usando o programa Arcview 3.2, na escala 1:2.500, tendo como base o mapa geológico da CURITIBA (2000) (2000).

5.4.5 Mapa Potenciométrico

Para confecção do mapa de profundidade do lençol freático, foi utilizado como base, o mapa topográfico, correlacionando com a profundidade do lençol freático obtida através do levantamento geofísico executado, representados por linhas que unem os mesmos pontos de altura, usando método semelhante ao usado em topografia, o mapa foi gerado através do programa ArcView, na escala 1:2.500.

5.4.6 Fotointerpretação

Após a geração dos mapas a fotointerpretação foi realizada para conferir os dados obtidos a partir da base cartográfica, utilizada como material de apoio.

Para a fotointerpretação foram utilizadas fotografias aéreas em preto e branco, na escala 1:8.000, obtidas no Levantamento realizado pela empresa Esteio no ano de 1980.

Os trabalhos de estereoscopia foram efetuados através de estereoscópio de espelho da marca Wild, modelo ST-4.

Foi utilizada como referência carta planialtimétrica na escala 1:10.000, produzida pela COMEC - Coordenadoria da Região Metropolitana de Curitiba (1987).

Inicialmente foi confeccionado o mapa de drenagem da área, decalcado das fotografias aéreas verticais já mencionadas.

O traçado da rede de drenagem obedeceu a proposições de STRAHLER (1957) considerando tanto os cursos de água permanente como os temporários. As feições do relevo foram identificadas através de fotointerpretação sendo então transferidas juntamente com a rede de drenagem para o mapa base através de mesa de luz. O mapa base obtido foi em seguida digitalizado através do software IDRISI 32 e mesa digitalizadora Vangogh A1.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não existem estudos específicos dos aspectos geológicos, hidrogeológicos, pedológicos e geomorfológicos em Curitiba, com relação a informações sobre o meio físico para locação de cemitérios.

O município de Curitiba possui 24 cemitérios implantados, sendo que 4 são municipais e os outros são particulares, localizados em diversas condições topográficas e geológicas.

Os Cemitérios se apresentam como potencialmente poluidores e devem estar bem localizados sob o ponto de vista técnico a fim de minimizar os impactos que podem causar ao meio ambiente.

No presente estudo levou-se em consideração a localização topográfica dos cemitérios Santa Cândida e do Boqueirão no município de Curitiba.

O cemitério de Santa Cândida encontra-se em parte, localizado em uma área com declividade acentuada e áreas sujeitas a inundação. Nessas áreas, mais baixas, existem cerca de 3000 corpos de indigentes enterrados, sem nenhum tipo de proteção.

O cemitério do Boqueirão, situa-se em uma área mais plana, com poucas variações de declividades, onde os solos não estão sujeitos a inundações e as condições locais do meio físico parecem mais favoráveis.

Assim na seqüência serão descritos os resultados obtidos com os levantamentos geológicos, caracterização dos solos, profundidade do nível de água e caracterização das declividades para cada cemitério estudado.

6.1 CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO

6.1.1 Geologia

No mapa geológico realizado no Cemitério Municipal do Boqueirão encontramos em 100% da área da Formação Guabirota.

Nesse local a Formação Guabirota, constitui-se basicamente de argilitos cinza-esverdeados, quando inalterados e vermelhos violáceos com manchas cinzas e rosados quando alterados. Areias arcossianas e verdadeiros arcósios ocorrem em camadas descontínuas e lenticulares, de espessura variável. (FIGURA 7).

Foram também encontrados depósitos de pedregulhos e cascalhos, contendo seixos angulares, que ocorrem igualmente dispostos de forma esparsa no meio dos argilitos.

Na porção Norte da área estudada, nas proximidades do ponto P1, ocorrem argilitos alterados.

No ponto P4 e na porção central do cemitério Municipal do Boqueirão foram observados areias arcossianas entremeadas com camadas descontínuas de argilitos vermelhos.

Nos pontos P5, P6 e P8, ocorrem argilitos vermelhos em camadas de espessuras variadas. Esses argilitos cobrem uma grande extensão da área estudada e configuram no extremo sul da mesma uma porção isolada dessa litologia, com características de maior alteração e cor amarelada.

Na camada b do ponto P7 foi observada a presença de arcósios que ocupam toda a extensão E-W do perímetro do cemitério, nesse local.

A idade Pleistocênica da Formação Guabirota é apontada por vários autores, entre eles RAZERA FILHO (1999a) que observou pacotes litológicos sedimentares semelhantes aos mapeados, para a área do cemitério Municipal do Boqueirão.

Os contatos entre as litologias são de difícil definição e não foram determinados. Essa dificuldade é expressa pelas descontinuidades das camadas e no fato das mesmas, muitas vezes, estarem entremeadas.

Com relação as estruturas geológicas da área mapeada, não se verificou a ocorrência de falhas, diáclases ou outras estruturas perturbadas que configurassem restrição para a instalação de cemitérios.

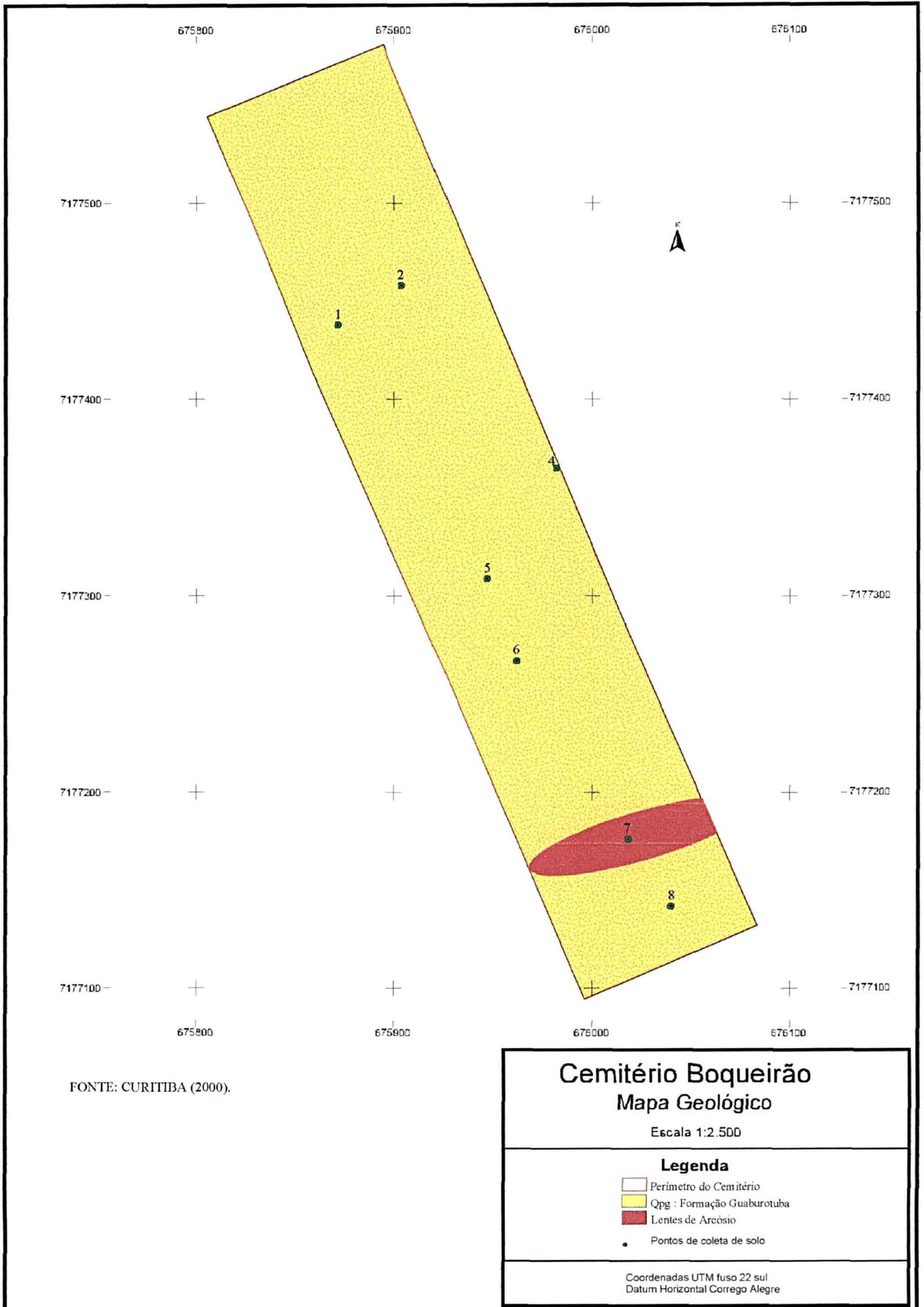


FIGURA 7 - MAPA GEOLÓGICO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO.

6.1.2 Solos

Os solos do cemitério Municipal do Boqueirão encontram-se descaracterizados de sua forma original, a camada a na maior parte do solo do cemitério encontra-se çalçado com paralelepípedos. (FIGURA 8)

Os pontos de amostragem foram feitos nas áreas onde existem lotes vagos, entre os túmulos.(FIGURA 9, 10 e ANEXO 4)

Foram observadas inversões de horizontes e a presença de materiais estranhos agregados ao solo como: pedaços de caixões, pedaços de ossos, caliças, tijolos, parafina e panos, não sendo possível fazer o mapa de solo.

Em alguns locais foi constatada a presença de restos de animais e pedaços de peças de cerâmica, oriundos de atividades religiosas.

Foram identificados na área deste cemitério solos com textura muito argilosa nos pontos P1, P5, P6, P7 e P8, onde a área apresenta declividades de 5 a 10%. (TABELA 3)

Na camada a do ponto P4, observou-se a textura argilo arenosa, onde o relevo apresenta 15 a 20% de declividade.

A camada c do ponto P7 apresentou textura franco argilo arenosa, onde o relevo apresenta de 10 a 15%.

As classes texturais, demonstram a grande quantidade de argila existente nos perfis do solo do Cemitério Municipal do Boqueirão que apresentaram valores de argila variando de 65,2% a 27,5%.

Os teores de argila destes solos encontram-se dentro da faixa de 20% a 40% proposto por SILVA (1999b) como favoráveis à instalação de cemitérios.

Teores entre 35% a 60% de argila indicam boa capacidade de retenção de água.

Assim os teores de argila de todos os solos amostrados, excetuando-se a camada c do ponto P7, indicam solos com baixa permeabilidade, ideais para a instalação de cemitérios, característica que evita a percolação do necrochorume, e a decomposição segura e total dos corpos sepultados de acordo com a norma da CETESB (1999).

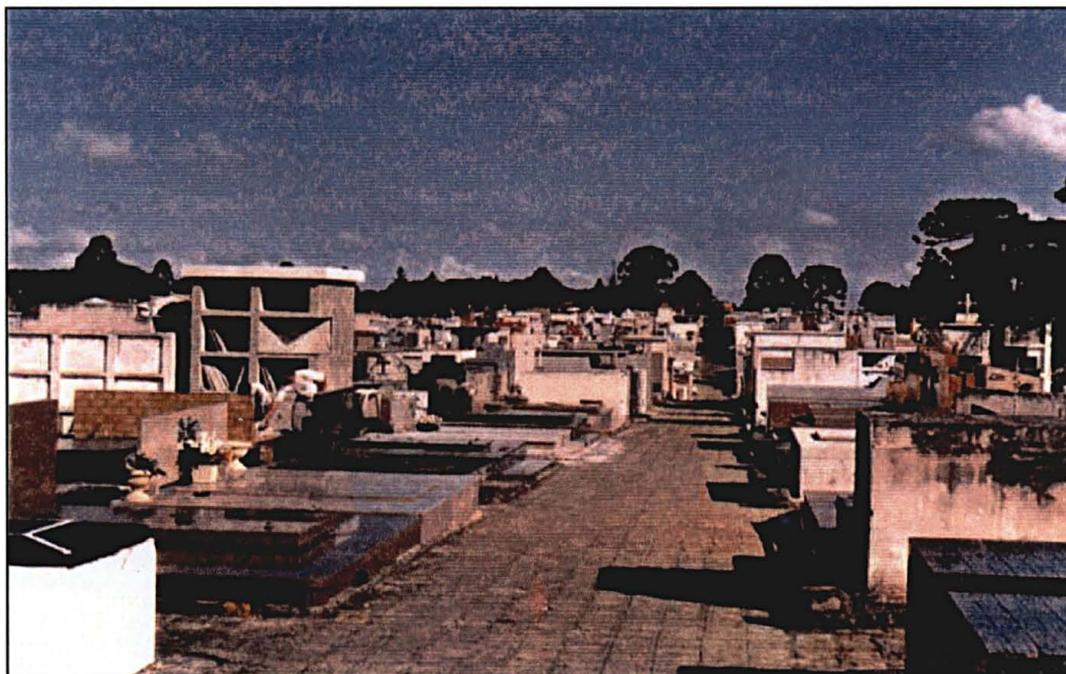


FIGURA 8 - CALÇAMENTO COM PARALELEPÍPEDOS EM TODA A EXTENSÃO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO.



FIGURA 9 - LOCAL DE COLETA ONDE SÃO ENTERRADAS PEÇAS ANATÔMICAS ORIUNDAS DO IML, NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO

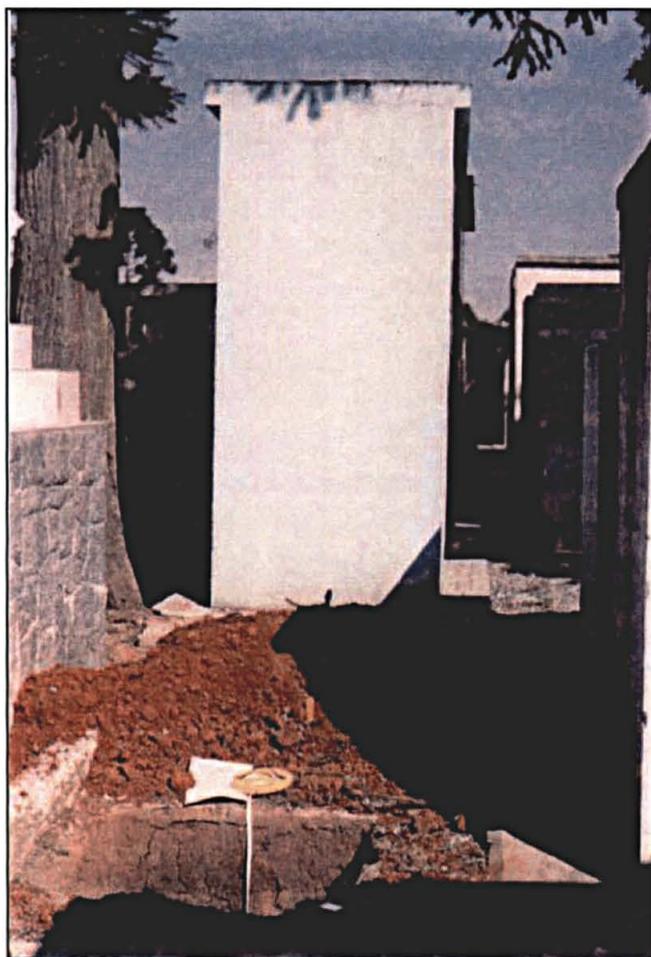


FIGURA 10 - COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO ENTRE LOTES VAGOS ENTRE OS TÚMULOS, NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO.

TABELA 3 - CLASSES TEXTURAIS - CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO

PONTO	% ARGILA	% SILTE	% AREIA	ClasseTextural
P1A	58,1	2,6	39,3	Muito argilosa
P1B	53,1	6,9	40,0	Argilosa
P1C	57,4	3,5	39,1	Argilosa
P4A	37,6	13,5	49,0	Argila-arenosa
P4B	49,2	9,5	41,3	Argilosa
P4C	58,7	4,0	37,3	Argilosa
P5A	61,2	5,5	33,3	Muito argilosa
P5B	65,2	1,4	33,4	Muito argilosa
P5C	60,4	9,5	30,1	Muito argilosa
P6A	58,7	17,9	23,4	Muito argilosa
P6B	62,4	13,4	24,1	Muito argilosa
P6C	55,3	6,5	38,2	Muito argilosa
P7A	61,1	18,3	20,5	Muito argilosa
P7B	48,4	17,0	34,7	Argilosa
P7C	27,5	10,5	62,0	Franco argilo arenosa
P8A	52,9	12,9	34,2	Argilosa
P8B	65,0	5,0	29,9	Muito argilosa
P8C	63,7	8,2	28,1	Muito argilosa

Quanto às características físicas dos solos nos pontos amostrados variaram de local para local. Como característica comum destaca-se a ocorrência de solos com mais de 1,20 m de profundidade. A camada a nos pontos amostrados apresentou mistura de materiais, a camada b, de textura argilosa apresenta argilas estáveis de permeabilidade baixa. Nestes solos, a profundidade, não é fator limitante para instalação de cemitérios, pois para diversos autores, entre eles PACHECO (1986) a inumação se dá a uma profundidade de 1,10 a 1,55 metros.

Características físicas semelhantes foram observadas por RAZERA FILHO (1999a) onde o solo da região do Cemitério Boqueirão foi classificado como solo de baixa permeabilidade a impermeável .

A análise mineralógica, realizada através da difratometria de raios X, indicou a predominância de caulinita em todos os pontos amostrados e a presença, em teores menores, de gibbsita e vermiculita com hidroxila interlamilar, característica dos solos derivados da Formação Guabirotuba. A presença da caulinita, confere estabilidade ao solo(TABELA 4).

Nos pontos P1, P5 e P8 foi observado a presença de argilo minerais como a caulinita, gibbsita e vermiculita com hidroxila interlamilar. Estes pontos foram selecionados para leitura das lâminas tendo em vista estarem situados no perímetro do cemitério em locais de características topográficas distintas.

TABELA 4 - RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X REALIZADAS EM AMOSTRAS DE SOLOS DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO.

Pontos de coleta	Fração mineral	Mineral
P1 Bo - K	Argila	Ct, Gb e VHE
P1 Bo - Mg	Argila	Ct,Gb e VHE
P1 Bo - Mg - G	Argila	Ct, Gb e VHE
P5 Bo - K	Argila	Ct, Gb e VHE
P5 Bo - Mg	Argila	Ct, Gb e VHE
P8 Bo - Mg	Argila	Ct, Gb e VHE
P8 Bo - Mg G	Argila	Ct, Gb e VHE

Com exceção dos pontos P7b, todos os demais pontos mostram elevadas densidades aparente, podendo ser considerados solos compactados pela ação antrópica, pois a densidade encontra-se entre 1,3 a 1,8 g/cm³.(TABELA 5)

Solos com estas características de densidade, implicam em pouca absorção de líquidos e demonstram que os mesmos encontram-se compactados, apresentando dificuldade para a passagem de água prejudicando a aeração. Se por um lado essa situação é benéfica à impermeabilização, por outro torna-se uma característica que confere uma inadequabilidade ao processo putrefativo, pois impede a aeração, característica observada por PACHECO (1986), no processo de decomposição de corpos inumados em terrenos impermeáveis que impedem o desenvolvimento de bactérias aeróbicas.

Das características químicas do solo, do Cemitério Municipal do Boqueirão, os resultados de pH apresentaram valores de 3,80 a 5,80, caracterizando os mesmos como solos ácidos. (TABELA 6)

TABELA 5 - DENSIDADE APARENTE DO SOLO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO

PERFIL	CAMADA	Cemitério Municipal do Boqueirão
P1	a	1,2720
P1	b	1,5505
P1	c	1,3908
P4	a	1,5844
P4	b	1,4729
P4	c	1,4477
P5	a	1,1762
P5	b	1,4723
P5	c	1,4460
P6	a	1,5380
P6	b	1,2195
P6	c	1,4855
P7	a	1,4401
P7	b	1,0229
P7	c	1,2540
P8	a	1,5322
P8	b	1,3006
P8	c	1,6371

Estes solos possuem alta capacidade de retenção de cátions, que confere aos mesmos capacidade depuradora, característica importante para a proteção do nível hidrostático a contaminantes. A CTC (T) capacidade de troca catiônica encontra-se com valores de 6,68 a 19,39, sendo que a atividade da fração argila é superior a 27 nos

pontos P4a; P6b; P7a; P7b e P7c, indicando grande capacidade de retenção de cátions nestes pontos, sendo que nos demais pontos a atividade da fração argila encontra-se inferior a 27, indicando baixa capacidade de troca catiônica.

Os valores de carbono encontrados foram considerados altos, acima de 2,5 g/dm³, principalmente em horizontes subsuperficiais C dos perfis, no Cemitério do Boqueirão, no ponto P7 em P7B e P7C, os valores encontram-se de 72,5 e 76,7 g/dm³ respectivamente. Observou-se a presença de necrochorume neste ponto. O ponto P7 refere-se ao local onde são enterrados indigentes e peças anatômicas vindas do IML- Instituto Médico Legal e encontra-se próximo ao ossário que também recebe material em decomposição do IML, acondicionado em sacos plásticos, onde foi observada a drenagem de necrochorume pelas laterais das paredes migrando para o solo.

TABELA 6 - RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS E TEXTURAS DO SOLO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO

PERFIS	Camada	PROFUNDIDADE (cm)	pH CaCl2	Al ⁺³ Cmolc/dm ³	H+Al Cmolc/dm ³	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ Cmolc/dm ³	Ca ²⁺ Cmolc/dm ³	K ⁺ Cmolc/dm ³	T Cmolc/dm ³	P mg/dm ³	C g/dm ³	pH SMP	V%			Atividade da fração argila*	
													% ARGILA	% SILTE	% AREIA		
P1	a	0-20	4,90	0,40	7,80	5,50	3,40	0,14	13,44	1,0	19,6	5,40	41,96	58,1	2,6	39,3	23,1
P1	b	20-80	4,40	0,80	8,40	2,00	1,20	0,05	10,45	0,4	10,0	5,3	19,62	53,1	6,9	40,0	19,67
P1	c	80-120	4,40	0,50	6,70	1,00	0,70	0,05	7,75	0,5	5,7	5,6	13,55	57,4	3,5	39,1	13,50
P4	a	0-20	5,80	0,00	2,4	10,80	4,80	0,24	13,44	1,1	16,0	7,00	82,14	37,6	13,5	49,0	35,74
P4	b	20-80	5,80	0,00	3,20	7,40	3,90	0,22	10,82	0,6	11,8	6,60	70,43	49,2	9,5	41,3	21,99
P4	c	80-120	5,80	0,00	3,20	4,50	1,80	0,24	7,94	0,4	7,5	6,60	59,70	58,7	4,0	37,3	13,52
P5	a	0-20	4,90	0,00	8,40	4,60	1,90	0,21	13,21	0,8	16,0	5,30	36,41	61,2	5,5	33,3	21,58
P5	b	20-80	4,70	0,50	7,80	3,50	1,60	0,15	11,45	0,50	11,2	5,40	31,88	65,2	1,4	33,4	17,56
P5	c	80-120	5,20	0,00	4,00	2,50	1,40	0,14	6,64	0,50	3,90	6,30	39,76	60,4	9,5	30,1	10,99
P6	a	0-20	5,10	0,00	7,20	12,00	7,30	0,19	19,39	1,3	28,1	5,50	62,87	58,7	17,9	23,4	33,00
P6	b	20-80	4,60	1,80	11,30	3,70	1,80	0,11	15,11	1,3	37,7	4,90	25,22	62,4	13,4	24,1	24,21
P6	c	80-120	4,50	1,10	9,70	2,20	1,20	0,09	11,99	0,6	17,2	5,10	19,10	55,3	6,5	38,2	21,68
P7	a	0-20	4,80	0,50	9,00	8,50	3,00	0,33	17,83	1,0	34,1	5,20	49,52	61,1	18,3	20,5	29,18
P7	b	20-80	4,70	2,00	13,20	3,90	1,60	0,24	17,34	0,8	72,5	4,90	23,88	48,4	17,0	34,7	35,82
P7	c	80-120	4,90	0,90	9,30	4,90	1,70	0,22	14,42	0,6	76,7	5,30	35,51	27,5	10,5	62,0	52,43
P8	a	0-20	5,70	0,00	4,00	9,50	6,80	0,31	13,81	3,0	16,0	6,30	71,04	52,9	12,9	34,2	26,10
P8	b	20-80	4,70	0,50	5,40	3,50	1,40	0,15	9,05	0,3	9,4	5,90	40,33	65,0	5,0	29,9	13,92
P8	c	80-120	5,10	0,00	4,30	2,30	1,10	0,08	6,68	0,2	3,3	6,20	35,63	63,7	8,2	28,1	10,48

*T x 100

%argila

6.1.3 Profundidade do Nível Hidrostático

Para determinar a profundidade do nível hidrostático foram efetuados estudos geofísicos com a técnica Sondagem Elétrica Vertical (SEV) com arranjo eletródico Schumberger, na área do Cemitério Municipal do Boqueirão.

Foram realizadas 4 linhas de SEVs, acompanhando a distribuição dos pontos de amostragem dentro do perímetro do cemitério, de acordo com a variação da topografia local (FIGURA 11). Esse levantamento possibilitou a elaboração das curvas das SEV1, SEV 2, SEV 3 e SEV 4, com a indicação das profundidades do nível da água em cada SEV. (FIGURAS 12,13,14,e 15)

As SEV2, SEV3 e SEV4, demonstram que o nível hidrostático no cemitério municipal do Boqueirão varia de 8,3 a 8,5 metros de profundidade. (FIGURAS 13,14 e 15)

No levantamento das SEVs verificaram-se problemas de interferência propiciados provavelmente por encanamentos e bueiros naquela parte do local estudado. Este fato impossibilitou a delimitação precisa da profundidade do nível de água na SEV1.

O aquífero configura-se confinado nos locais de ocorrência de argilitos e semi-confinados nas áreas onde predominam os arcósios misturados com argilito. Portanto, encontra-se fisicamente desconectado do meio ambiente e suas águas melhor protegidas.

A profundidade superior a 8,0 metros do nível freático indica que a área em questão apresenta-se apropriada para a instalação de cemitérios, pois segundo PACHECO a condição ideal de profundidade do nível freático para implantação de cemitérios é de 2,00 metros, abaixo da base dos túmulos.

RAZERA FILHO (1999a), confirma a pouca profundidade do nível hidrostático no cemitério municipal do Boqueirão, através de observação em poços de monitoramento, onde determinou profundidade variando de 2,30 a 5,20 metros.

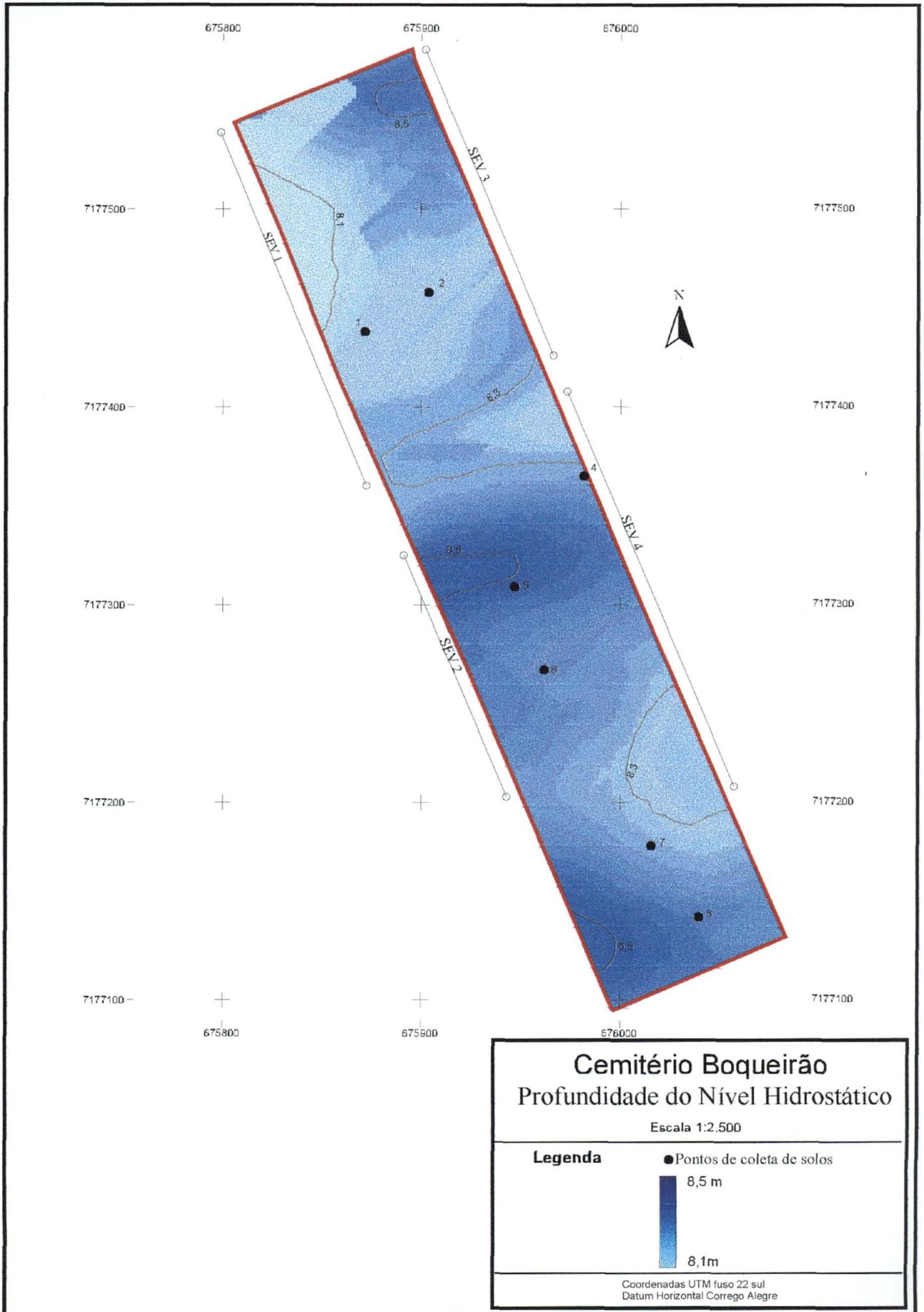


FIGURA 11 - MAPA DA PROFUNDIDADE DO NÍVEL HIDROSTÁTICO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO.

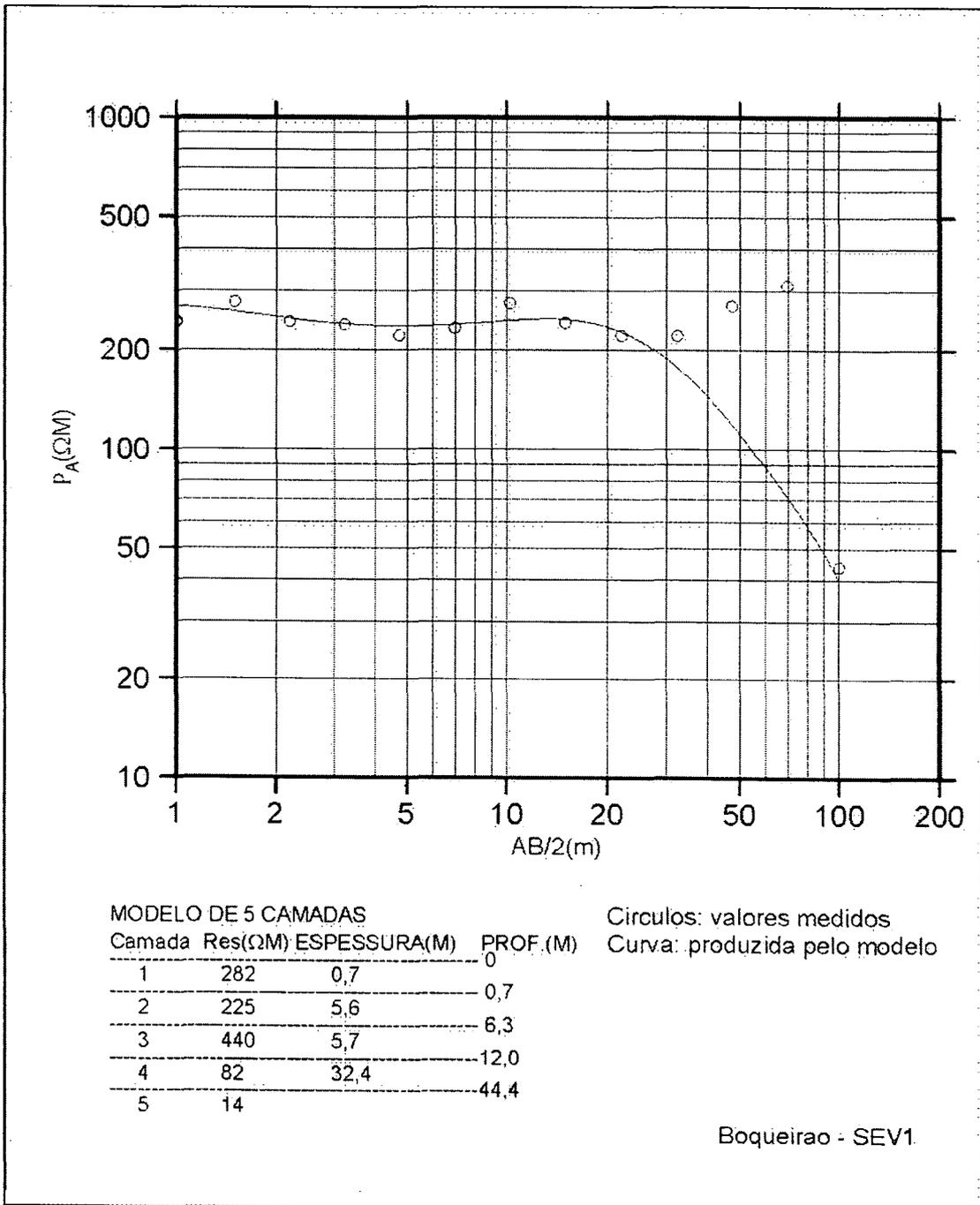


FIGURA 12 - CURVA PRODUZIDA PELO SEV1, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO.

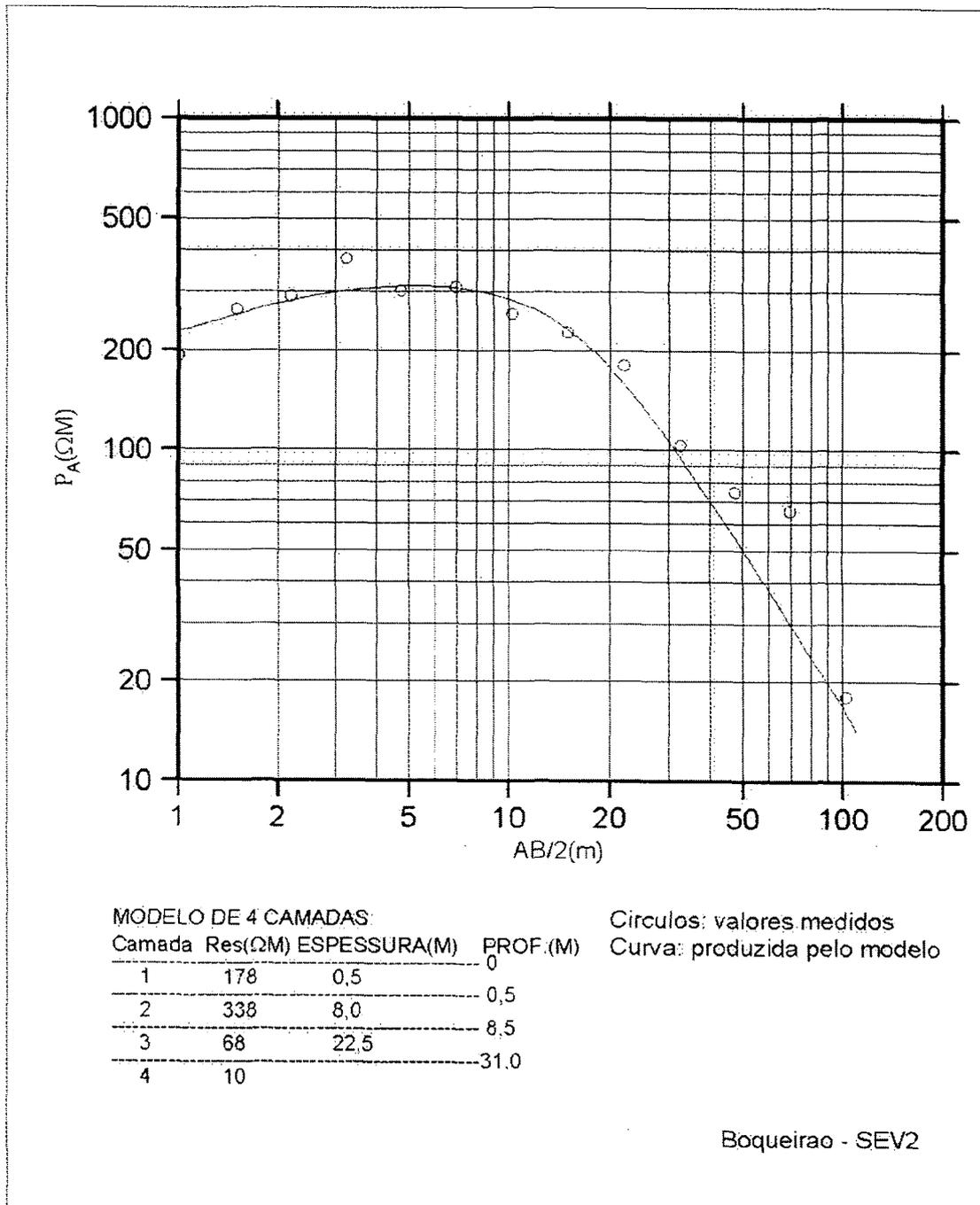


FIGURA 13 - CURVA PRODUZIDA PELO SEV2, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO.

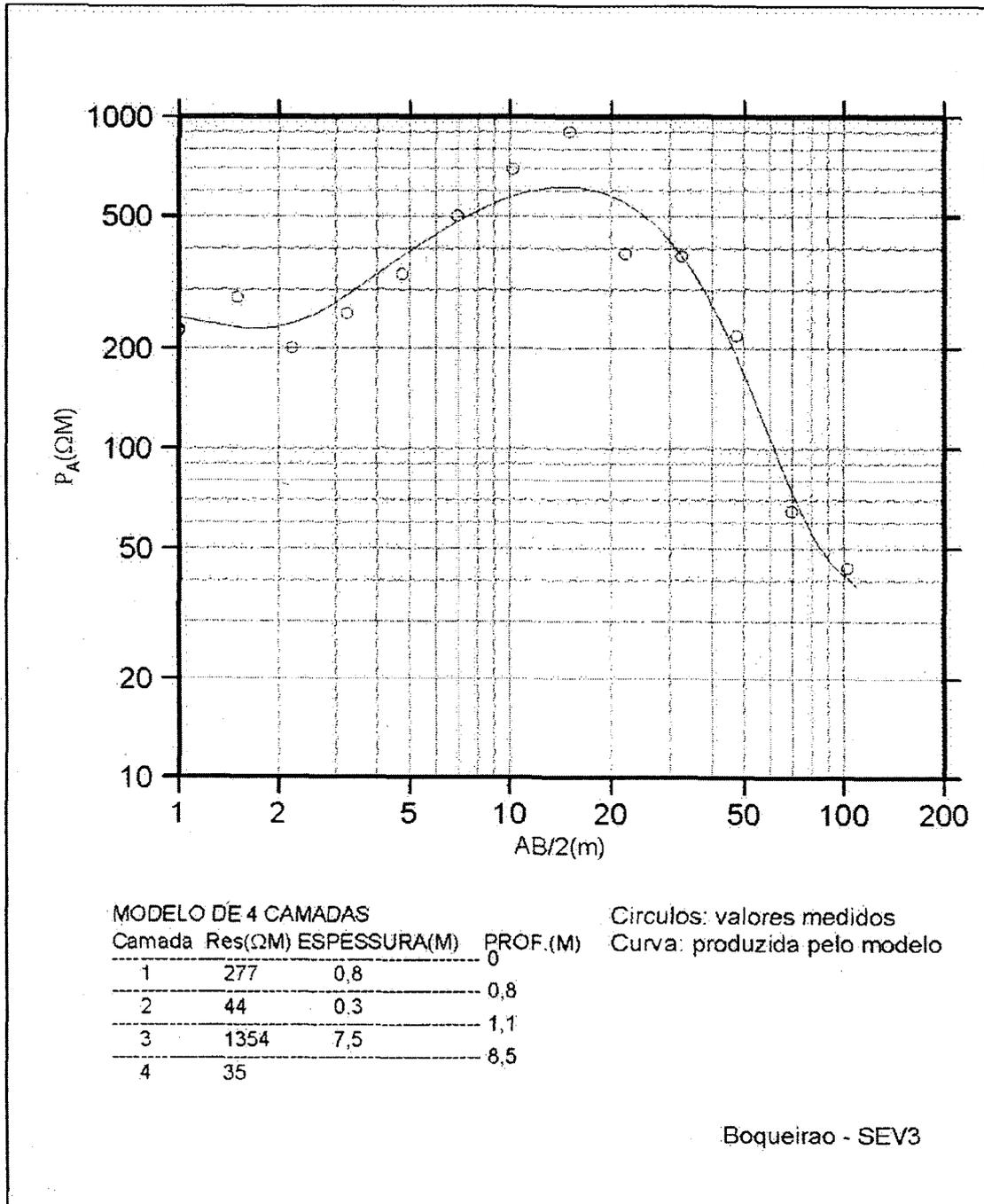


FIGURA 14 - CURVA PRODUZIDA PELO SEV3, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO.

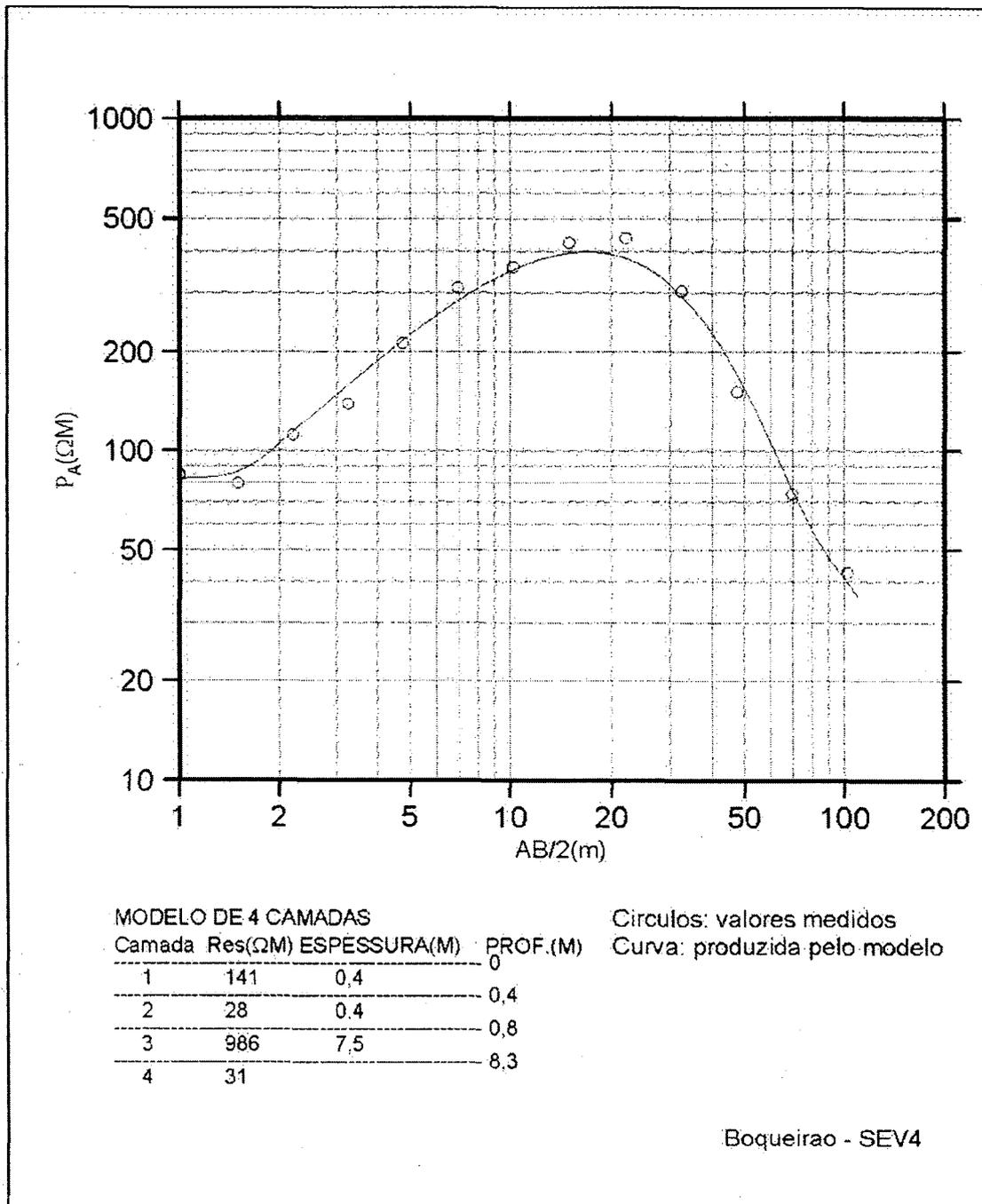


FIGURA 15 - CURVA PRODUZIDA PELO SEV4, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO.

6.1.4 Declividades

No mapa de declividades do cemitério municipal do Boqueirão (FIGURA 16), se verifica a existência de classes de declives que variam de 0% a 20%.

Do total de 4,62 hectares que configuram o perímetro desse cemitério, se observa que 2,92 hectares ou seja, 63,26% da área é abrangida por declividades de 0% a 5%. (QUADRO 2)

Esses locais, praticamente planos estão relacionados com a ocorrência dos argilitos alterados da Formação Guabirotuba que foram rebaixados pelo escultamento do relevo regional.

As declividades de 5%-10% ocupam 1,32 hectares, que representam 28,55% da área estudada.

As porções com essas classes de declividades configuram os locais com arcósios ou mistura de argilitos vermelhos e camadas de arcósios. Esse tipo de argilito com maiores quantidades de ferro, indicado pela sua cor vermelha, misturado aos arcósios, resistiram mais aos processos de intemperismo configurando locais mais evados.

QUADRO 2 - CLASSES DE DECLIVIDADES DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DO BOQUEIRÃO

Classes de declividades	Hectares (ha)	% da área total
0-5%	2,92	63,26
5-10%	1,32	28,55
10-15%	0,36	7,97
15-20%	0,0068	0,15
>20%	0,0050	0,10

A área ocupada pelas declividades de 10-15% representa 0,36 hectares ou 7,97% da área do cemitério municipal do Boqueirão. As porções com essas declividades configuram, na maioria dos locais de sua ocorrência, faixas que cruzam o perímetro do cemitério na sua extensão menor, sendo responsáveis pelo relevo ondulado que esse local apresenta.

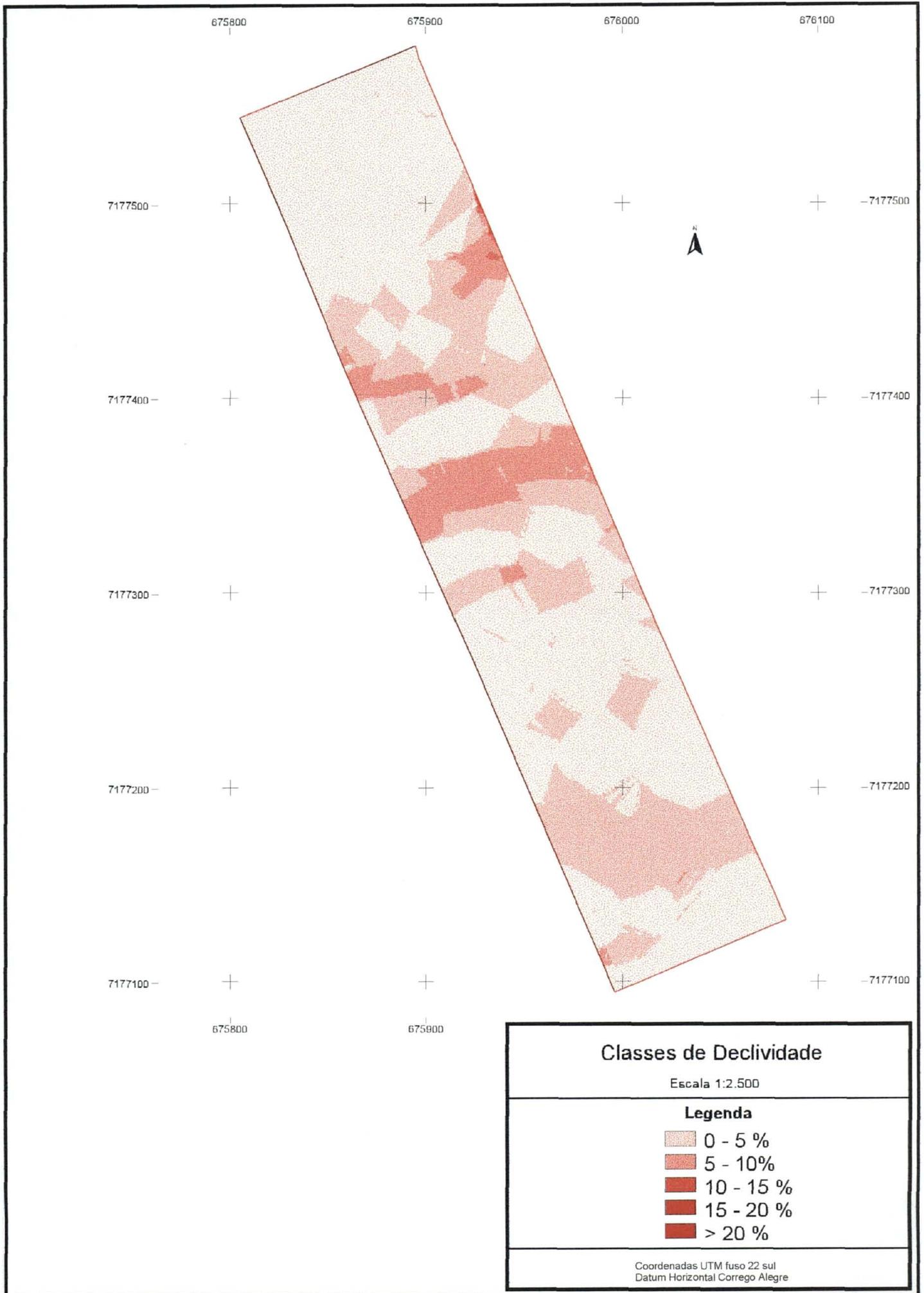


FIGURA 16 -MAPA DAS CLASSES DE DECLIVIDADE DO CEMITÉRIO DO BOQUEIRÃO.

Essas ondulações são perceptíveis e bem evidenciadas ao longo de toda a extensão maior da área que se apresenta disposta com um sentido noroeste.

Os locais com essas declividades são ocupados por argilitos vermelhos menos alterados, ou misturas de areias arcossianas e argilitos vermelhos menos alterados, associações litológicas mais resistentes aos processos intempéricos, em relação às outras litologias já comentadas.

As declividades de 15%-20% e superiores a 20% ocupam juntas, uma área inexpressiva do cemitério estudado, perfazendo uma porção de 0,25% do mesmo.(QUADRO 2)

Nesses locais ocorrem argilitos vermelhos não alterados que foram preservados em áreas de pequena extensão, situados na porção nordeste do perímetro do cemitério. Para a implantação de cemitérios é desejável, segundo vários autores declividades baixas, considera que em locais de declividades acentuadas a locação de cemitérios dá lugar a situações sanitárias e ambientais graves PACHECO (1997).

Assim, na área estudada as declividades predominantes não oferecem risco, sendo adequadas a implantação de cemitérios.

6.2 CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA

6.2.1 Geologia

No mapa geológico realizado no cemitério municipal e Santa Cândida foram determinadas duas unidades litoestratigráficas, representadas pelas rochas do complexo gnáissico-migmatítico e pela Formação Guabirota (FIGURA 17)

O contato entre essas unidades, ocorre cortando o local estudado na porção mediana com um sentido geral E-W. Isto coloca o complexo gnáissico - migmatítico ao norte e a Formação Guabirota ao sul, no perímetro do cemitério de Santa Cândida.

O complexo gnáissico-migmatítico é composto no local por migmatitos com estrutura bandadas bem definidas, apresentando predominantemente cores escuras. Na composição mineralógica dessas rochas evidencia-se quartzo, feldspatos, biotitas, piroxênios e anfibólios, havendo uma predominância nas faixas mais escuras de hornblendas.

Essas rochas de idade Proterozóica inferior foram estudadas por CURITIBA (2000) (2000) que determinou uma composição mineralógica semelhante a anteriormente descrita e evidenciou que suas estruturas bandadas apresentaram direção geral N30°E.

Nos locais mais baixos ocupados por esses migmatitos, ao longo dos cursos de água que cortam os extremos noroeste e nordeste da área, são visíveis pequenas fraturas sem direcionamento definido.

A Formação Guabirota que ocupa grande área na porção sul do cemitério municipal de Santa Cândida, nesse local é composta basicamente por argilitos vermelhos que apresentam camadas de diferentes espessuras.

Nessa unidade, ao longo de toda a extensão de sua ocorrência no cemitério, não foram verificadas falhas e diáclases.

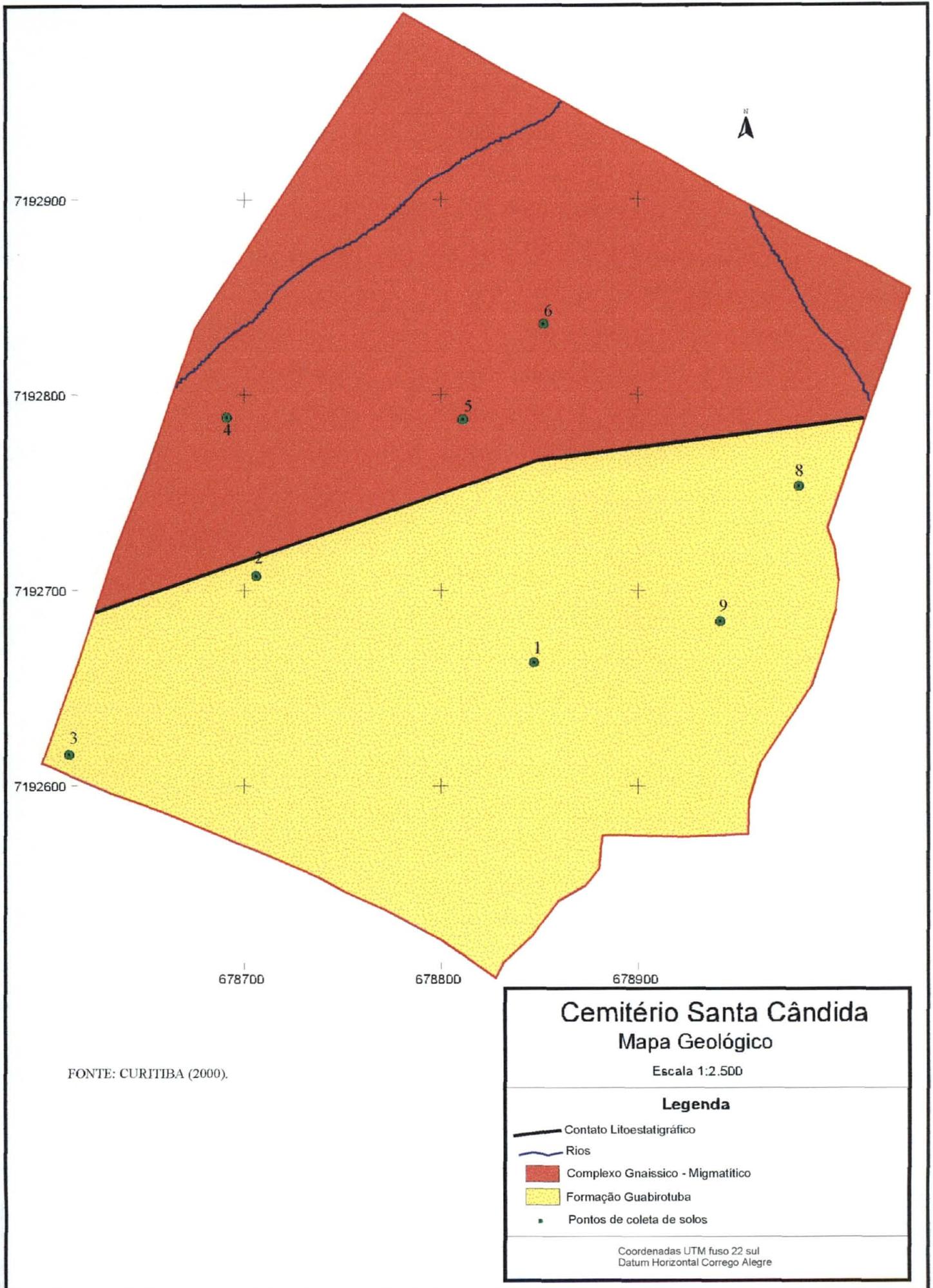


FIGURA 17 - MAPA GEOLÓGICO DO CEMITÉRIO DE SANTA CÂNDIDA.

Assim com relação a geologia, o único fator preocupante para o local estudado é a existência de pequenas fraturas, observadas na escala de afloramento nas rochas do complexo gnaíssico-migmatítico. Pois essas fraturas podem possibilitar a percolação de águas contaminadas, poluindo o lençol freático.

6.2.2 Solos

Os solos do cemitério de Santa Cândida encontram-se descaracterizados de sua forma original, pois a camada a do solo encontra-se em grande extensão do cemitério, onde não existem sepulturas, coberto por grama e parte da área desprovida de qualquer tipo e cobertura, completamente erodido.

Os pontos de amostragem de solos foram feitos nas áreas onde existiam lotes vagos, entre os túmulos (FIGURA18 e ANEXO 4)

Foram observados no solo materiais como: pedaços de caixões, pedaços de ossos, caliças, tijolos e panos.(FIGURAS 19,20, 21 e 22).

Foram identificados na área do cemitério Municipal de Santa Cândida solos com textura argilosa nos pontos P1, P3, P5, P6, P8 e P9 onde a área apresenta declividades de 5 a 10%, nos pontos P4 a e P4b observou-se a textura argilo arenosa e franco argilo arenosa, onde o relevo apresenta 15 a 20% de declividade.(FIGURA 23)

Os solos acompanham a topografia da área do cemitério, as áreas ocupadas para sepultamento de indigentes encontram-se na parte localizada próximo dos córregos, em área sujeita à inundação, onde o nível do lençol freático é próximo da superfície, o que lhes confere inadequabilidade, pois impedem a putrefação dos cadáveres dos locais ocupados por sepultamento que sofrem o fenômeno da saponificação, fato observado por PACHECO (1997).

As classes texturais, determinadas demonstram a grande quantidade de argila existente nos perfis do solo do Cemitério Municipal de Santa Cândida que apresentou teores de argila variando de 37,91% a 58,29%. (Tabela 7)



FIGURA 18 - TRINCHEIRA ABERTA PARA PONTO DE AMOSTRAGEM DE SOLO, EM LOTE VAGO, NA ÁREA DOS INDIGENTES.

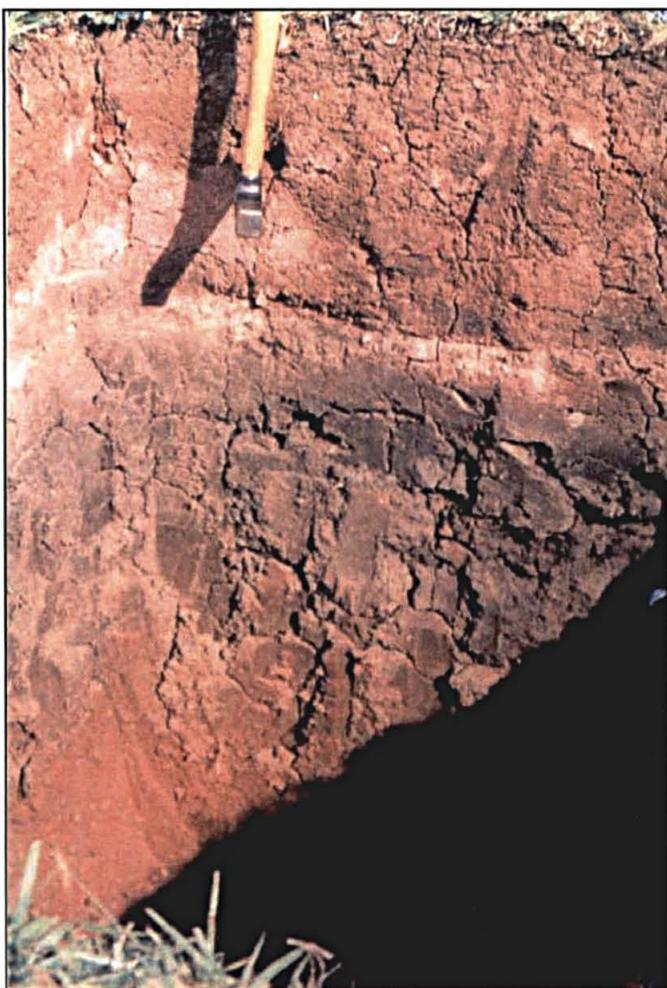


FIGURA 19 - PERFIL DE SOLO DO CEMITÉRIO SANTA CÂNDIDA



FIGURA 20 - DETALHE DO PERFIL DE TRINCHEIRA ABERTA PARA COLETA DE AMOSTRA DE SOLO MOSTRANDO A DESCARACTERIZAÇÃO DOS HORIZONTES NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA.



FIGURA 21 - RESTO DE SEPULTAMENTO EM TRINCHEIRA ABERTA PARA COLETA DE AMOSTRA DE SOLO NA ÁREA DOS INDIGENTES.



FIGURA 22 - TRINCHEIRA ABERTA PARA COLETA DE AMOSTRA DE SOLO, COM A PRESENÇA DE PARTE DE CAIXÃO EM ÁREA DESTINADA A SEPULTAMENTO DE INDIGENTES. FONTE:



FIGURA 23 - TOPOGRAFIA DA ÁREA DO CEMITÉRIO.

TABELA 7- CLASSES TEXTURAIS - CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA

PONTO	% ARGILA	% AREIA	%SILTE	Classe Textural
P1 A	44,47	43,51	12,02	Argilosa
P1 B	52,92	43,26	3,83	Argilosa
P1 C	53,40	37,66	8,94	Argilosa
P3 A	43,69	47,44	8,87	Argilosa
P3 B	56,41	41,86	1,72	Argilosa
P3 C	52,84	45,28	1,88	Argilosa
P4 A	40,22	50,70	9,08	Argila arenosa
P4 B	37,91	55,38	6,71	Franco argila arenosa
P4 C	51,31	44,80	3,89	Argilosa
P5 A	45,92	48,67	5,40	Argilosa
P5 B	58,24	39,88	1,88	Argilosa
P5 C	58,19	37,55	4,26	Argilosa
P6 A	51,39	44,60	4,01	Argilosa
P6 B	52,81	45,69	1,50	Argilosa
P6 C	54,09	42,19	3,72	Argilosa
P8 A	52,64	35,95	11,41	Argilosa
P8 B	47,91	39,84	12,25	Argilosa
P8 C	44,85	38,19	16,95	Argilosa
P9 A	48,83	41,08	10,09	Argilosa
P9 B	51,08	42,17	6,75	Argilosa
P9 C	54,54	35,67	9,79	Argilosa

Os teores de argila destes solos, encontram-se dentro da faixa de 20% a 40%, propostos por SILVA (1999a) como favoráveis à instalação de cemitérios.

Teores entre 35% a 60% de argila indicam boa capacidade de retenção de água.

Os solos amostrados indicaram teores de argila acima de 35% e atividade da fração argila acima de 27, com exceção dos pontos P1b, P1c, P5b, P5c, P6c, P9a e P9c.

Quanto às características físicas dos solos nos pontos amostrados variaram de local para local, como característica comum destacam-se a ocorrência de solos com mais de 1,20 m. A camada a nos pontos amostrados apresentou mistura de materiais, a camada b, de textura argilosa apresenta argilas estáveis de permeabilidade baixa.

Nestes solos a profundidade dos mesmos, não é fator limitante para instalação de cemitérios, pois para diversos autores entre eles PACHECO (1986) a inumação se dá a uma profundidade de 1,10 a 1,55 metros.

A análise mineralógica dos solos, realizada através da difratometria de raios

X, indicou a predominância de caulinita nos pontos P1, P4, P5 P6 e a presença em teores menores de vermiculita com hidroxila interlaminar e gibbsita no ponto P1, característica dos solos derivados da Formação Guabirotuba. A presença da caulinita, confere estabilidade ao solo.(TABELA 8)

No ponto P4 além da caulinita, foram observados a presença de Gibbsita, micas, e vermiculita com hidroxila interlaminar.

Nos pontos P5 e P6 foi observado a presença de argilo minerais como a caulinita, gibbsita e vermiculita com hidroxila interlaminar.

No ponto P8 foi observado os seguintes argilo minerais, vermiculita com hidroxila interlaminar, caulinita e mica.

Estes pontos foram selecionados para leitura das lâminas tendo em vista estarem situados no perímetro do cemitério em locais de características topográficas distintas.

TABELA 8 - RESULTADO DAS ANÁLISES DOS DIFRATOGRAMAS DE RAIOS-X REALIZADAS EM AMOSTRAS DE SOLOS DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA

Pontos de coleta	Fração mineral	Mineral *
P1SC - Mg G	Argila	Ct, VHE e Gb
P1SC - Mg	Argila	Ct, VHE e Gb
P1 SC - K	Argila	Ct, VHE e Gb
P4SC - K	Argila	Ct, Gb ,mica, interestratificado VHE - vermiculita
P4SC- Mg	Argila	Ct, Gb, mica, interestratificado VHE - vermiculita
P4 SC-Mg G	Argila	Ct, Gb, mica, interestratificado VHE - vermiculita
P5 SC - K	Argila	Ct, Gb, VHE
P5 SC - Mg	Argila	Ct, Gb, VHE
P5 SC - Mg G	Argila	Ct, Gb, VHE
P6 SC - K	Argila	Ct, Gb, VHE
P6 SC - Mg	Argila	Ct, Gb, VHE
P6 SC - Mg G	Argila	Ct, Gb, VHE
P8SC - K	Argila	Interestratificado VHE, Ct e mica
P8 SC-Mg	Argila	Interestratificado VHE, Ct e mica
P8 SC-Mg G	Argila	Interestratificado VHE, Ct e mica

* A seqüência dos minerais predominantes, da esquerda para a direita

Os valores obtidos de densidade do solo variaram de 0,8488 a 1,7179, sendo que em apenas dois pontos as densidades foram baixas. Os demais pontos mostraram altas densidades, podendo ser considerados solos compactados pela ação antrópica. (TABELA 9)

Solos com estas características de densidade demonstram que os mesmos encontram-se compactados apresentando dificuldade para a passagem de água e prejudica a aeração, se por um lado é benéfica a impermeabilização, de outro torna-se uma característica que confere uma inadequabilidade ao processo putrefativo, pois impede a aeração do mesmo, característica observada por PACHECO (1986), no processo de mumificação de corpos inumados em terrenos impermeáveis que impedem o desenvolvimento de bactérias aeróbicas.

Das características químicas do solo do cemitério municipal de Santa Cândida, os resultados de pH apresentaram valores de 3,80 a 5,70, caracterizando os mesmos como solos ácidos. (TABELA 10)

Estes solos possuem argilas de atividade alta; que confere aos mesmos capacidade depuradora, característica importante para a proteção do lençol freático a contaminantes. A CTC (T) capacidade de troca catiônica encontra-se com valores de 10,49 a 25,65 , sendo que a atividade da fração argila encontra-se superior a 27, na maioria dos solos amostrados.

Os valores de Carbono encontrados foram considerados altos, nos pontos P1a e P6 a, onde foi verificada a presença de necrochorume (Figura 24).

No ponto P6 são enterrados indigentes e o valor de carbono foram de 22,6 g/dm³. Os indigentes são enterrados diretamente no solo em caixões de material frágil, às vezes são enterrados em sacos plásticos quando sofrem morte por afogamento. (FIGURAS 25 e 26).



FIGURA 24 - ÁREA DE SEPULTAMENTO DE INDIGENTES APRESENTANDO AFUNDAMENTO E ESCORRIMENTO DE NECROCHERUME.

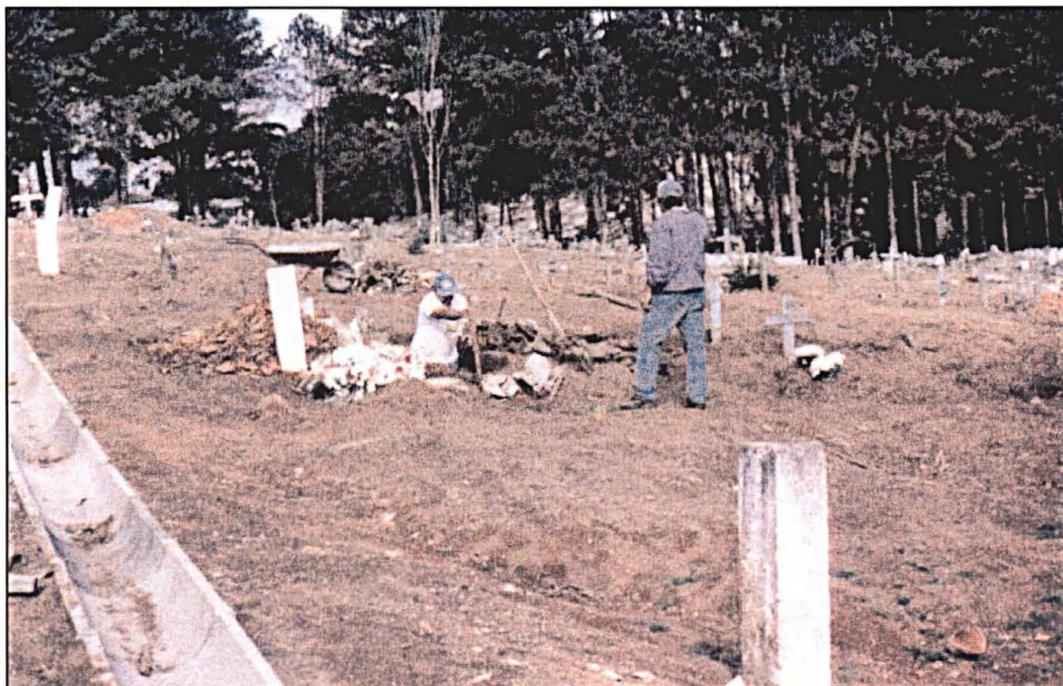


FIGURA 25 - ÁREA DESTINADA AO SEPULTAMENTO DE INDIGENTES. OBSERVAR TOPOGRAFIA DO LOCAL.



FIGURA 26 - ÁREA DESTINADA AO SEPULTAMENTO DE INDIGENTES APRESENTANDO EROSÃO DEVIDO A DECLIVIDADE.

TABELA 9 - DENSIDADE DOS SOLOS DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA

PERFIL	CAMADA	Cemitório Municipal de Santa Cândida
P1	a	1,5598
P1	b	1,6446
P1	c	1,7199
P3	a	1,0366
P3	b	0,8778
P3	c	1,6205
P4	a	1,3359
P4	b	1,4489
P4	c	1,7517
P5	a	1,5214
P5	b	1,6682
P5	c	1,3935
P6	a	1,3819
P6	b	1,3779
P6	c	1,3615
P8	a	1,4807
P8	b	1,6705
P8	c	1,7179
P9	a	1,2078
P9	b	1,4684
P9	c	1,6135

TABELA 10 - RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS E TEXTURAIS DOS SOLOS - CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA

PERFIS	CAMADA	PROFUNDIDADE (cm)	pH CaCl ₂	Al ³⁺ Cmolc/dm ³	H+Al Cmolc/dm ³	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ Cmolc/dm ³	Ca ²⁺ Cmolc/dm ³	K ⁺ Cmolc/dm ³	T Cmolc/dm ³	P mg/dm ³	C g/dm ³	pH SMP	V%	% ARGILA	% AREIA	% SILTE	Atividade fração argila *
P1	a	0-20	4,80	0,40	6,70	8,50	6,00	0,20	15,40	1,3	28,70	5,60	56,49	44,47	43,51	12,02	34,63
P1	b	20-80	4,10	3,40	11,30	2,10	1,20	0,08	13,48	0,4	14,8	4,90	16,17	52,92	43,26	3,83	25,47
P1	c	80-120	4,10	3,90	11,30	1,50	0,70	0,05	12,85	0,2	4,5	4,90	12,06	53,40	37,66	8,94	24,06
P3	a	0-20	3,80	7,00	15,20	1,50	0,70	0,08	16,78	2,5	31,7	4,50	9,42	43,69	47,44	8,87	38,40
P3	b	20-80	3,90	6,50	15,20	1,50	0,70	0,08	16,78	0,7	18,4	4,50	9,42	56,41	41,86	1,72	29,74
P3	c	80-120	3,90	7,00	16,30	1,00	0,50	0,08	17,38	0,3	5,1	4,40	6,21	52,84	45,28	1,88	32,89
P4	a	0-20	5,30	0,00	4,60	11,30	7,00	0,08	15,98	1,0	19,6	6,10	71,21	40,22	50,70	9,08	39,73
P4	b	20-80	3,90	4,00	13,10	1,90	0,90	0,06	15,06	1,9	17,2	4,70	13,01	37,91	55,38	6,71	39,72
P4	c	80-120	3,90	6,60	16,30	1,60	0,80	0,06	17,96	0,6	3,9	4,40	9,24	51,31	44,80	3,89	35,00
P5	a	0-20	3,90	3,90	14,10	1,00	0,60	0,06	15,16	1,1	13,6	4,60	6,99	45,92	48,67	5,40	33,01
P5	b	20-80	3,90	3,10	14,10	1,00	0,70	0,04	15,14	0,6	9,4	4,60	6,87	58,24	39,88	1,88	25,99
P5	c	80-120	4,00	3,60	12,10	0,90	0,50	0,04	13,04	0,4	6,9	4,80	7,21	58,19	37,55	4,26	22,40
P6	a	0-20	3,90	4,60	15,20	0,90	0,50	0,09	16,19	1,5	22,6	4,50	6,11	51,39	44,60	4,01	31,50
P6	b	20-80	4,00	3,40	13,10	1,50	0,90	0,09	14,69	0,9	12,4	4,70	10,82	52,81	45,69	1,50	27,81
P6	c	80-120	4,20	2,10	8,40	2,00	1,20	0,09	10,49	0,6	5,1	5,30	19,92	54,09	42,19	3,72	19,39
P8	a	0-20	4,00	12,60	20,40	2,00	0,90	0,21	22,61	0,4	7,5	4,10	9,77	52,64	35,95	11,41	42,95
P8	b	20-80	4,00	16,10	22,00	2,10	1,00	1,17	24,27	0,4	4,5	4,00	9,35	47,91	39,84	12,25	50,65
P8	c	80-120	3,90	17,30	22,00	3,50	1,10	0,15	25,65	0,4	1,5	4,00	14,23	44,85	38,19	16,95	50,50
P9	a	0-20	4,80	0,40	6,20	6,60	4,10	0,16	12,96	0,4	13,6	5,70	52,16	48,83	41,08	10,09	26,54
P9	b	20-80	5,50	0,00	5,00	9,40	6,60	0,08	14,48	0,4	15,4	6,00	65,47	51,08	42,17	6,75	28,34
P9	c	80-120	5,70	0,00	3,70	7,00	4,40	0,08	10,78	0,3	7,5	6,40	65,68	54,54	35,67	9,79	19,76

*T x 100

%argila

6.2.3 Profundidade do Nível Hidrostático

Para determinar a profundidade do nível hidrostático no cemitério municipal de Santa Cândida foram realizadas 6 linhas de SEVs (Sondagem Elétrica Vertical), junto aos pontos de amostragem de solo, de acordo com a variação da topografia local.

A profundidade do nível hidrostático em toda a área do cemitério está evidenciada na FIGURA 27.

A SEV 1 localizada em um alto topográfico da Formação Guabirotuba, no cemitério municipal de Santa Cândida, determinou a profundidade do nível hidrostático a 24,7 metros. (FIGURA 28)

Na SEV2, também localizada em alto topográfico da Formação Guabirotuba, a profundidade do nível hidrostático foi determinada a 20,6 metros.(FIGURA 29)

A SEV3 localizada no extremo sudoeste do perímetro do cemitério municipal de Santa Cândida, em local plano, ainda em área da Formação Guabirotuba, mostrou a profundidade do nível hidrostático em 0,9 metros.(FIGURA 30)

Os resultados dessas observações permitem afirmar que em uma grande porção da ocorrência da Formação Guabirotuba, nesse cemitério, o nível da água é profundo, superior a 20,6 metros. Contudo, existem locais como no extremo sudoeste, onde o nível hidrostático está quase aflorante, a 0,9 metros de profundidade.

Essa ocorrência do nível de água a 0,9 metros de profundidade pode ser explicada pela retenção da água pelos argilitos da Formação Guabirotuba, em um local plano com muita vegetação de porte, nas proximidades.

Assim, o aquífero em grande parte da porção sul do cemitério municipal de Santa Cândida é confinado, apresentando-se na parte sudoeste com características de aquífero suspenso nas proximidades da SEV3.

A SEV5 foi instalada na meia encosta com declividades de 10% - 15%, e determinou a profundidade do nível hidrostático a 1,4 metros. (FIGURA 31)

A SEV6 foi colocada na mesma direção da SEV5, também em meia encosta

com declividades de 10% - 15%, em uma porção mais central na área de ocorrência dos migmatitos. A profundidade determinada para o nível hidrostático nessa SEV foi de 1,2 metros. (FIGURA 32)

Na SEV7, localizada na meia encosta, na mesma direção da SEV6, em declividades de 15% - 20%, a profundidade do nível hidrostático foi determinada a 1,4 metros. (FIGURA 33)

Verifica-se que em toda a área ocupada pelos migmatitos, na porção norte do cemitério municipal de Santa Cândida, a profundidade do nível hidrostático varia de 1,0 a 1,4 metros.

Nessa porção da área estudada o aquífero é livre, sem nenhuma proteção. Em épocas de chuvas intensas, nas cotas mais baixas próximas aos cursos de água existentes nessa porção do cemitério, a água aflora na superfície.

Portanto, tendo em vista esses levantamentos de profundidade do nível hidrostático, o cemitério municipal de Santa Cândida apresenta duas áreas com diferenças marcantes em relação a adequabilidade para inumação.

Na área de ocorrência dos migmatitos foram realizadas as SEV5, SEV6 e SEV7, em locais de cotas mais baixas com declividades mais acentuadas.

Na área de ocorrência da Formação Guabirotuba, o nível hidrostático não oferece restrições para inumações, pois o aquífero é confinado e profundo. Na porção onde se apresenta suspenso é necessário um cuidado maior na drenagem das águas superficiais, pois nesse local pode ocorrer concentração de poluentes.

Na área de ocorrência dos migmatitos, a profundidade do nível hidrostático é inferior a 1,4 metros, característica que desqualifica o local para inumação, pois o aquífero está totalmente vulnerável a possíveis poluentes.

Essa situação inadequada, com relação a profundidade do nível hidrostático é comentada por vários autores, entre eles SILVA(1999a) que afirma a necessidade do nível hidrostático ser o mais profundo possível, para não interferir no processo de decomposição da matéria orgânica e nem possibilitar a poluição do aquífero.

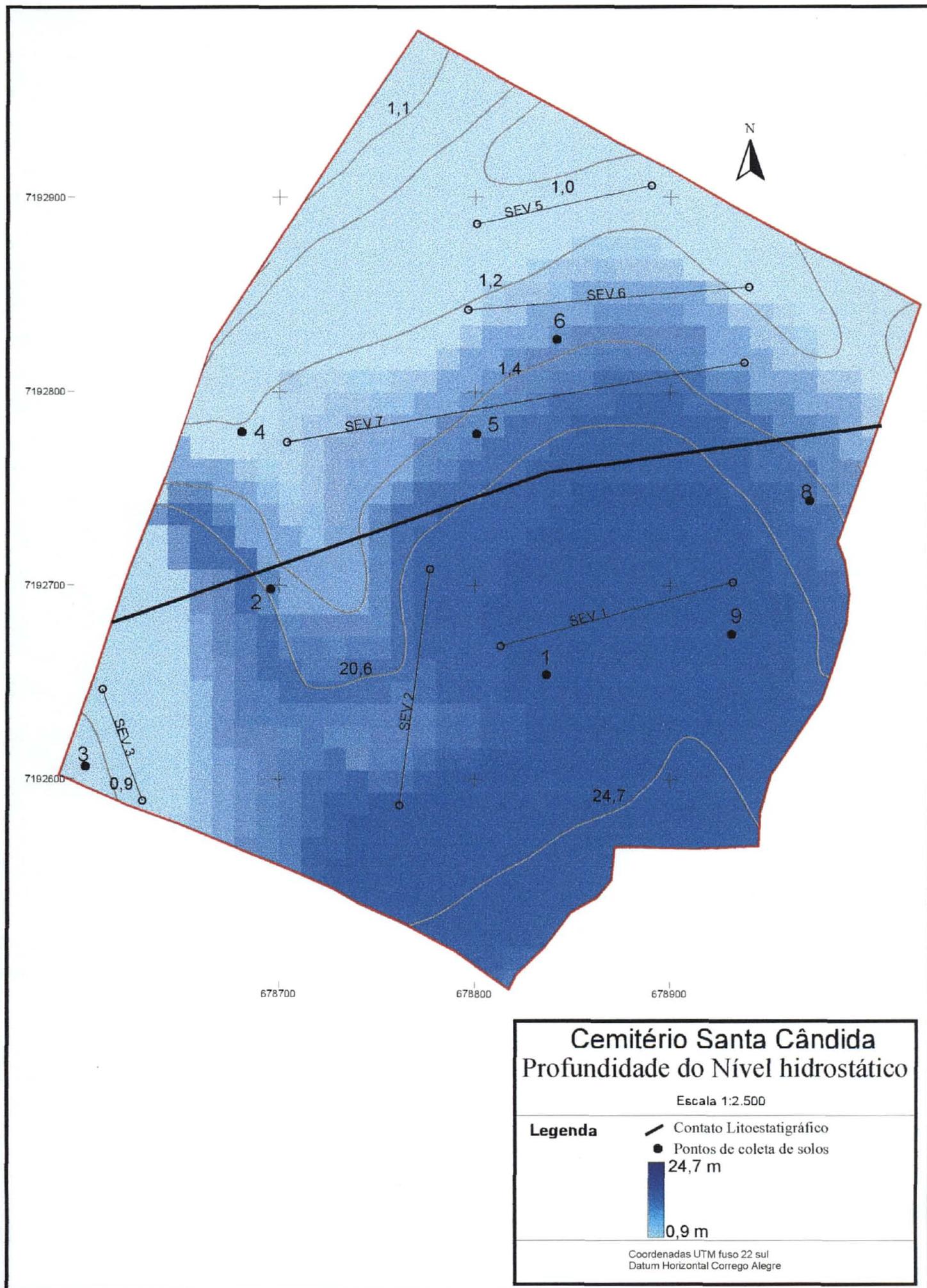


FIGURA 27 - MAPA DA PROFUNDIDADE DO NÍVEL HIDROSTÁTICO NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA.

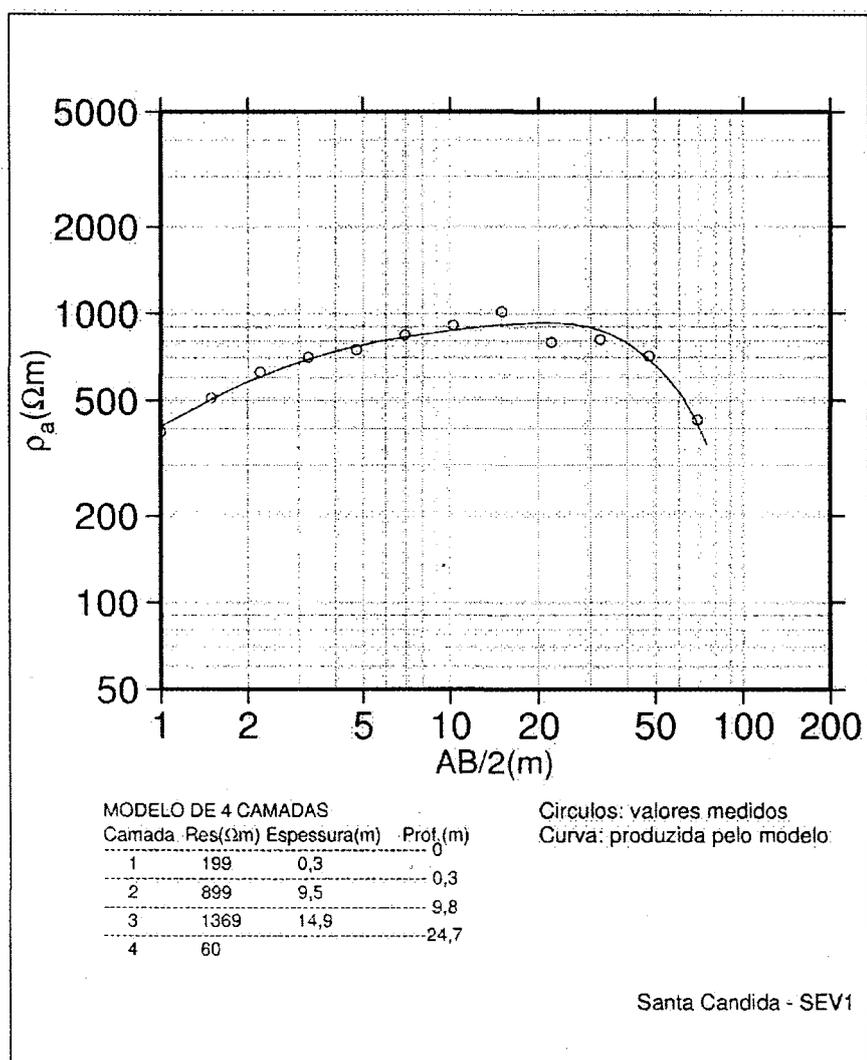


FIGURA 28 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV1, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO.

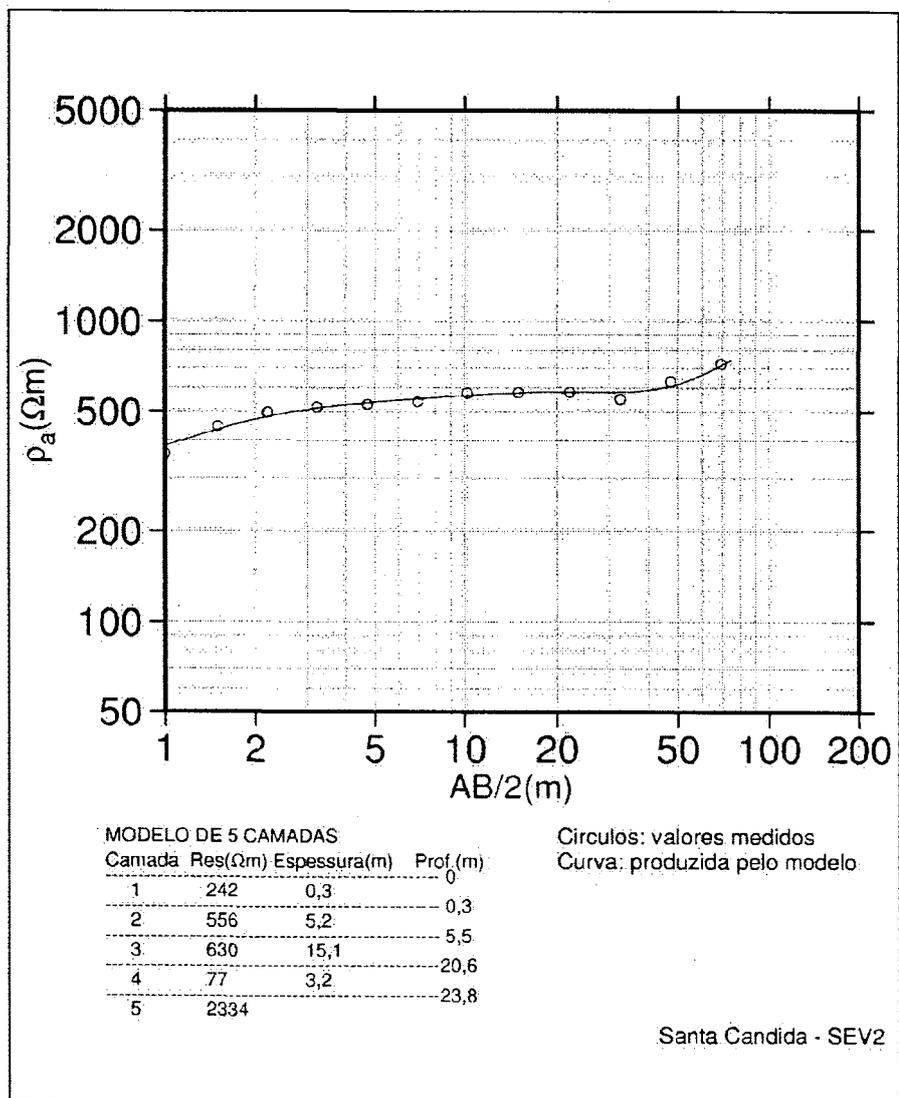


FIGURA 29 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV2, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO.

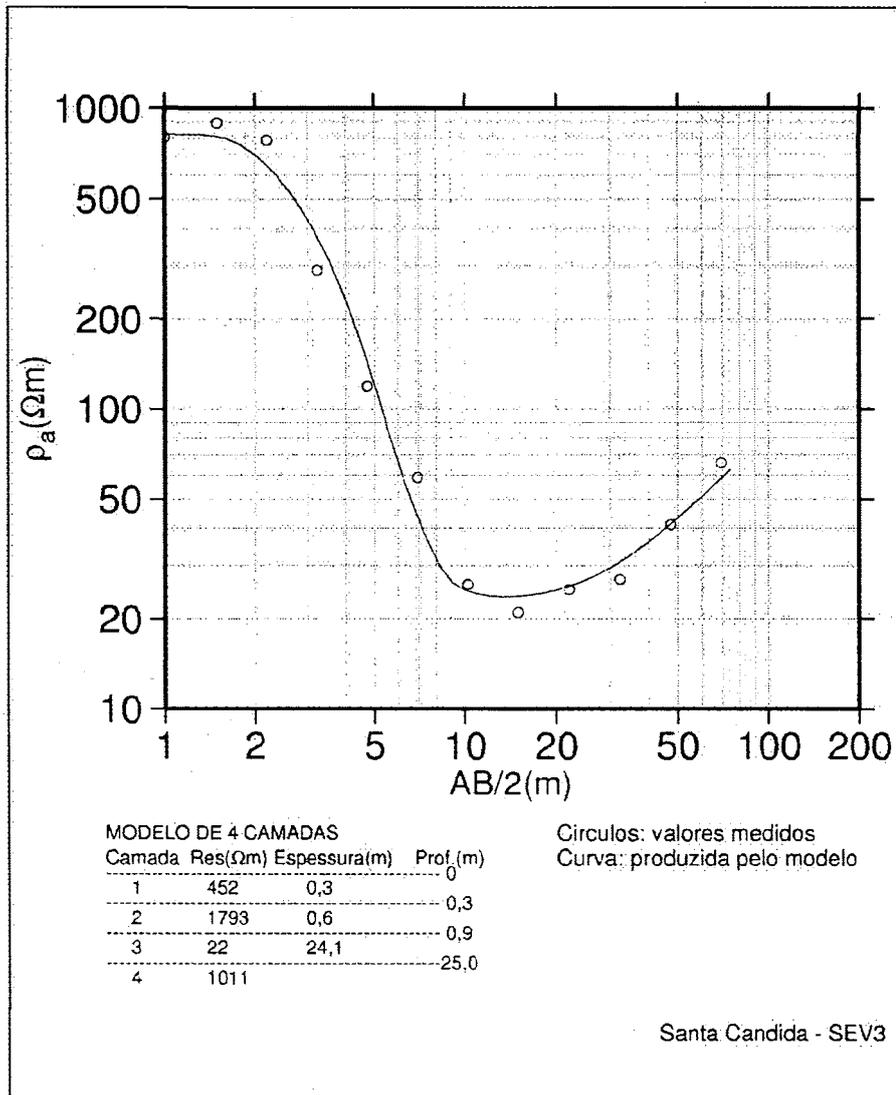


FIGURA 30 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV3, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO.

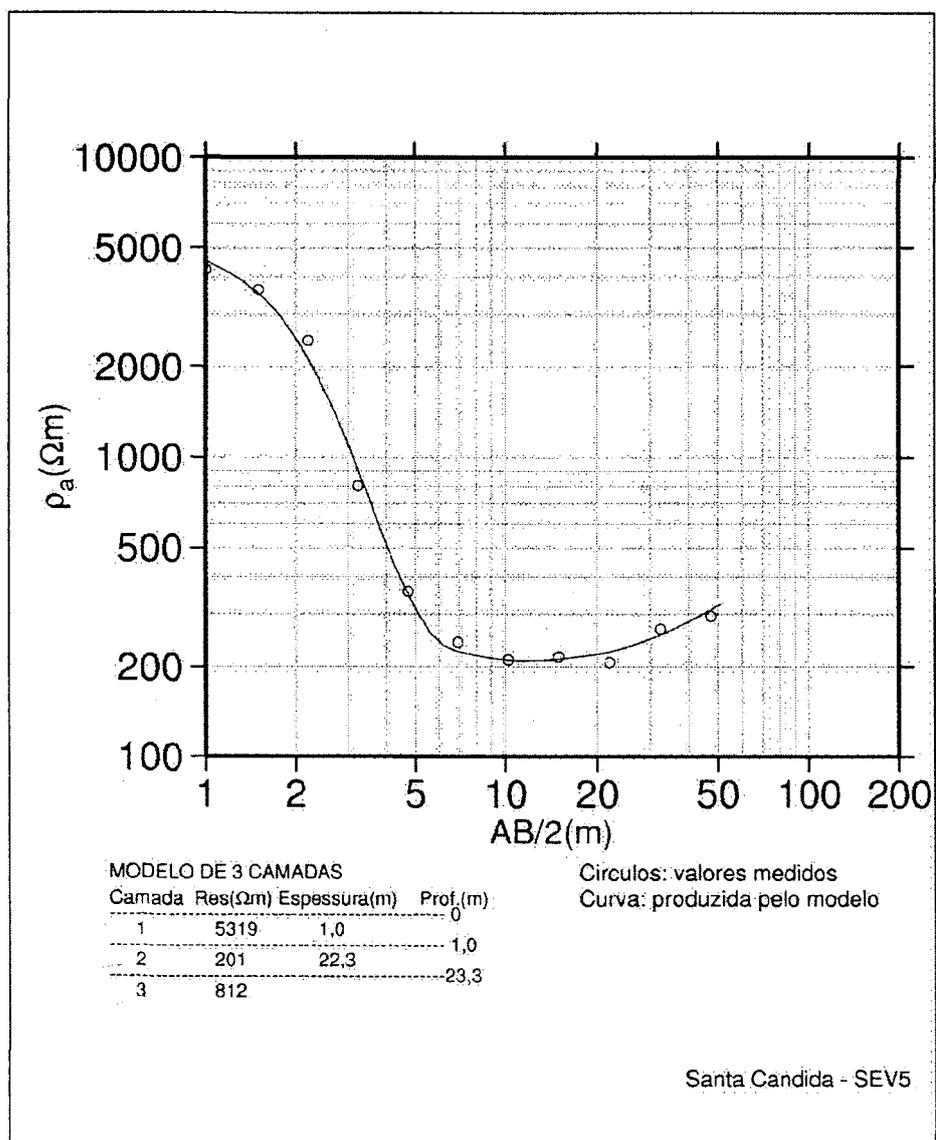


FIGURA 31 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV5, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO.

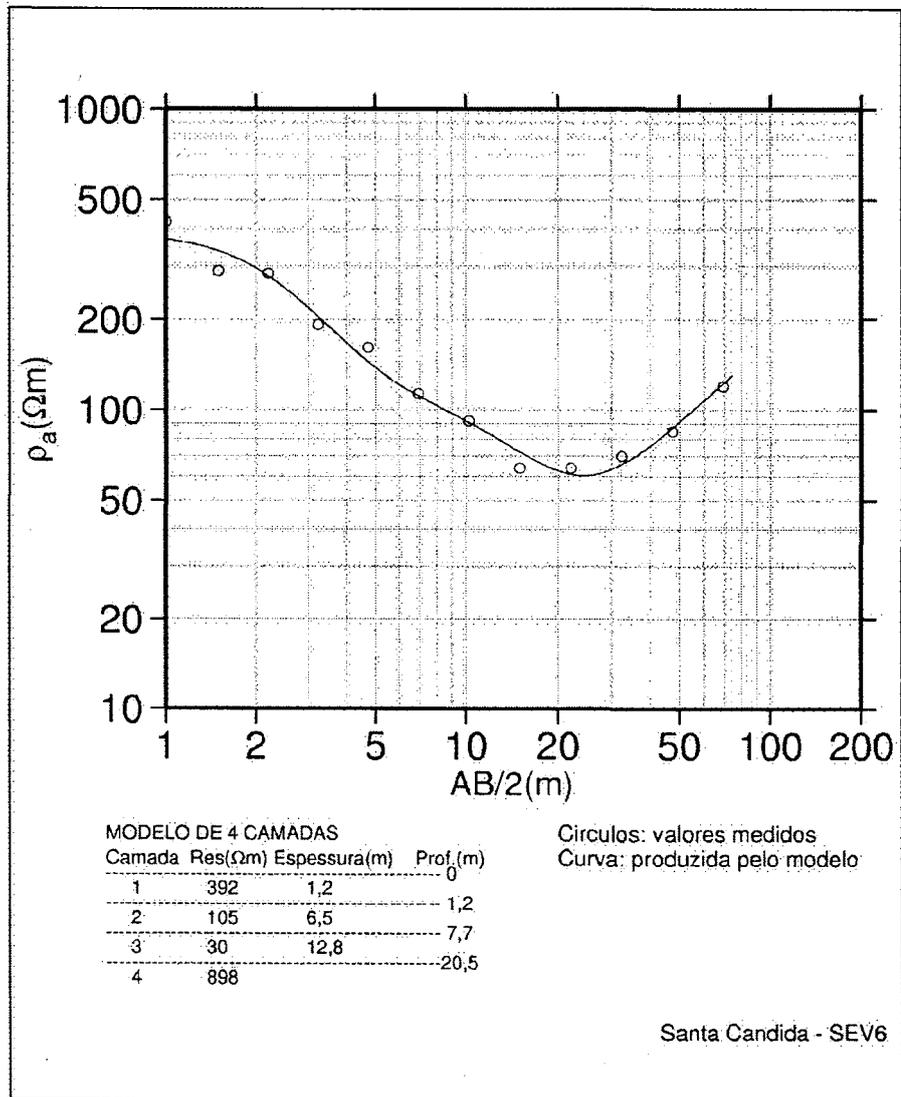


FIGURA 32 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV6, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO.

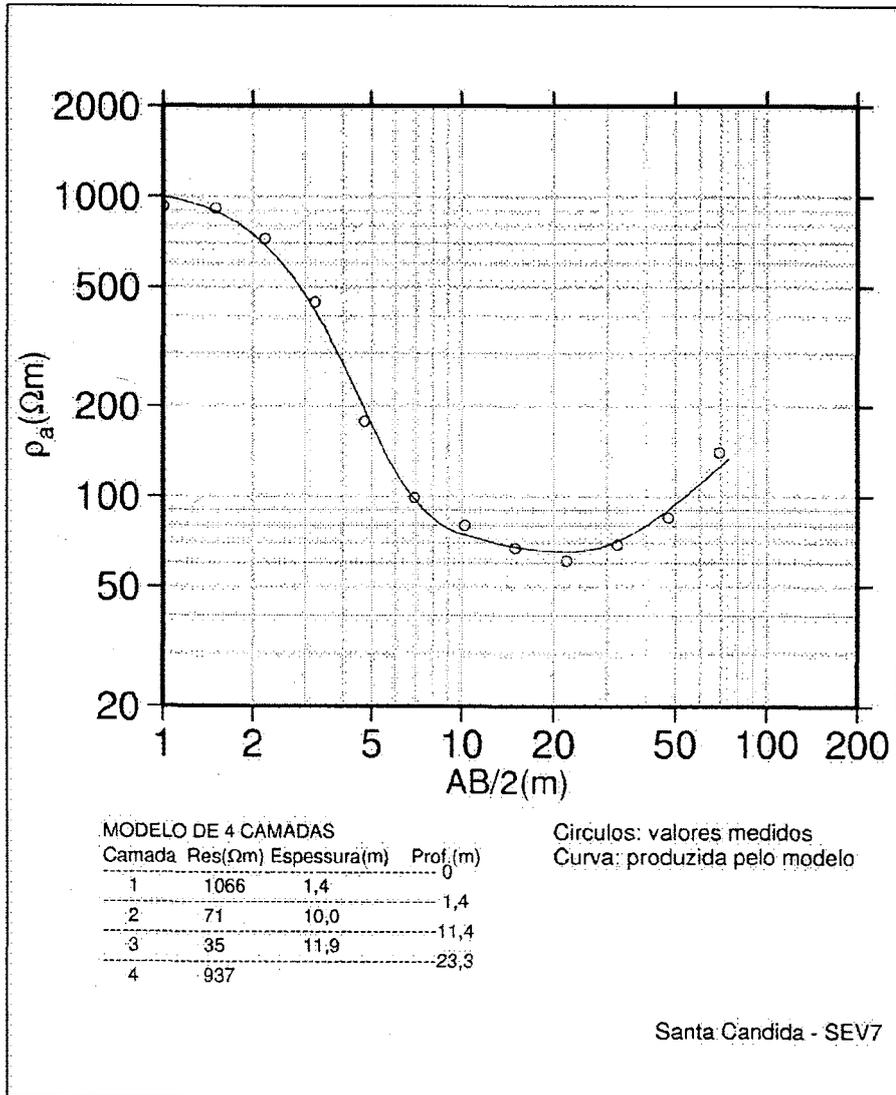


FIGURA 33 - CURVA PRODUZIDA PELA SEV7, INDICANDO O NÍVEL HIDROSTÁTICO.

6.2.4 Declividades

No mapa de classes de declividades do cemitério municipal de Santa Cândida, são verificadas declividades que variam de 0% até superiores a 20%.

As áreas praticamente planas, com declividades de 0 - 5%, representam a menor porção do cemitério, com 0,85 hectares ou seja, 6,44% da área total do mesmo (QUADRO 6). Essas declividades predominam nos locais de ocorrência da Formação Guabirota, contudo, nas porções onde ocorrem migmatitos, aparecem de forma mais discreta ao longo dos dois cursos de água que cortam o cemitério.

Esses cursos de água situam-se nos fundos do cemitério a nordeste e noroeste, configurando duas linhas bem evidenciadas de ocorrência das declividades de 0 - 5%.(FIGURA 34)

As declividades de 5 - 10% representam uma porção de 3,78 hectares o equivalente a 28,64% da grande extensão sobre as rochas da Formação Guabirota e ocorrem em menor porção sobre os migmatitos do Complexo gnáissico-migmatítico.

Nos locais de ocorrência dos migmatitos essas declividades são verificadas ao longo dos cursos de água anteriormente citados e nas proximidades do contato com a Formação Guabirota, na porção central do cemitério.

Nas proximidades do contato entre as duas unidades litoestratigráficas citadas, essas declividades marcam claramente uma mudança de relevo. Na porção sul do cemitério ocupada pelas rochas da Formação Guabirota, existe uma região alta com porções planas onde predominam declividades mais baixas.

Na porção norte do cemitério, local de ocorrência dos migmatitos, existe um rebaixamento na topografia com inclinações pronunciadas, onde predominam declividades altas.

As declividades de 10 - 15% ocupam 4,29 hectares ou 32,50% da área total do cemitério (QUADRO 6). Essas declividades ocupam a maior área do cemitério de Santa Cândida.

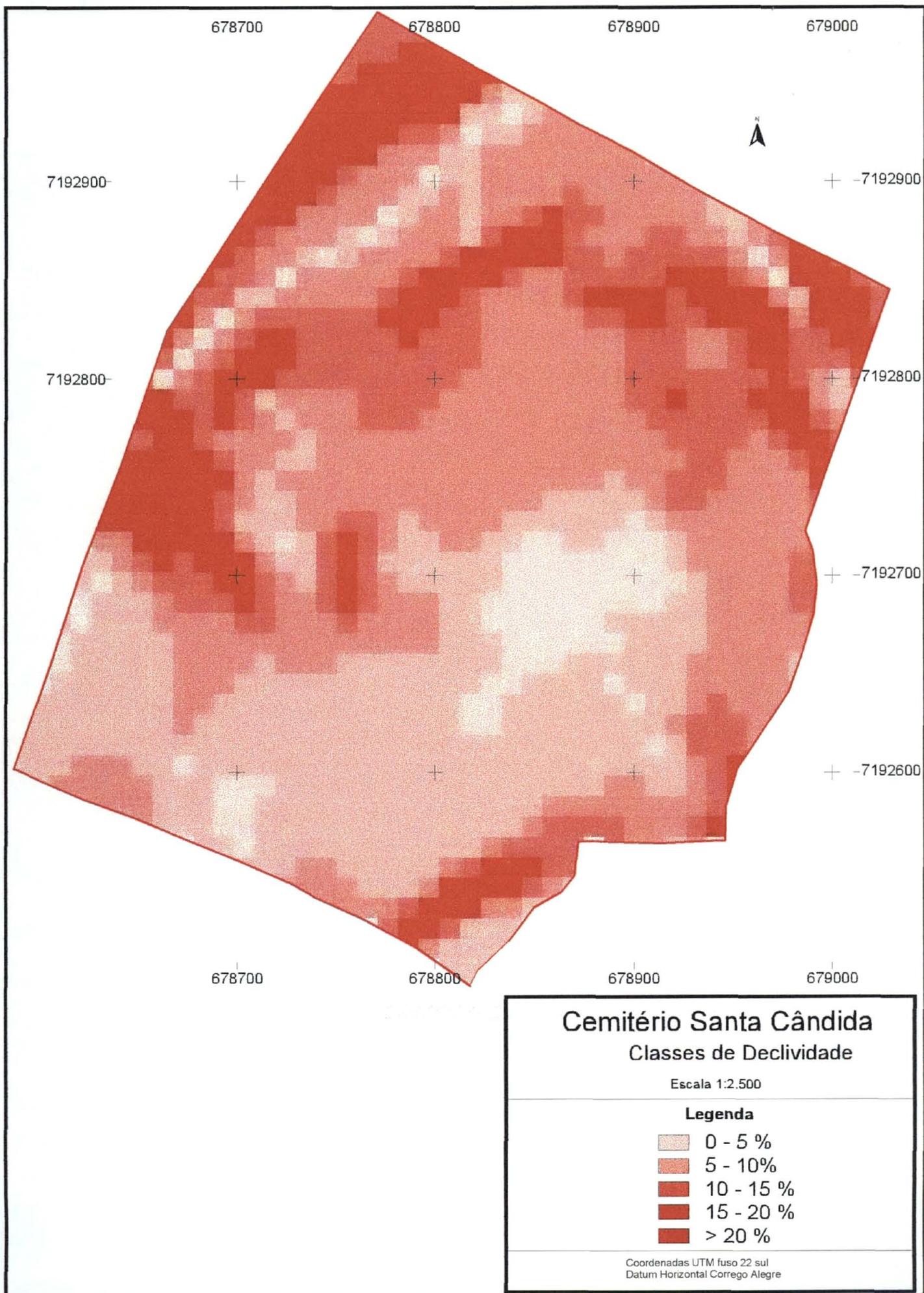


FIGURA 34 - MAPA DE CLASSES DE DECLIVIDADE DO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA.

De forma predominante, essas declividades aparecem no local estudado, na área ocupada pelo complexo gnáissico-migmatítico e em menores proporções nos locais de ocorrência da Formação Guabirotuba. Na área ocupada pela Formação Guabirotuba, a pequena ocorrência dessas declividades se faz notar na porção sudeste e próximo ao contato com os migmatitos na extremidade oeste do cemitério.

As declividades acima de 15% perfazem quando somadas 4,28 hectares, ou seja 32,42% da área total do cemitério. (QUADRO 6)

Essas classes de declividades também ocupam de forma predominante a área de ocorrência dos migmatitos e estão representadas em pequenas porções sobre a Formação Guabirotuba, na parte sudeste e na extremidade oeste do cemitério.

QUADRO 3 - CLASSES DE DECLIVIDADE CEMITÉRIO MUNICIPAL DE SANTA CÂNDIDA

Declividade	Hectare	%
0-5	0,85	6,44
5-10	3,78	28,64
10-15	4,29	32,50
15-20	2,25	17,04
>20	2,03	15,38

O levantamento das classes de declividades do cemitério municipal de Santa Cândida, demonstrou que existem dois compartimentos distintos com relação às características de relevo e declividades, nesse cemitério

Ficou demonstrado que o compartimento da Formação Guabirotuba, apresenta um predomínio de porções planas com classes de declividades mais baixas. O inverso ocorre no compartimento ocupado pelos migmatitos, onde predominam porções mais onduladas com classes de declividades maiores.

Assim, com relação às declividades, o compartimento ocupado pela Formação Guabirotuba situado na porção sul do cemitério, apresenta melhores condições para inumação. Com exceção dos locais com declividades muito elevadas antes mencionados.

O Compartimento ocupado pelos migmatitos, situado na porção norte do cemitério, apresenta grandes áreas não adequadas a inumação. Estas áreas não adequadas são representadas pelos locais com elevadas declividades que possibilitam nas épocas com excesso de pluviosidade, a formação de enxurradas e movimentação de massa de solo.

Estes processos são extremamente deletérios nesse local, pois existem dois cursos de água na porção mais baixa do compartimento em questão, que transportam todos os poluentes recebidos pelas enxurradas. A movimentação de massas de solo, possibilita o assoreamento desses cursos de água e destruição de túmulos.

A importância das baixas declividades para os locais de inumação é ressaltada por vários autores, entre os quais PACHECO (1986), MATOS (2001) e SANTARSIERO (2000), comentando o risco potencial representado pelos cemitérios para as águas de abastecimento

7 IMPACTOS AMBIENTAIS ESPERADOS

Apesar de não ser proposição deste trabalho discutir os aspectos dos impactos ambientais e sanitários, provocados com a implantação de cemitérios, verificou-se a necessidade em relacioná-los.

Essa preocupação reside no fato que os cemitérios, mesmo aqueles onde todas as medidas de proteção ambiental foram tomadas, não podem ser considerados como locais perfeitamente individualizados do meio ambiente. Portanto, a possibilidade de efluentes líquidos serem lançados para fora do cemitério, deve ser considerada, havendo a necessidade do monitoramento constante destas obras.

Assim, com a implantação de cemitério, é de se esperar os seguintes impactos ambientais e sanitários.

7.1 CONTAMINAÇÃO POR NECROCHORUME

Vários são os problemas que ocorrem quando um cemitério encontra-se mal localizado, os quais passamos a comentar.

Cessada a vida, anulam-se as trocas nutritivas das células e o meio acidifica-se, iniciando-se o fenômeno transformativo de autólise. Enterrado o corpo (inumação ou entumescimento), instalam-se os processos putrefativos de ordem físico-química, em que atuam vários microorganismos.

A putrefação dos cadáveres é influenciada por fatores intrínsecos e extrínsecos. Os intrínsecos são pertencem ao próprio corpo, tais como: idade, constituição física e causa-mortis. Os extrínsecos são pertinentes ao ambiente onde o corpo foi depositado, tais como: temperatura, umidade, aeração, constituição mineralógica do solo, permeabilidade, etc...

O corpo humano, em sua constituição apresenta cerca de 65% de água, com relação ao peso. Os indivíduos magros apresentam um conteúdo de até 75% de água, enquanto que os indivíduos gordos apresentam até 55% de água. Dessa maneira um

indivíduo adulto que tenha 70 kg tem um conteúdo da ordem de 46 Kg em água, ou seja 0,60 L/kg.

Com a decomposição dos corpos há a geração dos chamados efluentes cadavéricos, gasosos e líquidos. Os primeiros que surgem são os gasosos, seguindo-se os líquidos.

Os efluentes líquidos, chamados de necrochorume, que são líquidos mais viscosos que a água, de cor acinzentada a acastanhada, com cheiro acre e fétido, constituído por 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas degradáveis, dentre as quais, duas diaminas muito tóxicas que é constituída pela putrescina (1,4 Butanodiamina) e a Cadaverina (1,5 Pentanodiamina), dois venenos potentes para os quais não se dispõem de antídotos eficientes.

A toxicidade química do necrochorume diluído na água freática relaciona-se aos teores anômalos de compostos das cadeias do fósforo e do nitrogênio, metais pesados e aminas.

O necrochorume no meio natural decompõe-se e é reduzido a substâncias mais simples e inofensivas, ao longo de determinado tempo. Em determinadas condições geológicas, o necrochorume atinge o lençol freático praticamente íntegro, com suas cargas químicas e microbiológicas, desencadeando a sua contaminação e poluição. Os vetores assim introduzidos no âmbito do lençol freático, graças ao seu escoamento, podem ser disseminadas nos entornos imediato e mediato dos Cemitérios, podendo atingir grandes distâncias, caso as condições hidrogeológicas assim o permitam.

Existem estudos que na cidade de São Paulo houve casos de ocorrência de vetores transmissores da poliomielite e hepatite (patógenos), em profundidades da ordem de 40 a 60 metros, respectivamente, em poços tubulares perfurados em rochas sedimentares cenozóicas da Formação São Paulo .

SILVA (2000) em sua pesquisa realizada em 600 cemitérios no Brasil e alguns no exterior, observou que 75% dos casos de problemas de contaminação e de

poluição verificados, eram originados por cemitérios municipais e 25% por Cemitérios particulares com problemas locacionais, construtivos ou operacionais (alguns deles ditos “clandestinos”).

Desde o século passado, tem-se ligado a incidência de endemias à contaminação do subsolo, gerada por cemitérios. É do consenso geral o potencial contaminador dos efluentes da decomposição cadavérica, em especial no que diz respeito ao lençol freático e à sua exploração para o consumo humano, nas circunvinhanças dos cemitérios.

Nesse enfoque nota-se grande deficiência a nível mundial, na publicação de dados e trabalhos específicos, com a abrangência e detalhamento requeridos.

Em 1879, a Sociedade dos Higienistas franceses publicou um artigo correlacionando a febre tifóide que varreu Paris no mesmo ano, com a contaminação microbiológica da água subterrânea utilizada para consumo humano, pelos efluentes líquidos cadavéricos.

No Estado de São Paulo, a USP, investigou a influência dos Cemitérios na contaminação dos aquíferos livres no Cemitério Vila Formosa (segundo maior do mundo) e Vila Nova Cachoeirinha, na cidade de São Paulo e o Cemitério de Areia Branca, na cidade litorânea de Santos. A conclusão foi que há um comprometimento sério relativo a contaminação do subsolo, nas cercanias daquelas necrópoles.

SILVA (1999b), observou a presença de radioatividade num raio de duzentos metros das sepulturas de cadáveres que em vida foram submetidos a radioterapia ou que receberam marca-passos cardiológicos, alimentados com fontes radioativas. Materiais radioativos são móveis na presença de água, por isto pessoas que fazem este tipo de tratamento, segundo o autor deveriam ser cremadas e suas cinzas dispostas como lixo atômico, porém a cremação tem restrições ainda em nossa cultura, devido a crenças religiosas, razões sociais e culturais.

MATOS (2001), observou na avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismos no aquífero freático do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, no

município de São Paulo que a pesquisa de indicadores microbiológicos demonstrou a presença, de bactérias heterotróficas, proteolíticas e clostrídios sulfito-redutores nas águas subterrâneas do Cemitério e encontrou enterovírus e adenovírus.

7.2 POLUIÇÃO PELAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS QUE COMPÕEM OS CAIXÕES DEVIDO A METODOLOGIA DE CONSERVAÇÃO DE CADÁVERES.

Existem muitos tipos de substâncias químicas que são utilizadas normalmente e historicamente na embalsamação, tanatopraxia e na construção de caixões funerários, entre elas estão a laca, substâncias de tingimento, colas, ferro e zinco, em alguns destes produtos possuem em sua composição metais pesados.

SILVA (1998) destacou que o formol utilizado na embalsamação, quase sempre é superdosado, pois as funerárias têm procedimentos próprios (ainda não normatizados). Chegando a usar soluções de formaldeído com concentrações superiores a 30%. Nestas substâncias estão incluídos: formaldeído, metanol, arsênico, solventes e vários metais pesados. Formaldeído e metanol correspondem à maior porcentagem de substâncias químicas usadas em embalsamações durante os últimos 90 anos e arsênico foi comumente usado no início do século.

Atualmente vem sendo usada a técnica de tanatopraxia, que é a técnica de preparar, maquiagem e, restaurar partes do falecido, não é a mesma técnica de embalsamação, pois serve apenas para melhorar o aspecto do cadáver durante o velório, prolongando por algumas horas este aspecto. A composição química dos produtos utilizados ainda é desconhecida, utilizam ainda, cosméticos, corantes, enrijecedores, etc...

7.3 POLUIÇÃO DOS AQUÍFEROS

Os cemitérios podem trazer sérias conseqüências ambientais, em particular sobre qualidade das águas subterrâneas adjacentes. A infiltração e percolação das águas pluviais através dos túmulos e solo provoca a migração de uma série de compostos químicos orgânicos e inorgânicos através da zona não saturada, podendo alguns destes compostos atingirem a zona saturada e portanto poluir o aquífero. Devido a isto, o monitoramento das águas subterrâneas na vizinhança dos cemitérios é da maior importância nos estudos ambientais.

O aquífero livre superior (lençol freático); é muito suscetível e vulnerável a processos antrópicos. Esta vulnerabilidade deve-se ao seu posicionamento espacial no meio físico e acesso facilitado aos vetores químicos e microbiológicos, cujo ingresso é proporcionado pelo carreamento das águas superficiais infiltradas (chuvas). Este aporte hídrico subterrâneo recarrega naturalmente o aquífero de maneira direta, perfazendo até 40% do total precipitado, em algumas situações geológicas.

PACHECO (1986) verificou que o impacto físico mais importante está no risco de contaminação das águas subterrâneas por microorganismos que proliferam durante o processo de decomposição dos cadáveres e posteriormente o uso destas águas pelas populações. Se considerar que, de maneira geral, na localização de Cemitérios não se levam em conta os aspectos geológicos e hidrogeológicos, estes, por efeito da inadequação do tipo de construção, poderão se constituir em unidades de alto potencial de risco para as águas.

O maior impacto causado ao meio físico é o extravasamento do necrochorume e o seu aporte no lençol freático, onde a contaminação até então localizada, poderá disseminar-se (pluma de poluição).

Desde os tempos imemoriais, o solo tem sido utilizado pelo homem para disposição de seus resíduos, incluindo o seu próprio corpo após a morte.

Segundo SILVA (1999a), em geral em função de sua constituição mineralógica, condições intempéricas e conteúdo microbiológico, a camada de solo

reúne condições de degradar a matéria orgânica enterrada, de maneira discreta e fora da visão humana. Portanto, o solo tem uma capacidade de depuração natural incontestável, em condições normais de aeração, na porção acima do nível das águas subterrâneas.

BOLIVAR (2001) afirmou que os cemitérios são fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas, pelo simples fato de serem laboratórios de decomposição de matéria orgânica, durante a qual está presente uma infinidade de microorganismos.

8 CONCLUSÕES

A caracterização do meio físico efetuado nos cemitérios municipais do Boqueirão e Santa Cândida, no município de Curitiba, permitiram as seguintes conclusões:

- Os cemitérios municipal do Boqueirão e municipal de Santa Cândida apresentam condições adequadas para a inumação com relação às características dos solos, porém com relação a geologia, a profundidade do nível hidrostático e declividade do terreno, o cemitério de Santa Cândida apresenta locais inadequados para esse fim.
- Os aspectos geológicos que conferem inadequabilidade em alguns locais do cemitério municipal de Santa Cândida, estão relacionados às pequenas fraturas existentes na porção de afloramento dos migmatitos, que podem propiciar infiltrações de águas contaminadas no lençol freático.
- A profundidade do nível hidrostático no extremo sudoeste e na porção norte (ocupada pelos migmatitos), no cemitério municipal de Santa Cândida, apresentam-se com 0,90 metros e inferiores a 1,40 metros, configurando vulnerabilidade ao aquífero.
- As elevadas declividades existentes na porção norte do cemitério municipal de Santa Cândida (>20%) são áreas potenciais de risco, pois favorecem a movimentação de solos e carreamento de águas contaminadas, que podem causar destruição de jazigos, poluição e assoreamento das regiões mais baixas.
- A existência de dois cursos de água na porção norte do cemitério municipal de Santa Cândida, é um fator desfavorável, tendo em vista que os mesmos transportam todos os sólidos e efluentes recebidos das cotas mais elevadas.

- Os solos argilosos no cemitério municipal do Boqueirão nos pontos P7b e P7c e no cemitério municipal de Santa Cândida nos pontos P1a e P6 a, apresentam alta concentração de carbono e forte odor característico da presença de necrochorume. Estudos mais acurados a respeito da presença dos altos teores de carbono, nesses solos, devem ser efetuados, para se estabelecer a origem e o comportamento desse elemento químico nos perfis desses solos,
- A elevada densidade da maioria dos solos do cemitério municipal do Boqueirão e do cemitério municipal de Santa Cândida é um fator favorável a impermeabilização, dificultando a contaminação do aquífero, contudo, favorece o escoamento superficial nos locais de elevada declividade e prejudica a aeração no processo putrefativo.
- Existe a necessidade de ser implantada uma rede de drenagem nos dois cemitérios, principalmente nos locais de alta declividade como ocorre na porção norte do cemitério municipal de Santa Cândida e naqueles onde existe a possibilidade de concentração e retenção de água nos dois cemitérios.
- Existe a necessidade do monitoramento contínuo dos solos, das águas de superfície e subsuperfície desses cemitérios, pois os mesmos configuram fontes potenciais de contaminação.
- Para a seleção de novas áreas a serem usadas para a implantação de cemitérios, estudos complementares aos realizados neste trabalho devem ser efetuados, com a caracterização mais abrangente do meio físico, biológico e antrópico em escala compatível com as exigências de um estudo prévio de impacto ambiental.
- Os resultados deste trabalho, ao nosso ver, poderão servir de base para novos estudos a respeito da caracterização do meio físico para implantação de cemitérios.

REFERÊNCIAS

- BECKER, R. D. **Distribuição dos sedimentos cenozóicos na região metropolitana de Curitiba e sua relação com a estrutura geológica e geomorfológica regional**. Porto Alegre, 1982. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.
- BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. **Caracteres texturais dos sedimentos da bacia de Curitiba**. Boletim da Universidade Federal do Paraná, Geologia, Curitiba, n. 7, 1962
- CAMARGO, E. C. **Definição de características do meio físico para implantação de aterros sanitários na porção sul do município de Paranaguá**. São Paulo, 1995. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- CEMA - Consultoria em Meio Ambiente. **Estudo prévio de impacto ambiental - AUDI, São José dos Pinhais**. Curitiba, 1997.
- CETESB. **Norma n. L1. 040: implantação de Cemitérios**. São Paulo, 1999.
- COMEC - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. **Levantamento aerofotogramétrico: região metropolitana de Curitiba**. Escala: 1:10000. Curitiba, 1987. n. 413.
- COSTA, W. D.; SANTOS, A. C. A possibilidade de poluição das águas subterrâneas pelo Lixão de Muribeca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8., 1994, Recife. **Anais...** Recife: ABAS, 1994. p.217-223.
- CPRM. **Atlas de uso e ocupação do solo da região metropolitana de Curitiba e problemas geoambientais relacionados**. São Paulo: Serviço Geológico do Brasil, 1998a.
- CPRM. **Atlas geoambiental da região metropolitana de Curitiba subsídios ao planejamento territorial**. São Paulo: Serviço Geológico do Brasil, 1998b.
- CURITIBA. Secretaria Municipal de Meio Ambiente- SMMA. **Perfil de águas subterrâneas de Curitiba**. Curitiba, 2000. CD-ROM
- ELLERT, N. A geofísica na identificação da poluição do sub-solo por depósitos de rejeitos urbanos e industriais. In: USP. Instituto de Geociências. Centro de Pesquisa de águas subterrâneas. **Atividades 1984-1988**. São Paulo: CEPAS, 1989.
- ELLERT, N.; ROSA FILHO, E. A geofísica aplicada na detecção de lixo urbano enterrado. Exemplo: Curitiba, Paraná-BR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5., 1988, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABAS, 1988. p. 237-246.
- ELLERT, N. et al. A geofísica aplicada na identificação da poluição do subsolo por depósitos de rejeitos urbanos e industriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 4., 1988, Brasília. **Anais...** Brasília: ABAS, 1986. p. 528-532.
- ELLERT, N. et al. Mapeamento geofísico do Lixão de São Carlos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 6., 1990, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABAS, 1990. p. 82-88.

- EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. (Documentos, n. 1).
- EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. (Documentos, n. 1).
- ESTEIO. Fotografias aéreas coloridas. Curitiba : Esteio, 1999. 2 fotografias; 23,5 x 23,5 cm. Escala 1: 8.000.
- GONÇALVES, A. R. L. et al. Determinação da direção do fluxo de freático no aterro de São Carlos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7., 1992, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABAS, 1992. p. 114-118.
- GREENHOUSE, J. P. et al. Geophysical studies of ground water contamination at two landfills in São Paulo state. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA SOBRE HIDROLOGIA URBANA ; V CONTAMINACION DE ACUIFEROS, 1., 1987, Cochabamba. **Anais...** Cochabamba, [s.n.], 1987. p.61-65.
- IPARDES. **Meio ambiente e recursos naturais da região metropolitana de Curitiba: 1ª fase**. Curitiba, 1979. 2.v.
- JOSÉ, C. et al. Levantamentos geofísicos para dimensionar profundidade e fluxo de águas subterrâneas em Paranaguá - PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 8, 1992, Recife. **Anais...** Recife: ABAS, 1992. p. 336-342.
- KORMANN, A. C. M. Comportamento das argilas rijas: aspectos geotécnicos da Formação Guabirotuba. In: CARACTERÍSTICAS geotécnicas da Formação Guabirotuba. Curitiba: Nucleo Regional do Paraná e Santa Catarina/UFPR, 1999.
- LIMA, V. C. **Estudo pedológico de perfis de solos do Grande Rubrozem na Bacia de Curitiba**. Piracicaba, 1974. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria da Cultura e Esporte do Paraná, 1981.
- MATOS, B. **A Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismos no aquífero freático do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**. São Paulo, 2001. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- MELLO, V. **Projeto de pesquisa. Avaliação da contaminação do solo por PB, por meio de técnicas de fracionamento e dessorção em área de mineração e processamento de metal, no município de Adrianópolis(PR)**. Curitiba, UFPR, 2002.
- MENDES, G. M. B. **Técnicas geofísicas aplicadas no mapeamento e monitoramento de poluição e contaminação de águas subterrâneas**. São Paulo, 1987. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.
- MILARÉ, E. Cemitério e Meio Ambiente. Texto apresentado Simpósio Funerária Brasil 97. SINCESP. São Paulo. 1997.
- NOGUERIA, J. **A bacia hidrogeológica de Curitiba**. Curitiba, 1997. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.
- PACHECO, A. Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento. **Revista do SPAM**, ago. 1986.

PACHECO, A. et al. **O problema geo-ambiental da localização de cemitérios em meio urbano**. CEPAS, nov. 1997.

PARANÁ. Secretaria Especial de Assuntos do Meio Ambiente. **Paraná - 92: perfil ambiental e estatísticas**. Curitiba, 1991. (Versão preliminar).

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Atlas de recursos hídricos do estado do Paraná**. Curitiba, 1999.

PARISOT, E. H. et al. Monitoramento das águas subterrâneas adjacentes ao aterro sanitário de Taubaté (SP) - primeiros resultados. In: USP. Instituto de Geociências. Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas. **Atividades 1984-1988**. São Paulo: CEPAS, 1989.

RAZERA FILHO, A. **Relatório final de construção de poços de monitoramento e ensaios de permeabilidade no Cemitério Municipal de Santa Cândida**. Curitiba: SMMA, 1999.

RAZERA FILHO, A. **Relatório final de construção de poços de monitoramento e ensaios de permeabilidade no Cemitério Municipal do Boqueirão**. Curitiba: SMMA, 1999.

RIGOTTI, A. **Estudo geofísico para determinação da profundidade ao nível d'água (lençol freático) em área de possível implantação de aterro sanitário no município de Rio Negrinho - SC**. Curitiba: Serrana Engenharia, 2001.

SALAMUNI, R. **Cemitério Santa Cândida: breves considerações sobre o problema ambiental**. Curitiba: Hidrotec, 2000.

SANTARSIERO, A. *et al.* Hygienic aspects related to burial. **Microchemical Journal**, Rome, n. 67, p. 135-139, 2000.

SCUDINO, P. C. B. Avaliação hidrogeológica em área de disposição de resíduos sólidos, com risco de poluição de aquíferos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7., 1992, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABAS, 1992. p. 128-135.

SILVA, M. **A influência dos Cemitérios no Meio Ambiente**. I forum SINCEPAR "Cemitérios - Impacto Ambiental". Curitiba, 1999a.

SILVA, M. **Cremação: método alternativo para a disposição de cadáveres**. São Paulo: Universidade São Judas Tadeu, 1999b.

SILVA, M. **Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres**. Revista Saneamento Ambiental, São Paulo, n. 71, 2000.

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento e Saneamento Ambiental. **Atlas de Recursos Hídricos do Paraná**. Curitiba, 1998. 32p.

ANEXOS

Anexo 1 - Trechos do Código Sanitário (São Paulo, 1991)

Anexo 2 - Normas Técnicas L1.040 (CETESB, 1999) - Implantação de Cemitérios.

Anexo 3 - Cemitério Municipal do Boqueirão - Topografia.

Anexo 4 - Cemitério Municipal do Boqueirão - Altimetria

Anexo 5 - Cemitério Municipal de Santa Cândida - Topografia

Anexo 6 - Cemitério Municipal de Santa Cândida - Altimetria

TRECHOS DO CÓDIGO SANITÁRIO (SÃO PAULO, 1991)

CÓDIGO SANITÁRIO

DECRETO N.º 12.342, DE 27 DE SETEMBRO DE 1978

REGULAMENTO DA PROMOÇÃO, PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DA SAÚDE NO
CAMPO DE COMPETÊNCIA DA SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE

(REVISTO E ATUALIZADO ATÉ DEZEMBRO DE 1990)

4.ª EDIÇÃO, SÃO PAULO, IMESP, 1991

(....)

SEÇÃO II

Cemitérios

Artigo 151 - Os cemitérios serão construídos em áreas elevadas, na contravertente das águas que possam alimentar poços e outras fontes de abastecimento.

Parágrafo único - Em caráter excepcional, serão tolerados, a juízo da autoridade sanitária, cemitérios em regiões planas.

Artigo 152 - Deverão ser isolados, em todo o seu perímetro, por logradouros públicos ou outras áreas abertas, com largura mínima de 15,00 m, em zonas abastecidas por redes de água, e de 30,00 m, em zonas não providas de redes.

Artigo 153 - O nível dos cemitérios deverá ser suficientemente elevado de maneira a assegurar que as sepulturas não sejam inundadas.

Artigo 154 - O nível do lençol freático, nos cemitérios, deverá ficar a 2,00 m, no mínimo, de profundidade.

Parágrafo único - Na dependência das condições das sepulturas, deverá ser feito o rebaixamento suficiente desse nível.

Artigo 155 - Os projetos de cemitérios deverão ser acompanhados de estudos especializados, comprovando a adequabilidade do solo e o nível do lençol freático.

Artigo 156 - Nos cemitérios, deverá haver, pelo menos:

I - local para administração e recepção;

Anexo 1

II - sala de necropsia atendendo aos requisitos exigidos neste Regulamento;

III - depósito de materiais e ferramentas;

IV - vestiários e instalação sanitária para os empregados;

V - instalações sanitárias, para o público, separadas para cada sexo.

Parágrafo único - A autoridade sanitária poderá reduzir as exigências deste artigo em função das limitações sócio-econômicas do município de localização do cemitério.

Artigo 157 - Nos cemitérios, pelo menos 20% de suas áreas serão destinadas a arborização ou ajardinamento.

§ 1.º - Os jardins sobre jazigos não serão computados para os efeitos deste artigo.

§ 2.º - Nos cemitérios-parque poderá ser dispensada a destinação da área mencionada neste artigo.

Artigo 158 - Os vasos ornamentais não deverão conservar água, a fim de evitar a proliferação de mosquitos.

(...)

LIVRO XII

Inumações, Exumações, Transladações e Cremações

Artigo 547 - A inumação de pessoas vitimadas por doenças transmissíveis somente poderá ser feita com observância das medidas e cautelas determinadas pela autoridade sanitária.

Parágrafo único - Havendo suspeita de que o óbito foi conseqüente à doença transmissível, a autoridade sanitária poderá, exigir a necropsia para determinar a causa da morte.

Artigo 548 - É proibido o uso de caixões metálicos, ou de madeira revestida, interna ou externamente, com aquele material, excetuando-se os destinados:

I - aos embalsamados;

II - aos exumados;

III - aos cadáveres que não tenham de ser com eles enterrados, sendo obrigatória a desinfecção após o uso.

Parágrafo único - Outros materiais poderão ser utilizados na confecção de caixões, desde que submetidos à aprovação da autoridade sanitária.

Anexo I

Artigo 549 - Os caixões destinados à cremação de cadáveres deverão satisfazer às seguintes exigências:

I - ser de material de fácil combustão;

II - ter alças removíveis, evitadas quaisquer peças metálicas;

III - não serem pintados, laqueados ou envernizados;

IV - não provocar, quando queimados, poluição atmosférica acima dos padrões vigentes, nem deixar resíduos aglutinados.

Parágrafo único - Os cadáveres deverão ser cremados em caixões individuais, podendo conter, nos casos de óbitos de gestantes, também o feto ou natimorto.

Artigo 550 - O transporte de cadáveres só poderá ser feito em veículo especialmente destinado a esse fim.

Parágrafo único - Os veículos deverão ser de forma a se prestarem à lavagem e desinfecção após o uso, tendo, no local em que pousar o caixão, revestimento de placa metálica ou de outro material impermeável.

Artigo 551 - O prazo mínimo para exumação é fixado em três anos, contados da data do óbito, sendo reduzido para dois anos no caso de criança até a idade de seis anos, inclusive.

§ 1.º - Nos casos de construção, reconstrução ou reforma dos túmulos, bem como pedido da autoridade judicial ou policial para instruir inquéritos ou, ainda, em caso de interesse público comprovado, poderão ser alterados os prazos referidos neste artigo, a critério da autoridade sanitária.

§ 2.º - O transporte dos restos mortais exumados será feito em caixão funerário adequado, ou em urna metálica, após a autorização da autoridade sanitária.

(...)

NORMA TÉCNICA L1.040 (CETESB, 1999)

	IMPLANTAÇÃO DE CEMITÉRIOS	L1.040 jan/99
---	----------------------------------	------------------

SUMÁRIO

Pág.

Introdução.....	01
1 - Objetivo.....	01
2 - Documentos Complementares.....	01
3 - Definições.....	02
4 - Caracterização do Meio Físico.....	02
5 - Condições Gerais.....	03
6 - Condições Específicas.....	05
7 - Referências Bibliográficas.....	06

Introdução

Dentro de uma política ambiental que objetiva preservar o solo e os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, ressalta-se a necessidade de normas técnicas para a implantação de empreendimentos com potencial poluidor.

Neste contexto, os cemitérios envolvem uma problemática intrinsecamente vinculada à saúde pública e à qualidade ambiental, dado o comprometimento potencial a que estão sujeitos os solos e as águas.

A CETESB, no cumprimento de suas atribuições como órgão responsável pelo controle ambiental no Estado de São Paulo, por conseguinte, houve por bem elaborar a presente Norma Técnica para a implantação de cemitérios.

1 - Objetivo

Esta Norma estabelece os requisitos e as condições técnicas para a implantação de cemitérios destinados ao sepultamento no subsolo, no que tange à proteção e à preservação do ambiente, em particular do solo e das águas subterrâneas.

2 - Documentos Complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- Ministério da Saúde - Portaria nº 36, de 18.01.1990.
- Resolução nº 5 de 05.08.1993 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.
- Norma ABNT NBR 8.036 – Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundação de edifícios – Procedimento
- Norma ABNT NBR 13.895 - Construção de poços de monitoramento e amostragem – Procedimento

Anexo 2

- Norma CETESB E15.011 - Sistema de incineração de resíduos de serviços de saúde, portos e aeroportos - Especificação.
- Boletim 04 da ABGE – Ensaio de permeabilidade em solos – Orientações para sua execução no campo (Junho/1996).

3 - Definições

3.1 Essências nativas

São espécies vegetais, arbustivas ou arbóreas, naturais de uma dada região geográfica.

3.2 Necrochorume

É um neologismo, também conhecido como putrilagem, que designa o líquido resultante da decomposição de cadáveres. Trata-se de uma solução aquosa rica em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, de cor castanho-acinzentada, mais viscosa que a água, polimerizável, de odor forte e pronunciado, com grau variado de toxicidade e patogenicidade.

4 – Caracterização da Área

4.1 - Caracterização geográfica

A área destinada ao cemitério deverá ser localizada geograficamente por meio de demarcação em carta planialtimétrica regional (Cartas FIGBE em escala 1:50.000; Cartas IGC em escalas 1:50.000, 1:25.000 ou 1:10.000; ou outra carta similar).

Esta área deverá, ainda, ser demarcada em levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral cuja escala mínima, para áreas superiores a 7 hectares (70.000 m²), será de 1:1.000, com curvas de nível de metro em metro. Para áreas iguais ou inferiores a 7 hectares, a escala mínima será de 1:500, com curvas de nível de metro em metro. Neste levantamento deverão estar representados os atributos encontrados num entorno de 30 m, tais como ruas e equipamentos urbanos.

4.2 - Caracterização geológica

A informação básica que deverá constar da caracterização do terreno é o mapeamento geológico básico, ou seja, a descrição das litologias do substrato, com indicação das formações onde se inserem, dados estes obtidos por meio de sondagens mecânicas de reconhecimento adequadamente localizadas. Estas sondagens deverão ser realizadas de acordo com a Norma ABNT NBR 8.036 – Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundação de edifícios – Procedimento e seccionar o maciço geológico até atingir o lençol freático (aprofundando-se na zona saturada pelo menos 3 m), ou até uma profundidade de 10 m ou impenetrável a percussão.

Anexo 2

[CETESB]Nessas sondagens serão conduzidos ensaios de permeabilidade e/ou infiltração, conforme Boletim 04 da ABGE – Ensaios de permeabilidade em solos – Orientações para sua execução no campo.

Nos casos de ocorrência ou risco de viabilização no terreno, de erosões, escorregamentos, subsidências ou movimentação de solo, é necessário, também, uma carta geotécnica onde estes processos estejam representados.

4.3. Caracterização hidrogeológica

As informações básicas que devem ser apresentadas são: indicação das profundidades dos níveis do aquífero freático, medidos no fim da estação de cheias, em mapa potenciométrico com indicação do sentido de fluxo das águas subterrâneas e indicação dos atributos existentes num entorno de 30 m, como fontes, surgências, córregos, drenos, poços ou cacimbas de abastecimento de água.

Nos casos em que for comprovado que o nível mais alto do lençol freático (medido no fim da estação de cheias) está a mais de 10 m de profundidade, não será necessária a apresentação do mapa potenciométrico.

No caso de utilização de método geofísico, este deverá ser devidamente especificado.

5 - Condições Gerais

a) A área-objeto deverá situar-se a uma distância mínima de cursos d'água (rios, riachos, córregos), bem como de corpos naturais ou artificiais (lagos, lagoas e reservatórios), de acordo com a legislação vigente.

b) Os cemitérios deverão ser implantados onde as condições de fluxo do lençol freático não ensejem a deterioração das condições de potabilidade (Portaria 36/90 do Ministério da Saúde) pré-existent de captações de água subterrânea.

c) Internamente, o cemitério deverá ser contornado por uma faixa com largura mínima de 5 m, destituída de qualquer tipo de pavimentação ou recobertura de alvenaria, destinada à implantação de uma cortina constituída por árvores e arbustos adequados, preferencialmente de essências nativas. Parte dessa faixa poderá ter 20% em sua extensão linear destinada a edifícios, sistema viário ou logradouro de uso público, desde que não contrariem a legislação vigente. Caso a faixa interna exceda este valor mínimo, em situações específicas, poderá ser permitida a construção de ossários regulamentares, sistema viário ou outras construções.

d) Deverão ser mantidas as faixas de isolamento previstas na legislação vigente, onde não serão efetuados nenhum sepultamento.

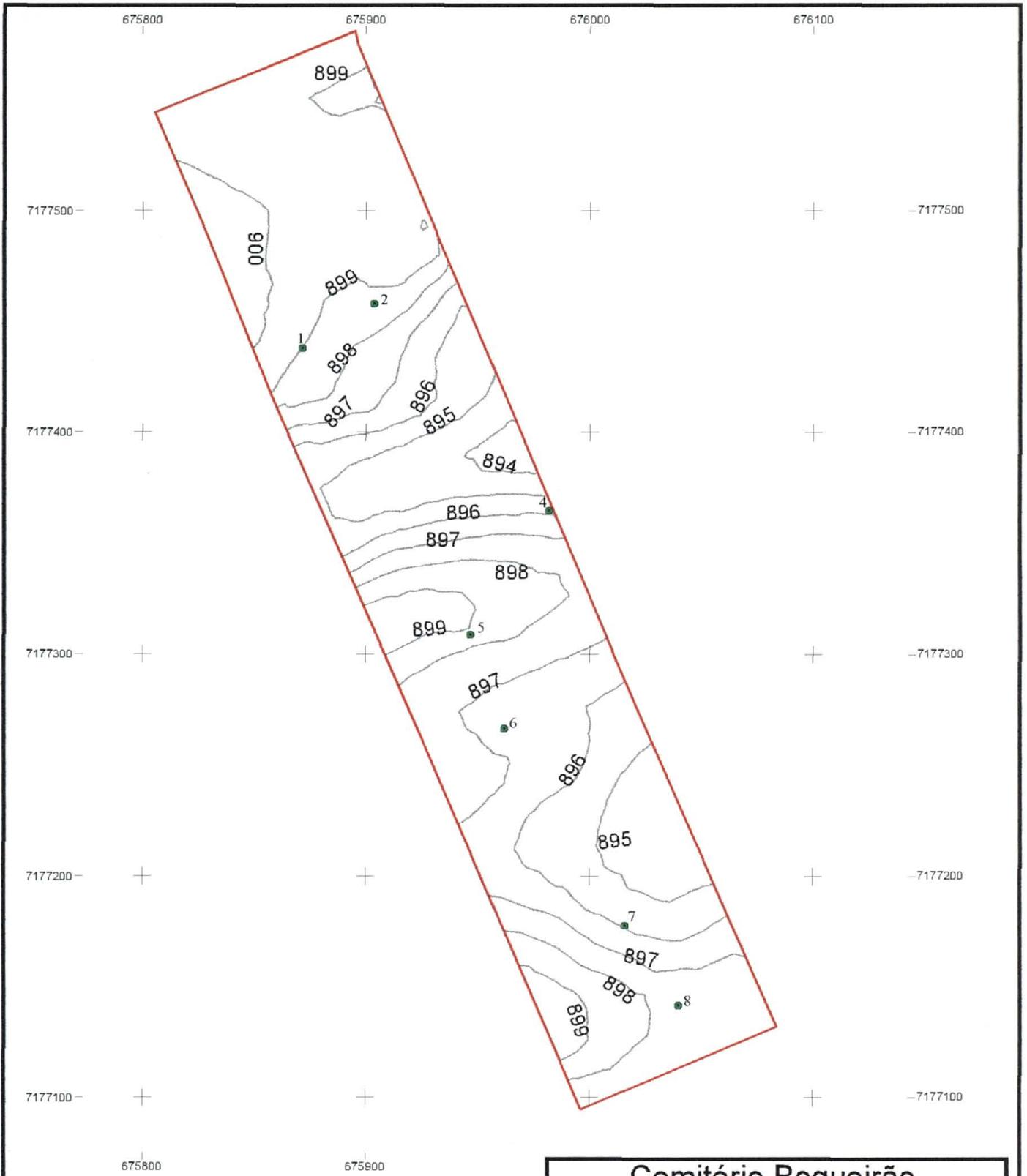
Anexo 2

- e) No interior do cemitério, na chamada zona de enterramento ou sepultamento, é aconselhável o plantio de espécies com raízes pivotantes, a fim de evitar invasões de jazigos, destruição do piso e túmulos ou danos às redes de água, de esgoto e drenagem.
- f) O perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, além de outros dispositivos (terraceamentos, taludamentos, etc.) destinados a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra.
- g) O subsolo deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-3} e 10^{-7} cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático (medido no fim da estação de cheias); ou até 10 m de profundidade, nos casos em que o lençol freático não for encontrado até este nível. Coeficientes de permeabilidade diferentes só devem ser aceitos, condicionados a estudos geológicos e hidrogeológicos, fundamentados em conjunto com a tecnologia de sepultamento empregada, os quais demonstrem existir uma condição equivalente de segurança, pela profundidade do lençol freático e pelo uso e importância das águas subterrâneas no local, bem como pelas condições de projeto.
- h) O nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos 1,5 m acima do mais alto nível do lençol freático (medido no fim da estação de cheias). Distâncias inferiores poderão vir a ser consideradas aceitáveis, condicionadas a estudos geológicos e hidrogeológicos fundamentados em conjunto com a tecnologia de sepultamento empregada, os quais demonstrem existir uma condição equivalente de segurança, por ser o subsolo extremamente favorável à atenuação dos poluentes, em função de sua granulometria, permeabilidade, umidade e condição de aeração, bem como pelas condições de projeto.
- i) Caso as condições naturais do terreno não permitam que as distâncias previstas no item anterior sejam obedecidas, o lençol freático deverá ser rebaixado artificialmente através da instalação de um sistema de drenagem subterrânea, convenientemente locado e implantado, tomando-se os devidos cuidados para que sua eficiência não seja comprometida ao longo do tempo.
- j) Resíduos sólidos relacionados à exumação dos corpos, tais como urnas e material descartável (luvas, sacos plásticos, etc.) deverão ter, preferencialmente, o mesmo tratamento dado aos resíduos sólidos gerados pelos serviços de saúde, de acordo com a legislação vigente (Resolução CONAMA nº 5, de 1993 e, no caso de incineração local, Norma CETESB E15.011). Se os resíduos sólidos forem enterrados no próprio cemitério, deverá ser usada unicamente a zona de sepultamento com recobrimento mínimo de 0,5 m de solo. Fica vetado o uso da faixa especificada no item 5.c, para tal finalidade.

Anexo 2

6. Condições específicas

- a) A implantação e a operação de cemitérios em Áreas de Proteção Ambiental (APAs) ou Áreas de Proteção de Mananciais (APMs) fica condicionada às exigências adicionais e/ou complementares às estabelecidas nesta Norma, em consonância com a legislação ambiental vigente e as especificações da Secretaria do Meio Ambiente e do CONAMA.
- b) Áreas com substrato rochoso extremamente vulnerável, tais como zonas de falhamentos, zonas catacladas, rochas calcárias ou calcossilicatadas intemperizadas ou com erosão subsuperficial (canais de dissolução, dolinas, cavernas, etc.) deverão ser previamente descartadas ou consideradas com restrições.
- c) Caso os estudos geológicos e hidrogeológicos efetuados em âmbito local demonstrem que o aquífero freático é potencialmente vulnerável a contaminações, o cemitério deverá ser provido de um sistema de poços de monitoramento, instalados em conformidade com a norma vigente (ABNT NBR13.895 - Construção de Poços de monitoramento e Amostragem). Desde que possível, é recomendável a instalação de alguns poços de monitoramento no entorno da área-objeto, estrategicamente localizados a montante e a jusante da área de sepultamento, com relação ao sentido de escoamento freático. Neste caso, os poços deverão ser amostrados e as águas subterrâneas analisadas, antes do início de operação do cemitério, para o estabelecimento da qualidade “em branco” do aquífero freático, de acordo com os padrões de potabilidade da Portaria nº 36, do Ministério da Saúde (1990). A cada trimestre, os poços deverão ser amostrados, em conformidade com a norma NBR13.895 e as amostras de água analisadas para os seguintes parâmetros : condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, dureza total, pH, cor aparente, cloretos, cromo total, ferro total, fosfato total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio nitrato, coliformes totais, coliformes fecais e bactérias heterotróficas . Caso ocorram indícios de contaminação, deverão ser analisados novamente os parâmetros de potabilidade estabelecidos na portaria nº 36 do Ministério da Saúde.

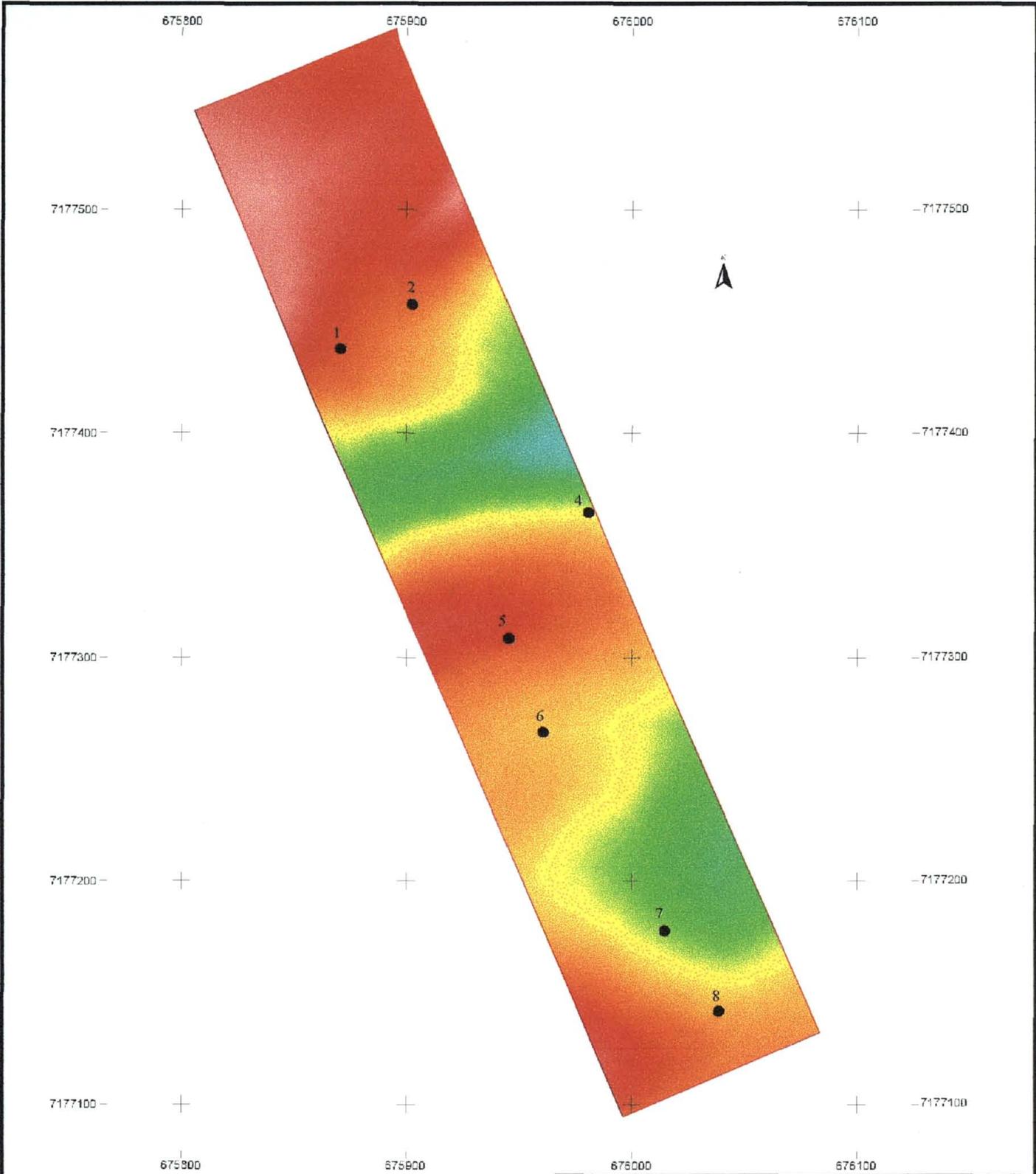


Cemitério Boqueirão
Carta Topográfica
Escala 1:2.500

Legenda

-  Perímetro do Cemitério
-  Curvas de nível
-  Pontos de coleta de solos

Coordenadas UTM fuso 22 sul
Datum Horizontal Corrego Alegre



Cemitério Boqueirão
Altimetria

Escala 1:2.500

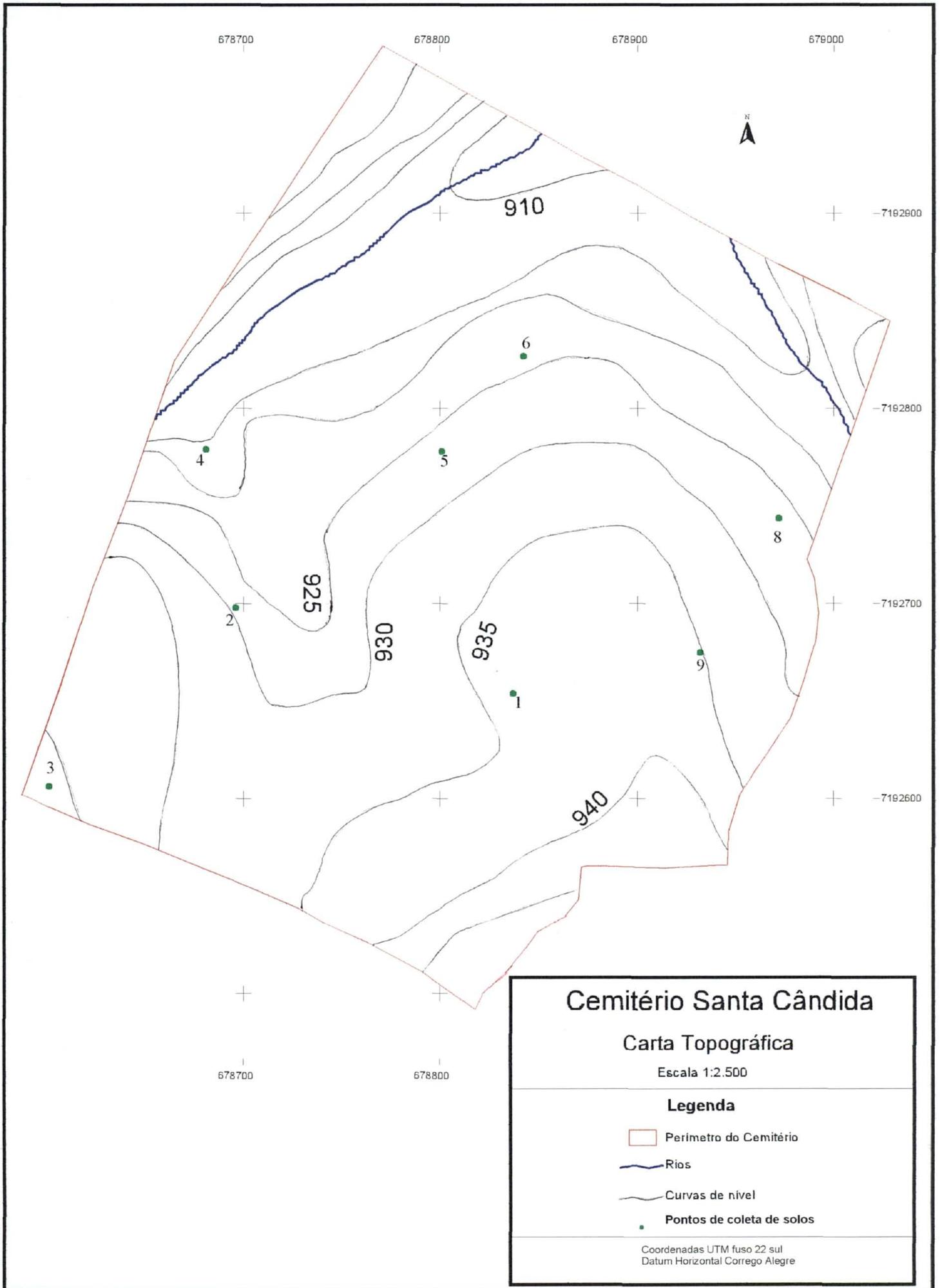
Legenda

- Pontos de coleta de solos

900 m

894 m

Coordenadas UTM fuso 22 sul
Datum Horizontal Corrego Alegre



Cemitério Santa Cândida

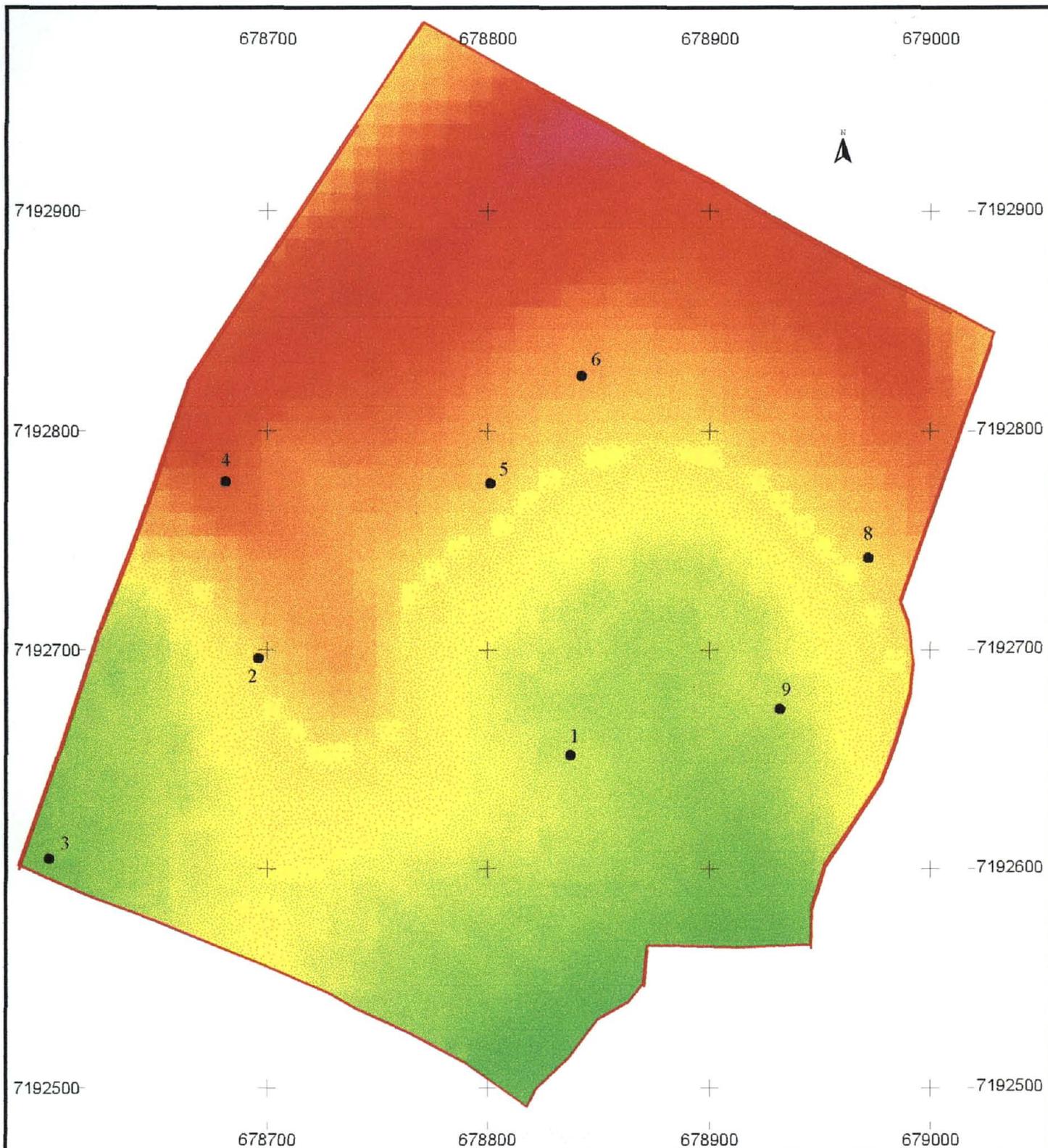
Carta Topográfica

Escala 1:2.500

Legenda

- Perímetro do Cemitério
- Rios
- Curvas de nível
- Pontos de coleta de solos

Coordenadas UTM fuso 22 sul
Datum Horizontal Corrego Alegre



Cemitério Santa Cândida
Altimetria
Escala 1:2.500

Legenda

- Pontos de coleta de solos

905 m

960 m

Coordenadas UTM fuso 22 sul
Datum Horizontal Corrego Alegre