

ESTUDO PRÉVIO DE VIABILIDADE HIDROGEOAMBIENTAL FACE À VULNERABILIDADE DO AMBIENTE SUBTERRÂNEO NA IMPLANTAÇÃO DE UM CEMITÉRIO EM ARAÇATUBA-SP

Zeide Nogueira Camargo Furtado¹; Marcelo Camargo Furtado²; Rodrigo Sillos Florentino Crespi³.

RESUMO

A instalação de qualquer atividade potencialmente contaminante, no conceito de sustentabilidade, requer uma avaliação prévia do risco e da abrangência dos impactos negativos que irá gerar para os meios físicos, biológicos, sociais e econômicos. Foram realizados estudos na área destinada à implantação do cemitério, com a utilização do método GOD os recursos hídricos subsuperficiais do local foram classificados como de vulnerabilidade Alta à contaminação. Portanto é necessário o monitoramento permanente da qualidade da água, através de poços de monitoramento e como medida preventiva recomenda-se proibir a captação das águas subterrânea no entorno do empreendimento.

ABSTRACT

The installation of any potentially contaminating activity, the concept of sustainability, requires a prior assessment of risk and the extent of negative impacts that will lead to physical, biological, social and economic. Studies were conducted in the area for the deployment of the cemetery, using the method GOD subsurface water resources of the site were classified as high vulnerability to contamination. So you need the permanent monitoring of water quality through monitoring wells and recommended as a preventive measure to prohibit the abstraction of groundwater around the enterprise.

PALAVRAS-CHAVE: cemitério, ambiente subterrâneo, vulnerabilidade, sustentabilidade.

¹ Graduada em Engenharia Civil pela EEL e Mestre em Engenharia Civil (Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) pela UNESP, Responsável pelo Departamento de Engenharia Ambiental da OESTE ENGENHARIA LTDA.; Rua Regente Feijó, nº415, Bairro Higienópolis, 16010-540, Araçatuba, São Paulo, Brasil; +55 18 3623 6540; zeide@oesteengenharia.com.br.

² Graduado em Engenharia Civil pela EEL, Diretor Técnico da OESTE ENGENHARIA LTDA.; Rua Regente Feijó, nº415, Bairro Higienópolis, 16010-540, Araçatuba, São Paulo, Brasil; +55 18 3623 6540; e-mail: marcelo@oesteengenharia.com.br.

³ Graduado em Agronomia pela UEMS, Responsável pelo Departamento de Geotecnologia e Tecnologia Ambiental da OESTE ENGENHARIA LTDA.; Rua Regente Feijó, nº415, Bairro Higienópolis, 16010-540, Araçatuba, São Paulo, Brasil; +55 18 3623 6540; rodrigo@oesteengenharia.com.br.

1 - INTRODUÇÃO

No aspecto ambiental o ambiente subterrâneo tem cada vez maior importância para avaliações e monitoramentos de atividades potencialmente contaminantes.

A localização e operação inadequada de cemitérios, fontes geradoras de impactos ambientais em meios urbanos, podem provocar a contaminação de mananciais hídricos por microrganismos que proliferam no processo de decomposição dos corpos. Quando o solo e águas freáticas são contaminados por compostos e ou microrganismos provenientes da decomposição de cadáveres em cemitérios, a pluma de contaminação pode atingir regiões do entorno da área e comprometer a qualidade das águas captadas através de poços rasos com riscos à saúde da população. Sendo assim os cemitérios são atividades potencialmente poluidoras, que propiciam a contaminação do solo e dos recursos hídricos subsuperficiais principalmente quando implantados em áreas classificadas como de extrema e alta vulnerabilidade.

Como forma preventiva, o estudo prévio de viabilidade hidrogeoambiental face à determinação da vulnerabilidade das águas subsuperficiais é uma importante ferramenta utilizada para orientação e também para tomada e decisão na construção de empreendimentos sustentáveis.

O resultado da avaliação da vulnerabilidade em escala local possibilita a adoção de medidas de controle de contaminação tais como a proibição ou restrição do uso do solo para a implantação das atividades potencialmente contaminantes e ou mesmo do uso dos recursos hídricos subsuperficiais para consumo humano.

Neste contexto, para a instalação de um novo cemitério no município de Araçatuba, foram realizados estudos de caracterização geológica e hidrogeológica local para a classificação da Vulnerabilidade à Contaminação dos Recursos Hídricos Subsuperficiais da área, possibilitando subsidiar medidas de prevenção e controle de contaminação e políticas públicas de restrições do uso da água subsuperficial em defesa de sua qualidade e da saúde da população do entorno.

2 - OBJETIVO

O objetivo principal do trabalho é evidenciar a importância da realização de estudo prévio de viabilidade hidrogeoambiental na implantação de cemitérios, face a

vulnerabilidade dos recursos hídricos subsuperficiais à contaminação, como ferramenta de proteção da qualidade desses recursos e da saúde humana.

3 - CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBSUPERFICIAIS POR NECROCHORUME

A contaminação das águas subterrâneas e os problemas gerados devido à existência destas podem ser originados a partir de uma enorme quantidade de tipos de fontes potenciais de contaminação. Uma fonte de contaminação é o local onde foi gerada a contaminação ou onde funciona ou funcionou uma atividade potencialmente poluidora. As principais fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas são: os lixões, cemitérios, postos de combustíveis, acidentes com substâncias tóxicas, atividades inadequadas de armazenamento de poluentes, manuseio inadequado e descarte de matérias primas, produtos, efluentes e resíduos, atividades minerárias que expõem o aquífero, sistemas de saneamento "in situ", vazamento das redes coletoras de esgotos, uso incorreto de agrotóxicos e fertilizantes, a irrigação que pode provocar problemas de salinização ou aumentar a lixiviação de contaminantes para a água subterrânea [1].

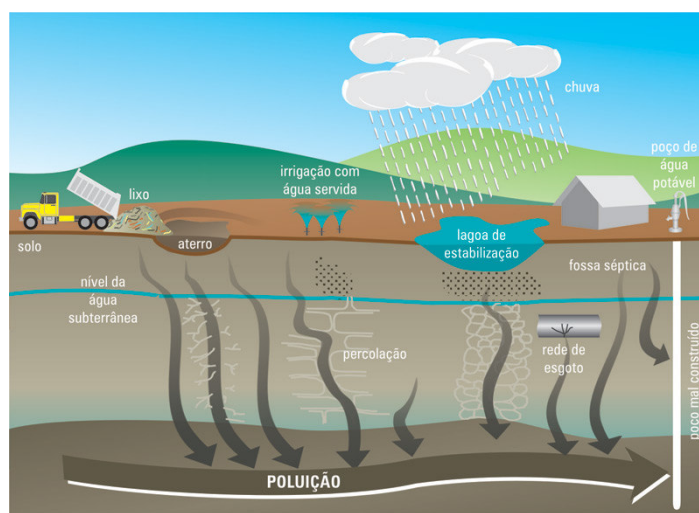


Figura 1. Processos de contaminação da água subterrânea pelo desenvolvimento das atividades urbanas [2].

As descargas e lixiviados provenientes de atividades humanas potencialmente contaminantes podem comprometer os aquíferos quando a carga de contaminantes exceder a capacidade natural de atenuação do subsolo e dos estratos que compõem a zona não saturada do aquífero. O maior perigo de contaminação se refere aos aquíferos altamente vulneráveis, isto é, os aquíferos não confinados, também denominados livre ou

freáticos, principalmente por apresentarem pequena espessura em sua zona não saturada e o nível freático ser pouco profundo. O maior risco de contaminação das águas subterrâneas ocorre nos locais onde estão instaladas atividades capazes de produzir carga contaminante elevada em área de extrema vulnerabilidade do aquífero [3].

A contaminação das águas subterrâneas pode gerar vários problemas, tais como:

- Comprometimento da qualidade dos recursos hídricos;
- Restrições ao uso do solo;
- Restrições ao uso das águas para o abastecimento humano;
- Danos ao patrimônio público e privado, com a desvalorização das propriedades;
- Danos à saúde humana.

O risco ou perigo de contaminação de aquíferos em qualquer localização pode ser determinado considerando a interação entre:

- os diferentes tipos de cargas contaminantes subsuperficiais; e
- a vulnerabilidade do aquífero à contaminação (que depende das características naturais dos estratos que o separam da superfície do terreno) [4].

Desta forma, se atividades que tem potencial para gerar uma carga contaminante elevada no subsolo ocorrerem em uma área de alta vulnerabilidade do aquífero, a qual está também dentro de uma zona de captura de uma fonte de abastecimento subterrâneo, existirá um sério perigo ou risco de causar a contaminação dessa fonte de abastecimento.

Os cemitérios são considerados atividades urbanas potencialmente contaminantes, pois através do necrochorume transportado pela água das chuvas infiltradas nas covas ou pelo contato dos corpos com a água subterrânea, podem provocar problemas hidrogeoambientais, ou seja, a contaminação do solo e das águas subsuperficiais, (lençóis freáticos). O necrochorume, líquido eliminado pelos corpos em putrefação, é composto por 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas, podendo conter também microorganismos patogênicos capazes de causar tétano, hepatite e infecções diversas, [5].

4 - ASPECTOS LEGAIS NA INSTALAÇÃO DE CEMITÉRIOS

No Brasil, a partir da implementação da Resolução 335 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 3 de abril de 2003, a atividade foi considerada potencialmente contaminante e, portanto, passível de licenciamento ambiental para sua instalação e operação. Sendo assim, os cemitérios construídos antes da publicação dessa

resolução devem ser adequados e os novos empreendimentos, devem ser licenciados de acordo com as exigências previstas em legislação e normas ambientais específicas sobre o assunto [6].

No Estado de São Paulo, a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, como órgão responsável pelo controle ambiental estadual, através da LI.040 de janeiro de 1999 Implantação de Cemitérios, enfatiza alguns aspectos principalmente com relação à condições específicas dos locais onde serão instalados cemitérios. Tais áreas se classificadas como extremamente vulneráveis deverão ser previamente descartadas. No caso de áreas onde os estudos geológicos e hidrogeológicos demonstrem que o aquífero freático é altamente vulnerável, condições especiais devem ser observadas, tais como a implantação de um sistema de poços de monitoramento de. As águas desses poços devem amostradas antes da implantação do cemitério, para estabelecimento de padrão de qualidade da área, após o início da operação do cemitério, e anualmente a cada trimestre, de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo órgão ambiental [7].

5 - ÁREA DE ESTUDO

A área definida para a implantação do cemitério localiza-se na área urbana do município de Araçatuba-SP, na Rua Conde Zeppelin s/n, à nordeste da cidade, distante aproximadamente 1500 metros do Córrego Baguaçu, em sua margem esquerda, defronte ao Residencial Jardim Universo como se pode verificar na Figura 2.

O local do empreendimento apresenta área total de 97.035,00 m² com as seguintes linhas limitantes: 447,00 na direção NW 41°53'58" SW (face confrontante com a Rua Conde Zeppelin); 221,30m na direção SW 48° 06' 02" NW (face confrontante com o Residencial "I"), 448,31m na direção SE 40°07'20" SE (face confrontante com a propriedade de Hermínia Barreto de Souza) e 206,26m na direção NE 51°09'19" SE (face confrontante com a propriedade de Antônio Campos Sales), detalhes da implantação do empreendimento estão explícitos na Figura 3.

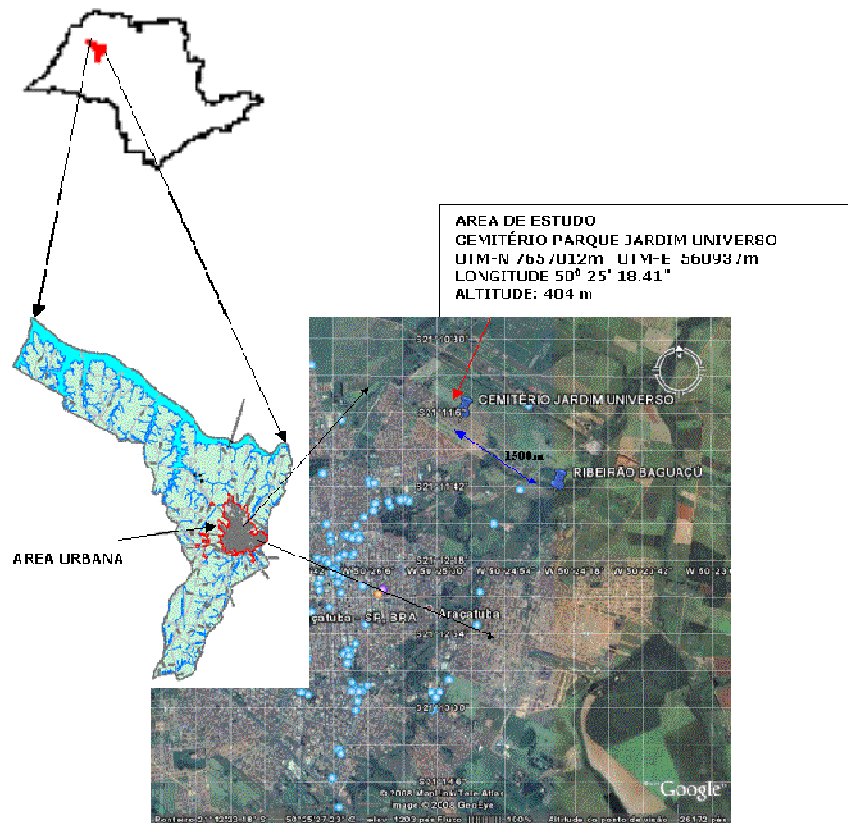


Figura 2. Localização da área de estudo no Estado e no Município.

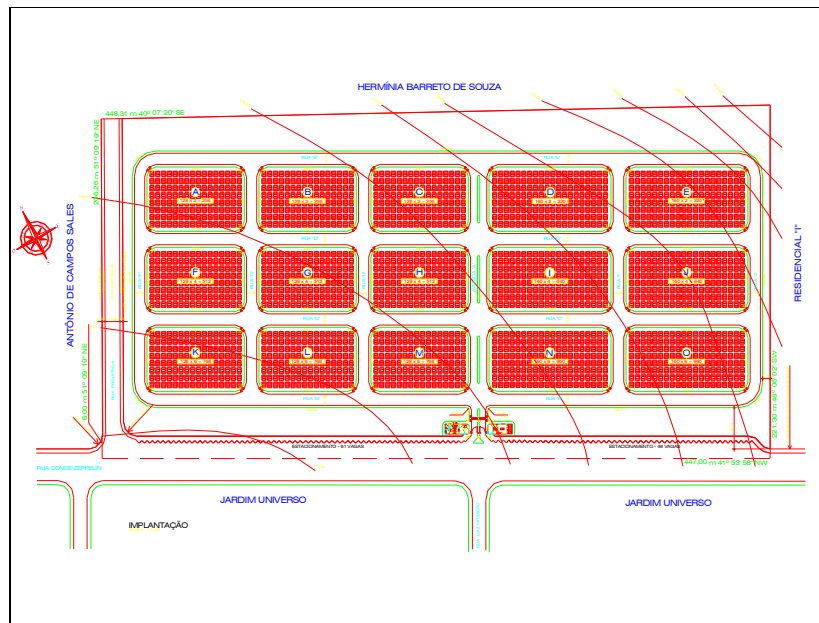


Figura 3. Implantação do empreendimento e limites.

O uso do entorno da área, num raio de 500m, é misto, sendo predominantemente residencial, com lotes de uso institucional, comercial e lotes não ocupados no restante da área [8], conforme ilustrado na Figura 4.

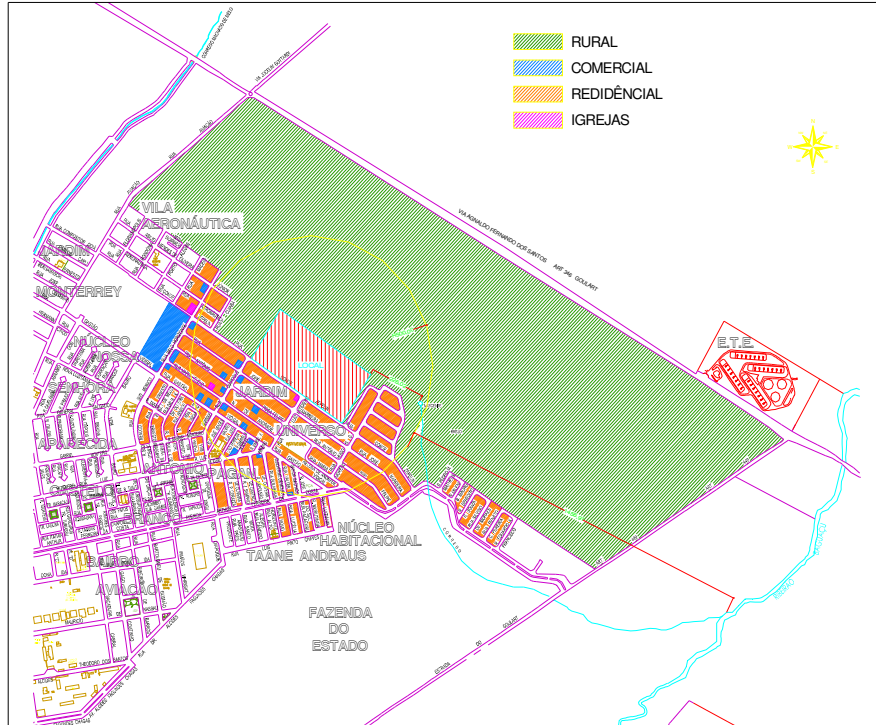


Figura 4. Mapa de uso e ocupação da área R=500m.

6 - METODOLOGIA

A caracterização da área foi obtida em duas etapas:

Primeira Etapa: constando de consulta dos seguintes documentos e análise das informações prévias:

- (1) Folha ARAÇATUBA do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em escala 1:50.000 –1967;
- (2) Levantamento Planialtimétrico da Prefeitura Municipal de Araçatuba, em escala 1:1000 e curvas de nível de metro em metro;
- (3) Publicações, artigos técnicos e mapas (geológico, geomorfológico, e de vulnerabilidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo) existentes;

Segunda Etapa: Levantamentos e Análises Complementares que envolveram atividades de campo, laboratório e tratamento e análise de dados em escritório, consistindo das seguintes tarefas:

(1) Levantamento de campo, consistindo de caminhamento na área e no entorno para uma caracterização preliminar regional e documentação fotográfica;

(2) Execução de 06 (seis) furos de sondagem de reconhecimento de solo com barrilete amostrador SPT (sondagens SP-1 a SP-6) para obtenção de valores de resistência à penetração; coleta de amostras para ensaios de laboratório, determinação do nível de água e instalação de indicadores de NA;

(3) Execução de 03 (três) furos de sondagens com trado concha manual com diâmetro de 4", na profundidade de 3 metros (cota de fundo das valas), junto aos furos SP-2, SP-4 e SP-6 para a realização de ensaio de campo visando a determinação do coeficiente de permeabilidade "in situ";

(4) Ensaios de Laboratório, consistindo de Análise Granulométrica dos solos presentes na área;

(5) Caracterização geológica e hidrogeológica da área;

(6) Avaliação da Vulnerabilidade à Contaminação dos Recursos Hídricos Subsuperficiais;

(9) Elaboração de Mapa Potenciométrico, Definição do Sentido do Fluxo das Águas;

(10) Definição da quantidade e localização de poços de monitoramento;

(11) Determinação dos parâmetros e período de amostragens das águas subterrâneas.

7 - RESULTADOS

7.1 - Caracterização Geológica

7.1.1 - Geomorfologia Local

O local do empreendimento apresenta relevo composto de colinas médias a amplas suavemente onduladas a aplainadas, com declividade dos terrenos inferior a 5% e cotas locais variando entre 400 m (na parte mais alta da área) e 390m (nas parcelas mais baixas da área).

7.1.2 - Geologia Local

O Grupo Bauru apresenta na região ocorrências das formações Adamantina e Santo Anastácio nas quais predominam arenitos finos com pouca argila (menos de 20%) estratificação plano-paralela e fraca cimentação. Dentre essas unidades litoestratigráficas, apenas a Formação Adamantina ocorre na área em estudo.

Nos furos de sondagem à percussão efetuados na área pôde-se verificar que a espessura da camada de solo de alteração é pouco variável com a posição no relevo. O solo de alteração é predominantemente arenoso fino com cor castanho avermelhada. Nas porções inferiores do perfil (profundidades maiores que 8 m), esta camada costuma apresentar-se mais argilosa. Os horizontes mais profundos do perfil de alteração apresentam solos residuais de arenito, de textura areno-argilosa e coloração cinza. A análise das sondagens no local permite esquematizar da seguinte forma a distribuição das camadas no local:

Solo laterítico arenoso fino com cor castanho avermelhada espessura da ordem de 8 m.

Solo laterítico areno-argiloso fino cor castanho avermelhada espessura da ordem de 5 m.

Solo residual de arenito, de textura areno-argilosa, cor cinza espessura da ordem de 3 m.

A distribuição espacial esquemática das camadas de solo na área pode ser observada na Figura 5.

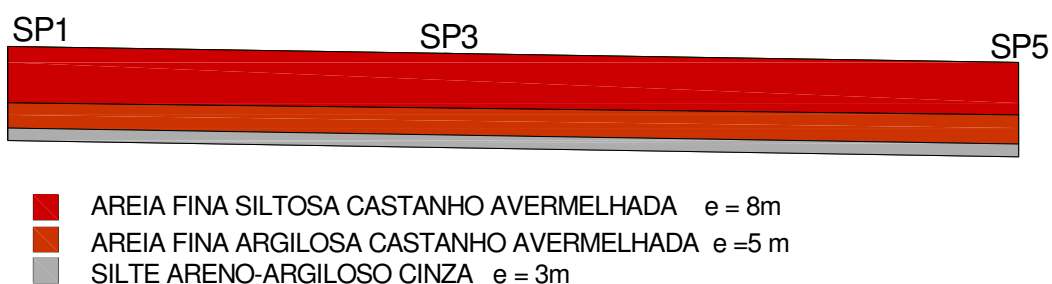


Figura 5. Perfil longitudinal do subsolo da área (SP-1 a SP-3 a SP-5).

7.1.3 - Caracterização dos Solos

A caracterização dos tipos de solo presentes na área foi feita com base em ensaios de granulometria completa (com peneiramento e sedimentação) e ensaios de permeabilidade a carga variável. Foram analisadas seis amostras de diferentes furos de sondagem representativas dos tipos de solos que ocorrem na área estudada. As camadas de solo presentes na área podem ser assim descritas:

Solo Arenoso Fino Castanho Avermelhado: com espessura média da ordem de 13 metros, é a unidade de solo mais comum na área, com um intervalo superior mais arenoso (profundidade média de 8,00m) e um intervalo inferior com maior teor de argila (profundidade de 8 a 13 m).

Em sua porção superior (profundidade média de 8,00m) tal solo apresenta textura arenosa (61% de areia, 21% de silte e 8% de argila), e coeficiente de permeabilidade médio de $6,8 \cdot 10^{-4}$ cm/s. Na porção inferior (profundidade de 8 a 13 m) tal solo apresenta textura mais argilosa (43% de areia, 15% de silte e 42% de argila) e coeficiente de permeabilidade médio de $5,30 \cdot 10^{-5}$ cm/s.

Solo Areno-Argiloso Fino Cinza: com espessura média da ordem de 3,0m e esta unidade apresenta percentagem expressiva de areia fina em sua distribuição granulométrica (58% de areia, 18% de silte e 24% de argila), e um coeficiente de permeabilidade que é função de sua textura mais grosseira de $3,5 \cdot 10^{-4}$ cm/s.

7.2 - Caracterização Hidrogeológica

Na região do estudo, afloram sedimentos do Grupo Bauru, que apresenta solos de textura predominantemente arenosa, de cores castanhas a cinza, formadas a partir da alteração dos arenitos da Formação Adamantina, que faz contato direto, na sua base com os basaltos da formação Serra Geral. Os sedimentos do Grupo Bauru constituem um sistema aquífero livre na região por toda a sua extensão. O topo das formações na região é o relevo local e suas bases se situam em profundidades entre 120 e 150m, com o nível d'água geralmente na faixa dos 20m de profundidade [9]. A Figura 6 ilustra o Sistema Aquífero Bauru.

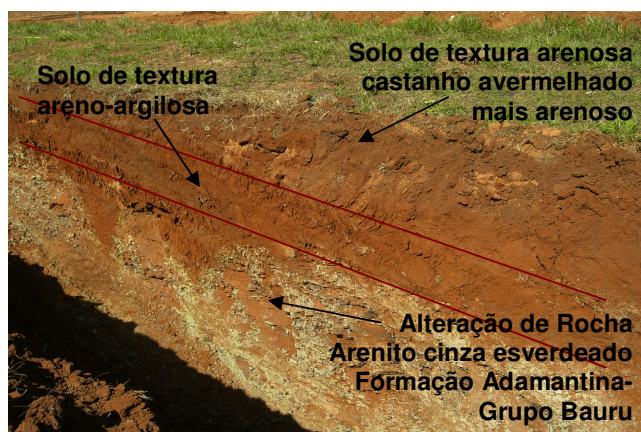


Figura 6. Sistema Aquífero Bauru (Fonte Oeste Engenharia)

A Formação Serra Geral, localizada em camadas inferiores aos arenitos do Grupo Bauru, é constituída por derrames basálticos e intrusões diabásicas que originaram rochas bastante impermeáveis e não constituem camadas aquíferas. Somente ao longo de falhas e fraturas das rochas e intercalação com rochas mais permeáveis é que possibilita a produção de águas subterrâneas. Os basaltos afloram numa extensão de cerca de 20.000 km², estendendo-se por toda a região Oeste e Central do Estado, como pode ser observado na Figura 7. Sua espessura varia desde poucos metros, aumentando para Oeste, até 1000 metros. A recarga para este aquífero se dá através da precipitação pluvial sobre os solos basálticos, que vão atingir as regiões fissuradas da rocha matriz. Ocorre também um grande intercâmbio de água com o aquífero Bauru (localizado acima), Figura 6, e também com o aquífero inferior, constituído pelos arenitos Botucatu e Pirambóia (Aquífero guarani) As principais saídas de drenagem desse aquífero de basalto são os rios. A Figura 8 mostra a distribuição espacial das formações aquíferas na região do empreendimento.



Figura 7. Afloramento de Basalto -Sistema Aquífero Serra Geral (Fonte Oeste Engenharia).

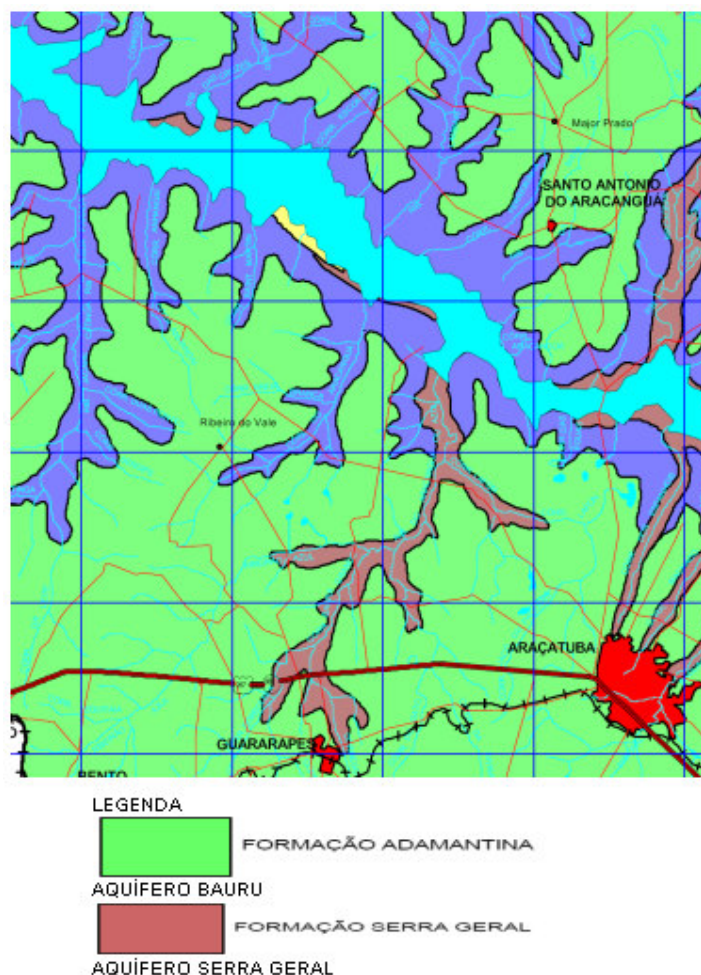


Figura 8. Distribuição Espacial das Formações Aquíferas da região.

Para caracterizar as condições de ocorrência e circulação de água no subsolo local, além dos ensaios granulometria e permeabilidade, foram utilizados dados de seis (06) furos de sondagens à percussão realizados na área. Para a definição da profundidade do lençol freático (NA) foram instalados INA(s) Indicadores de Nível d'Água nos furos de sondagens, os quais forneceram as leituras em 15/03/2008, apresentadas na Tabela 1. Os valores obtidos do NA ao fim estação chuvosa foram tomados como os níveis mais elevados para a estimativa da vulnerabilidade da área.

Sondagem	COTA ALTIMÉTRICA	NA leitura 15/03/2008	CARGA HIDRÁULICA	LIMITE Impenetrável
01	403,15	9,00	394.15	15,45m
02	401,95	8,90	393.05	15,30m
03	401,81	8,75	393.06	15,30m
04	400,75	8,53	392.22	15,30m
05	399,08	8,58	390.5	15,20m
06	398,02	8,34	389.68	15,45m

Tabela 1. Resultados das Sondagens efetuadas na área.

7.3 - Classificação da Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Subsuperficiais à Contaminação

7.3.1 - Conceitos e princípios

A vulnerabilidade natural de um aquífero à contaminação está relacionada às características dos estratos que separam a zona saturada do aquífero da superfície do solo, quando uma carga contaminante é aplicada na superfície do solo [10].

A expressão vulnerabilidade começou a ser usada a partir da década de 70 na França e indicava o grau de suscetibilidade de um aquífero de ser afetado por uma carga de contaminantes [11].

Sendo assim, podemos ter em uma determinada região uma elevada vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas, mas nenhum perigo de contaminação caso não existir nenhum tipo de atividade potencialmente contaminante instalada no local e vice-versa [3].

Existem diferentes métodos para a avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos [12], como por exemplo:

- Modelos analógicos - método que utiliza parâmetros chave, aplicando expressões matemáticas que resultam nos índices de vulnerabilidade [13].
- Sistema paramétrico - método que utiliza parâmetros indicativos de vulnerabilidade natural, atribuindo valores numéricos e integrando-os para gerar o índice de vulnerabilidade. Utilizam esse sistema os métodos: de Haertle (1983); Drastic (1987); o GOD de Foster (2002), [3] [14] [15].

7.3.2 - Classificação da área quanto à Vulnerabilidade

Para avaliar a vulnerabilidade da área de estudo foi utilizado o Método GOD [3]. O método, um sistema paramétrico utiliza dois fatores hidrogeológicos básicos que controlam a vulnerabilidade à contaminação de aquíferos. Esses fatores dependem da combinação de alguns parâmetros facilmente determinados, cujas iniciais na língua inglesa dão o nome ao método:

G: groundwater hydraulic confinement - Grau de confinamento hidráulico;

O: Overlaying strata - Ocorrência de estratos geológicos e grau de consolidação da zona não saturada ou camadas confinadas e,

D: Depth groundwater table - Distância da água como profundidade do nível d'água em aquíferos não confinados ou a profundidade até a superfície dos aquíferos confinados, os fatores estão ilustrados na Figura 9.

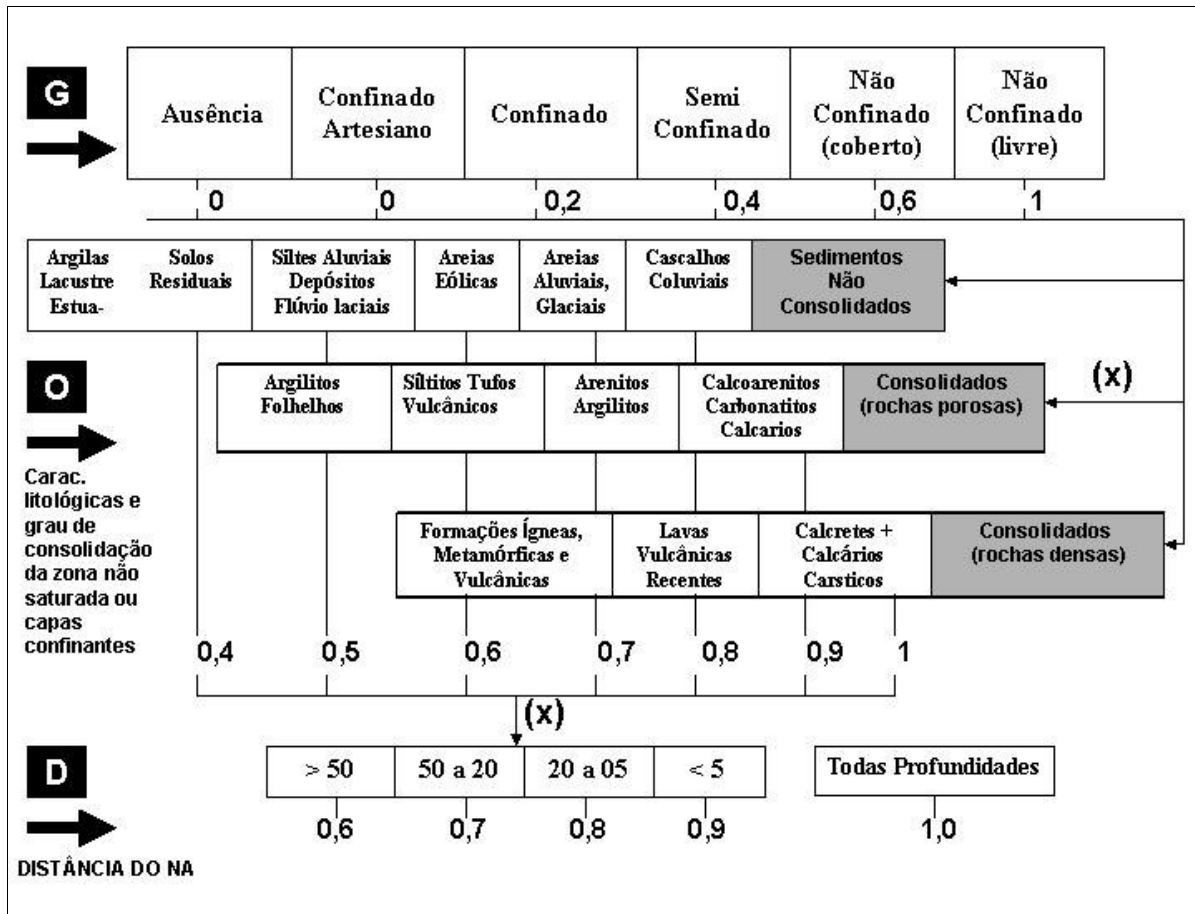


Figura 9. Esquema de Integração de dados GOD.

A integração desses atributos tem como resultado final o Índice de Vulnerabilidade Integrado GOD que é o produto dos índices obtidos em cada uma das fases G, O e D, variando em uma escala de 0,00 a 1,00 (Figura 10) possibilitando classificar a área de estudo quanto à vulnerabilidade.

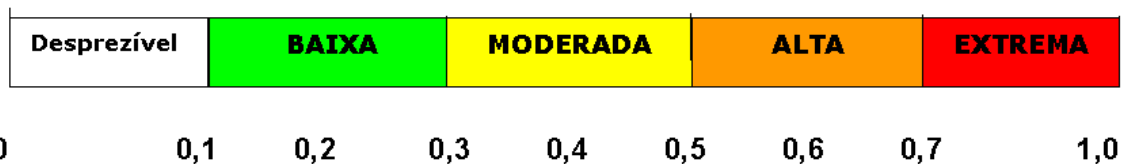


Figura 10. Índice de vulnerabilidade natural à contaminação de aquíferos e classes de vulnerabilidade.

Desta forma o Índice Integrado de Vulnerabilidade GOD para a área de estudo foi gerado considerando os seguintes dados obtidos no estudo do local:

Índice G: Grau de Confinamento do Aquífero -Aquífero Não Confinado: Valor 1.

Índice O: Litologia da zona não saturada - Areias: Valor: 0,8.

Índice D: Profundidade do lençol freático - 5 a 20 m: Valor: 0,8; conforme demonstrado na Tabela 2 e esquematizado na Figura 11, permitindo classificar o aquífero local quanto à vulnerabilidade.

ID	COORD. GEOGRAFICAS		NA m	INDICE G	INDICE O	INDICE D	INDICE GOD	CLASSE
	Lat.(E)km	Long.(N)km						
SP1	558015	7654384	9,00	1,00	0,80	0,80	0,64	ALTA
SP2	558154	7654782	8,89	1,00	0,80	0,80	0,64	ALTA
SP3	558417	7654680	8,75	1,00	0,80	0,80	0,64	ALTA
SP4	558409	7654427	8,53	1,00	0,80	0,80	0,64	ALTA
SP5	558037	7654959	8,58	1,00	0,80	0,80	0,64	ALTA
SP6	558174	7654976	8,35	1,00	0,80	0,80	0,64	ALTA

Tabela 2. Tabela de dados GOD - Geração e Integração de dados.

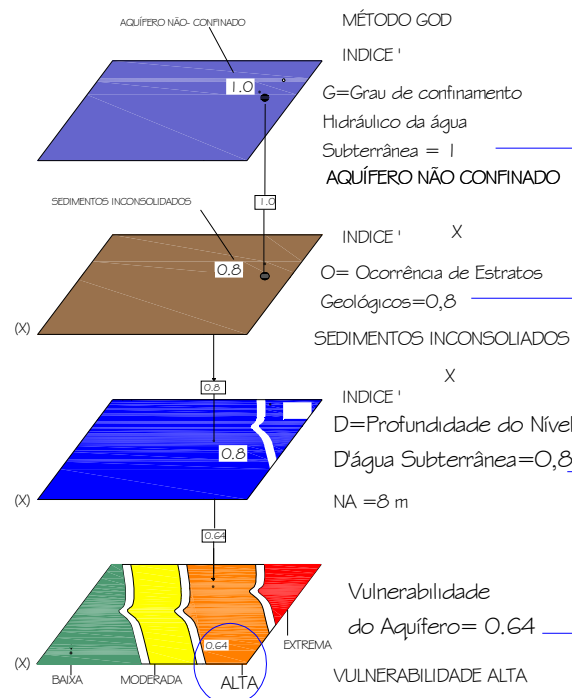


Figura 11. Esquema de Integração de dados GOD.

O valor (0,64) obtido para o Índice de Vulnerabilidade permite classificar o aquífero local como de Vulnerabilidade Alta.

Com base nos dados obtidos foi possível gerar um Mapa de Vulnerabilidade, ilustrado na Figura 12.

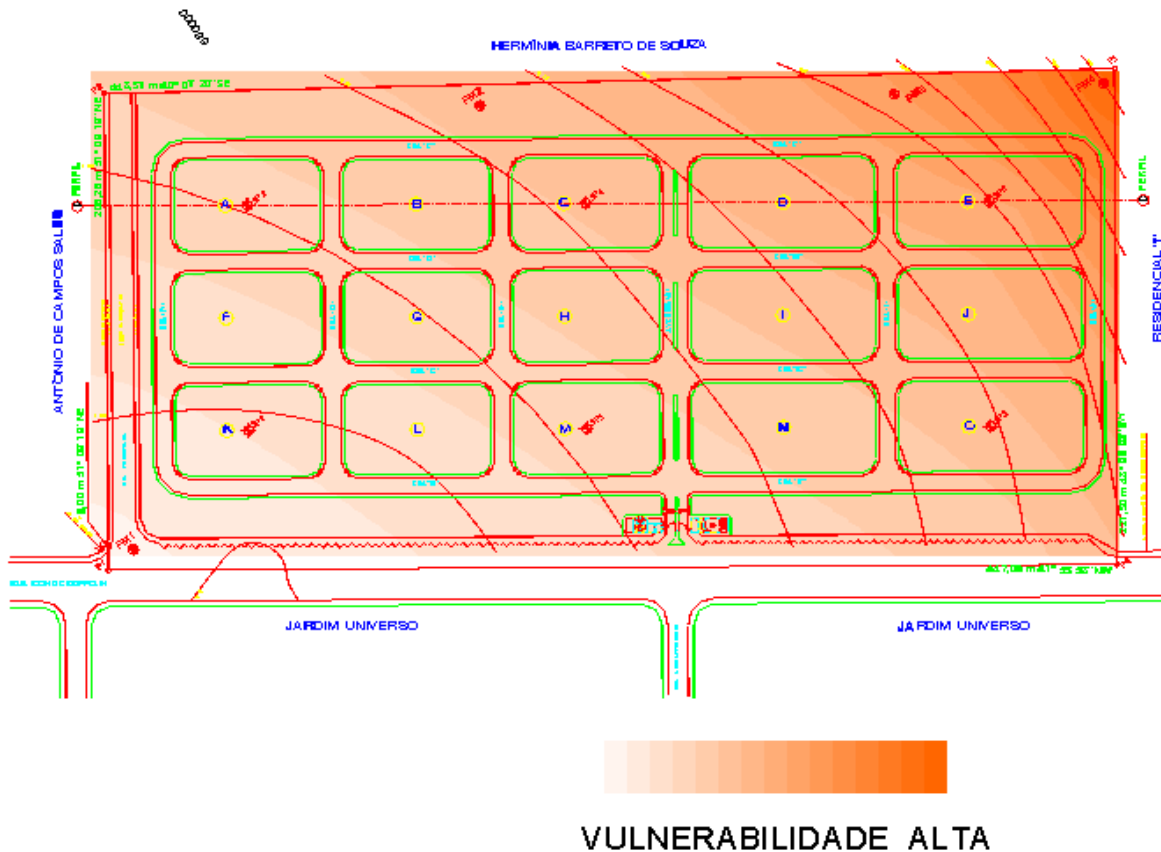


Figura 12. Mapa de Vulnerabilidade sem escala.

7.4 Mapa Potenciométrico

Conforme especificado na LI-040, (item 6 linha C), para aquíferos de Vulnerabilidade Alta, é necessário a instalação de Poços de Monitoramento para o controle da qualidade da água do aquífero local, como medida de prevenção e controle [7].

Desta forma é necessário a definição do sentido do fluxo das águas subterrâneas para a localização desses poços. Portanto, com base na planta planialtimétrica e dados hidrogeológico levantados foi possível elaborar o Mapa Potenciométrico da área de estudo e definir o fluxo das águas subterrâneas no local em função de cotas referenciadas.

O fluxo da água subterrânea ocorre de SW para NE com gradiente hidráulico da ordem de 2%. Neste mapa são registrados também os locais nos quais se sugere a instalação de poços de monitoramento (interceptando o fluxo da água subterrânea), e está previsto a instalação de (04) quatro poços de monitoramento, sendo um poço à montante (PM-1) da área de implantação das carneiras, e três poços a jusante (PM-2, PM-3, PM-4) das mesmas, como mostra a Figura 11.

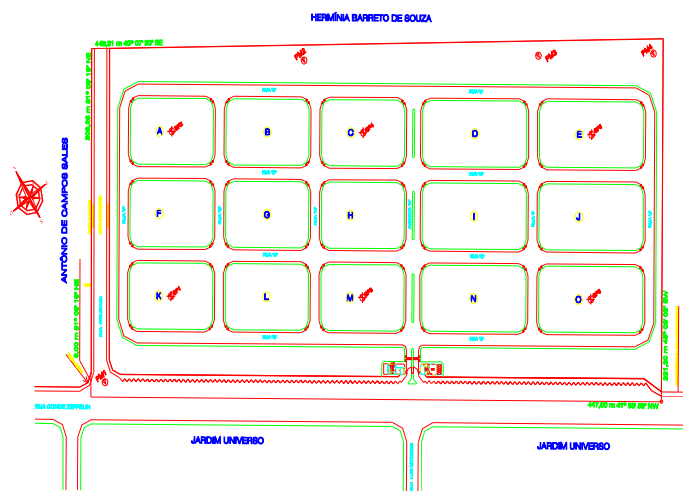


Figura 11. Localização dos poços de monitoramento e pontos de sondagens

7.5 Análise das Superfícies Planialtimétricas e Potenciométricas

Observa-se na análise das superfícies, planialtimétrica e potenciométrica (Figura 12), que as curvas de níveis potenciométricos apresentam-se paralelas às curvas de níveis topográficas, isto é, com uma configuração nitidamente associada à morfologia dos terrenos, característica do Aquífero Bauru (não confinado, sedimentar, porosidade granular).

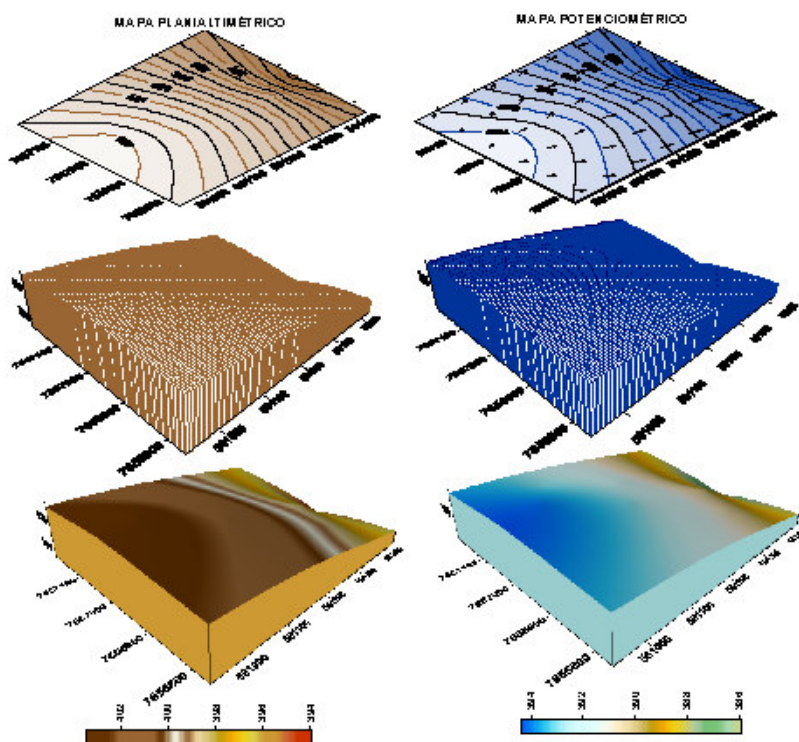


Figura 12. Superfície Planialtimétrica e Superfície Potenciométrica

8 - CONCLUSÕES

De acordo com os estudos realizados, as condicionantes geológicas e hidrogeológicas do local, apresentam perfis de subsolo compostos por sedimentos arenosos inconsolidados da Formação Adamantina, Grupo Bauru com a ocorrência do lençol freático na profundidade média da ordem de 8,0 metros (espessura da zona não saturada), constituindo portanto um sistema aquífero não confinado, cuja vulnerabilidade é alta à contaminação quando exposto a uma carga contaminante, no caso o necrochorume.

Tal condição indica que para a viabilidade de implantação de um cemitério no local, a área deverá ser provida de um sistema de monitoramento das águas subsuperficiais, composto por poços de monitoramento, como medida de controle e prevenção à contaminação dos recursos hídricos subsuperficiais. Essas águas deverão ser amostradas e analisadas de acordo com a legislação vigente antes do início da operação do cemitério (branco de campo do aquífero freático), e após o início de operação do empreendimento a cada trimestre.

O estudo prévio de viabilidade hidrogeoambiental realizado face à vulnerabilidade do recurso hídrico subsuperficial pode ser considerado como uma ferramenta:

- decisiva no sentido de definir locais ambientalmente apropriados para instalação de fontes potenciais de contaminação, tais como, cemitérios e loteamentos, postos de combustíveis, lava a jato, oficinas mecânicas, depósitos de fontes potenciais de contaminação (ferros-velhos, sucatas, etc.).
- imprescindível para o licenciamento ambiental de uma atividade potencialmente contaminante;
- preventiva na proteção da qualidade dos recursos hídricos subsuperficiais com vistas à saúde humana, à vida aquática e a qualidade do meio ambiente subterrâneo;
- importante para a conquista da sustentabilidade do uso da área.

Recomenda-se, como medida preventiva quando da instalação do empreendimento, a delimitação de uma zona de restrição de uso dos recursos hídricos subsuperficiais pelo poder público municipal, proibindo a captação em poços rasos como solução alternativa para o abastecimento da população do entorno, uma vez que a região é atendida pela rede pública de água,

Sendo assim, se seguidas às medidas de prevenção e controle recomendadas, a área pode ser considerada adequada a receber o empreendimento em questão.

9 - REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente; Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas; São Paulo, 2004.
- [2] CEPIS - Centro Pan-americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Meio Ambiente; Sistema Aquífero Guarani; Disponível em: http://www.sg-guarani.org/microsite/pages/pt/info_aguas.php; Acesso em: 1 de agosto de 2007.
- [3] FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R.C.A.; GOMES, D.; D'ELIA, M. PARIS, M. Groundwater quality protection: a guide for water utilities, municipal authorities and environment agencies. Washington: The World Bank. 2002.
- [4] FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R.C.A. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. Lima: World Health Organization, Pan American Health Organization, Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences. 1988.
- [5] SILVA, L.M.; Cemitérios: Fonte Potencial de Contaminação do Lençol Freático. Pesquisa – Universidade São Judas Tadeu / Faculdade de Tecnologia e Ciência Exatas - São Paulo, 2000
- [6] CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente; Licenciamento Ambiental de Cemitérios; Resoluções Nº 402, Nº 368 e Nº 335; Brasília, 2003.
- [7] CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente; LI.040, Implantação de Cemitérios; São Paulo, 1999.
- [8] PLANO DIRETOR – Câmara Municipal de Araçatuba: Leis Especiais e Códigos: Plano Diretor: Lei Complementar 186 Sancionada em 06 de outubro de 2006; Mapas; Disponível em: <http://www.camaraaracatuba.sp.gov.br/>; Acesso em: 05 de janeiro de 2009.
- [9] FERNANDEZ, L.A.; COIMBRA, A.M.; A cobertura cretácea suprabasáltica no Estado do Paraná e Pontal do Paranapanema (SP: os grupos Bauru e Caiuá. São Paulo: SBG, 1992. v.2,p. 506-508. (Boletim de Resumos Expandidos). Fernandes; Coimbra (1992).
- [10] FOSTER, S.; VENTURA, M.; HIRATA, R. Contaminacion de las aguas subterranas: un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y el Caribe en relación con el suministro de agua potable. Lima: OMS; OPS-HPE; CEPIS. 1987.

- [11] ALBINET, M.; MARGAT, J. Cartographie de la vulnérabilité a la pollution des nappes d'eau souterraine. 2^a. ed. v.3. n^o4. Bulletin: BMGM ZME, pp13-22. 1970.
- [12] FURTADO, Z.N.F., et al. Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Subsuperficiais na área Urbana Central do Município de Araçatuba-SP. 136 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, Universidade Estadual de São Paulo, Ilha Solteira, 2008.
- [13] MONKHOUSE, R. A. Vulnerability of aquifers and groundwater quality in the United Kingdom. Nottingham: Institute of Geological Sciences Report. 1983
- [14] HEARTLE, A. Toxic organic chemicals: destrution and waste treatment. V.1. Poll Tech Review, pp. 40-317. 1983.
- [15] ALLER, L.; BENNETT, T.; LEHR, J.H.; PETTY, R.J.; HACKETT, G. DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution potencial using hydrogeologic settings. Washington: Environmental Protection Agency Report 600/2-87-035, 1987