

Paranaguá, 04 de junho de 2014

OF.675/2014

À

**Companhia de Água e Esgoto de Paranaguá - CAGEPAR**

**Sr. Cláudio Glock de Souza**

**Diretor Presidente**

**Ref.: Estudos Cavas do Imbocuí**

Senhor Diretor Presidente,

Conforme entendimentos mantidos sobre a retomada do processo de utilização das cavas do Embocuí, encaminha-se em anexo estudo hidrogeológico revisado em atendimento ao Of. 350/2011-SEMMA.

A CAB Águas de Paranaguá S/A se coloca à inteira disposição de V.Sa. para quaisquer esclarecimentos adicionais que, porventura, se façam necessários.

Atenciosamente,

  
**CAB Águas de Paranaguá S/A**

**Sérgio Roberto Bovo Junior**

**Gerente Geral**



*Via. Água e Esgoto de Pguá.*  
**Luciano César Dias Salmor**  
Diretor Técnico  
CRO 09402764

ACORDAÇÃO Nº 12.123/2018

ELABORAÇÃO:



# ornazzari

## CURITIBA, 1997. 112 p.

NOVEMBRO DE 2011

## SUMÁRIO

1.1 FINALIDADE DO ESTUDO .....	8
1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO À ÁREA .....	8
<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
1.3 BASES TEMÁTICAS .....	10
1.4 SONDAGENS .....	11
1.5 ENSAIOS .....	14
<b>RESULTADOS DAS SONDAGENS E ENSAIOS.....</b>	<b>16</b>
1.6 POÇOS DE OBSERVAÇÃO .....	16
1.7 SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS.....	19
1.8 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DO SOLO .....	20
1.9 ENSAIO DE BOMBEAMENTO DA CAVA.....	20
<b>CARACTERIZAÇÃO FISIOGRAFICA.....</b>	<b>21</b>
1.10 GEOMORFOLOGIA .....	21
1.11 HIDROGRAFIA .....	24
1.12 SOLOS.....	25
1.13 VEGETAÇÃO .....	25
<b>CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E HIDROLÓGICA .....</b>	<b>26</b>
1.14 CLIMA .....	26
1.15 PRECIPITAÇÃO.....	28
1.16 TEMPERATURA .....	28
1.17 INSOLAÇÃO .....	29
1.18 UMIDADE RELATIVA .....	30
1.19 VENTOS .....	31
1.20 BALANÇO HÍDRICO .....	31
<b>CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E HIDROGEOLOGICA REGIONAL .....</b>	<b>37</b>
1.21 GEOLOGIA REGIONAL .....	37
1.22 HIDROGEOLOGIA REGIONAL .....	43
1.22.1 Influência da maré e a potenciometria do aquífero .....	44
1.22.2 Qualidade da água.....	45
<b>CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLOGICA DA CAVA.....</b>	<b>47</b>
1.23 ENSAIO DE BOMBEAMENTO.....	47



1.24 CÁLCULO DA VAZÃO .....	50
1.24.1 Vazão Máxima Possível.....	51
1.24.2 Cálculo da Vazão de Exploração .....	52
1.24.3 Hidroquímica.....	53
1.25 VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO .....	56
1.26 RISCO DE CONTAMINAÇÃO.....	58
1.27 MEDIDAS CORRETIVAS E PREVENTIVAS .....	60
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>66</b>
1.28 BOLETINS DE ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS .....	67
1.29 PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DA PLUVIOMETRIA.....	68
1.30 LAUDOS DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	69
1.31 LAUDOS DE ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS .....	70
1.32 GRÁFICOS DA EVOLUÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA .....	71
1.33 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART .....	72

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA .....	9
FIGURA 2- ILUSTRAÇÃO DO MÉTODO SCHLUMBERGER.....	13
FIGURA 3 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE OBSERVAÇÃO .....	18
FIGURA 4 - DIVISÃO GEOMORFOLÓGICA DA REGIÃO LESTE DO ESTADO DO PARANÁ .....	21
FIGURA 5 - FIGURA TRIDIMENSIONAL COM SOBREPOSIÇÃO DE IMAGEM DE SATÉLITE MOSTRANDO A DIVISÃO GEOMORFOLÓGICA DA REGIÃO LESTE DO ESTADO DO PARANÁ.....	22
FIGURA 6 - MAPA DO CLIMA DO PARANÁ (IAPAR, 1994) .....	27
FIGURA 7 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (1974 A 2004).....	28
FIGURA 8– TEMPERATURA MÉDIA MENSAL (1974 A 2004) .....	29
FIGURA 9 – INSOLAÇÃO MÉDIA MENSAL (1978 A 1999) .....	30
FIGURA 10 – UMIDADE RELATIVA DO AR (1974 A 2004) .....	30
FIGURA 11 – VELOCIDADE DO VENTO (1974 A 2004) .....	31



FIGURA 12 – MAPA GEOLÓGICO .....	42
FIGURA 13 – MAPA POTENCIOMÉTRICO.....	45
FIGURA 14 – SUPERFÍCIE POTENCIOMETRICA DA ÁREA (NÍVEL ESTÁTICO).....	49
FIGURA 15 – SUPERFÍCIE POTENCIOMETRICA DA ÁREA NO FINAL DO TESTE DE BOMBEAMENTO NA CAVA. ....	49
FIGURA 16 – DIAGRAMA DE PIPER .....	56
FIGURA 17 - DETERMINAÇÃO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE DE UM AQÜÍFERO .....	57
FIGURA 18 - VULNERABILIDADE NATURAL DO AQÜÍFERO.....	59

### LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TABELA POÇOS DE OBSERVAÇÃO .....	17
TABELA 2 – INTERPRETAÇÃO DAS SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS ..	19
TABELA 3 – EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (MM).....	34
TABELA 4 – BALANÇO HÍDRICO .....	35
TABELA 5 – EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL (MM) .....	36
TABELA 6 – BIGARELLA (1946 E 1965).....	37
TABELA 7 – TIPOS LITOLÓGICOS CARACTERÍSTICOS DO EMBASAMENTO CRISTALINO NO BLOCO COSTEIRO (MINEROPAR, 1989) .....	38
TABELA 8 – TIPOS LITOLÓGICOS CARACTERÍSTICOS DA COBERTURA SEDIMENTAR CENOZÓICA DA PLANÍCIE COSTEIRA DO ESTADO DO PARANÁ (RIVERAU ET AL. 1969).....	39
TABELA 9 – PLANILHA DE COTAS DOS POÇOS .....	48
TABELA 10 – PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	53
TABELA 11 – RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS	55

### LISTA DE FOTOS

FOTO 1 – NIVELAMENTO TOPOGRÁFICO .....	10
FOTO 2 - PERFURAÇÃO DOS POÇOS DE OBSERVAÇÃO.....	11
FOTO 3 - POÇOS DE OBSERVAÇÃO .....	12
FOTO 4 - SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL .....	14
FOTO 5 – DRAGAS DE SUÇÃO .....	15
FOTO 6 – RÉGUA LINIMÉTRICA DA CAVA .....	15
FOTO 7 – RÉGUA LINIMÉTRICA DO VERTEDOURO .....	15
FOTO 8 – VERTEDOURO INSTALADO PARA O TESTE DE VAZÃO.....	47

Estação de Serviço

Estação de Serviço

Estação de Serviço

Estação de Serviço de Observação

Estação de Serviço

Estação de Serviço

Estação de Serviço

Estação de Serviço de Observação

Estação de Serviço de Observação

Estação de Serviço

Av. Domingos José N. da Silva, 1111

Bairro Bom Pastor – Curitiba – PR

C.E.P. 80.530-250

Luiz Fornazzari Neto

M.Sc. Guilherme – CREA PR 20341/1

(41) 3416-0412 / 3416-0413

AGUAS DE PARANAGUA SPA

BR 268 941-21

Rua Velho São Bento, nº 111

Centro Histórico – CEP 83.200-000

Paranaguá – PR

(41) 3416-0422

Estação de Serviço de

Observação, BR 268/111

Paranaguá, PR

Estação de Serviço de Observação

Estação de Serviço de Observação para o projeto de  
de água de observação de água de  
observação de água

## INFORMAÇÕES GERAIS

**Razão Social da contratada:** FORNAZZARI CONSULTORIA GEOLÓGICA E AMBIENTAL LTDA

**CNPJ:** 82.514.795/0001-10

**Endereço da Sede:** Rua Coronel Saldanha nº 2410  
Centro - Guarapuava - PR  
C.E.P. 85.010-130

**Endereço em Curitiba:** Av. Desembargador Hugo Simas nº 1856  
Bairro Bom Retiro – Curitiba - PR  
C.E.P. 80.520-250

**Responsável Técnico:** Luiz Fornazzari Neto  
M.Sc. Geólogo – CREA-PR 28.747/D

**Fone/Fax:** (41) 3408-0410; (41) 9229-2089

**Razão Social da contratante:** ÁGUAS DE PARANAGUÁ S/A

**CNPJ:** 09.263.541-87

**ENDEREÇO:** Rua Vieira dos Santos, nº 333  
Centro Histórico, CEP 83.203.050  
Paranaguá-PR

**FONE:** (41) 3422-3322

**Endereço do Empreendimento:** Estrada do Areal/ nº  
Imbocuí, 83.200.000  
Paranaguá-PR

**Natureza do empreendimento:** Captação de água para abastecimento público

**Natureza do serviço:** Estudos hidrogeológicos para proveitamento de água do aquífero freático para abastecimento público



## INTRODUÇÃO

A população da cidade de Paranaguá é abastecida com uma vazão de cerca de 430 L/s que é captada nos mananciais da Serra do Mar (330 L/s) e do Rio Ribeirão (100 L/s), já na Planície Litorânea. O número atual de ligações administradas pela Companhia de Abastecimento – Águas de Paranaguá, é igual a 30.000 e praticamente não existe demanda reprimida de ligações. No entanto, o atual *deficit* por volume de água produzido gira em torno de 100 L/s, determinado em períodos de estiagem prolongada, com redução da produção dos mananciais citados.

A ampliação do sistema de abastecimento de água de Paranaguá, via mananciais superficiais, é complexa tecnicamente e onerosa economicamente porque os possíveis pontos de captação estão localizados em distâncias raramente inferiores a 15 km em relação aos locais de consumo, bem como porque as bacias hidrográficas da região possuem áreas reduzidas. A limitação de área resulta, com relativa frequência, em quedas abruptas na produção durante os períodos de estiagem e nas épocas das chuvas torrenciais, por consequência da redução de qualidade, principalmente pelo aumento da turbidez.

A área do presente estudo está situada no litoral paranaense, muito próxima da zona urbana do município de Paranaguá, em sua porção oeste, no local denominado de Imbocuí, distante cerca de 5.000m dos Reservatórios da Vila Paranaguá. Trata-se de uma antiga cava de extração de areia, que, após a sua exaustão, proporcionou a criação de um grande lago com cerca de 1.200m no seu eixo maior (norte-sul) e largura variável de 130 a 270m (eixo leste-oeste). Apresenta perímetro de aproximadamente 2.950m e área próxima de 235.000m<sup>2</sup>. As profundidades variam de 6,0m (na porção sul) a 12,0m (na porção norte). Desta forma, admite-se que, em repouso, a cava armazene cerca de 2.115.000m<sup>3</sup>.

No entorno da área do empreendimento existem diversas outras cavas abandonadas e algumas ativas, ainda com extração de areia, as quais expõem gradativamente o Aquífero Freático.

O detalhamento dos trabalhos necessários para definir a vazão adequada a ser extraída do Aquífero Freático, bem como a definição de área de proteção é ditada conforme o cenário de ocupação do solo e atividades antrópicas nas proximidades, especialmente pela presença do lixão de Paranaguá a cerca de 1.000m de distância.

Conforme dados obtidos, o sistema é constituído por dois aquíferos: O primeiro é um aquífero muito pouco profundo, quase aflorante (de 0,41 a 8,00m do solo), denominado de Aquífero Freático, ocorrente na zona saturada dos sedimentos recentes ocorrentes na área, com águas submetidas à temperatura ambiente, à influência de marés (nível) e diretamente pela recarga das chuvas. O segundo é um aquífero relativamente profundo, a partir dos 65m com águas circulando nas fraturas do Embasamento Cristalino, recarregado diretamente pelas águas do Aquífero Freático, denominado de Aquífero Cristalino.

#### 1.1 FINALIDADE DO ESTUDO

Obtenção de Outorga junto ao Instituto das águas do Paraná, antiga Superintendência Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA.

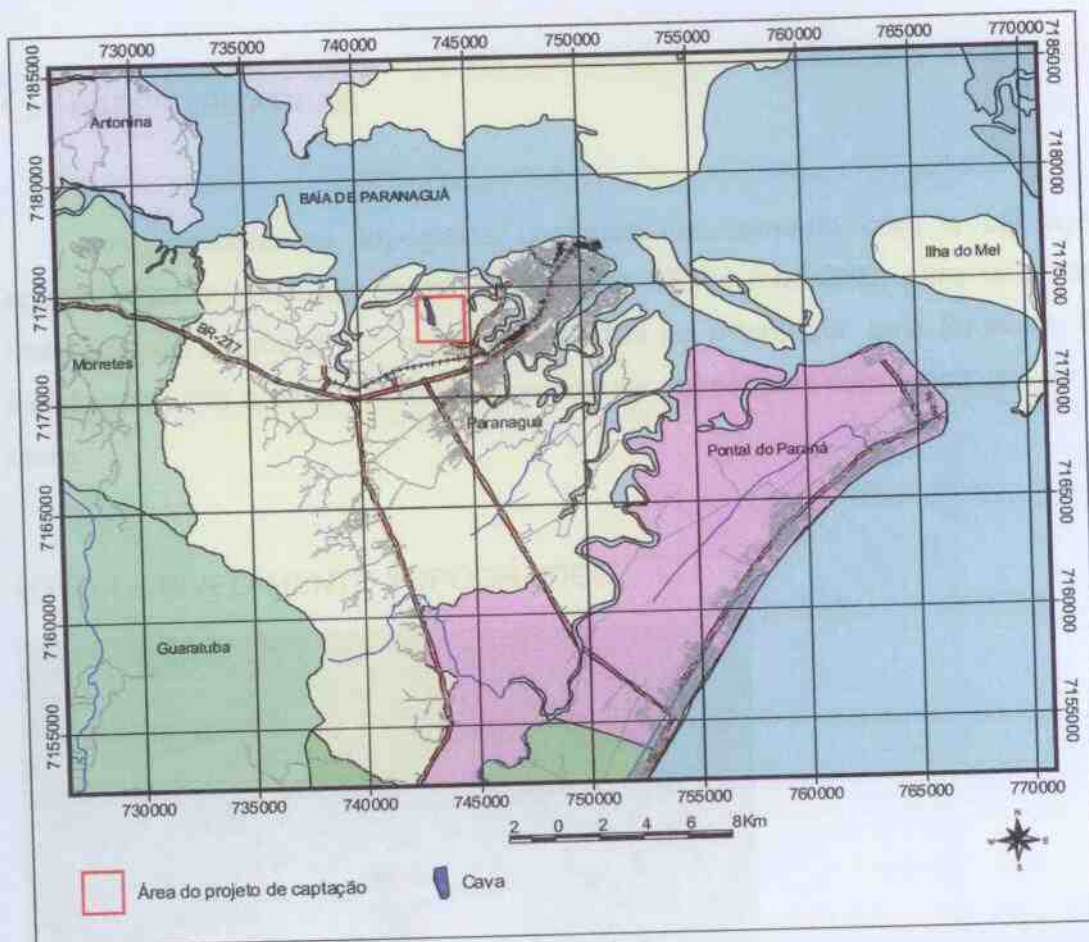
#### 1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO À ÁREA

A área objeto da pesquisa ora efetivada localiza-se no município de Paranaguá, Estado do Paraná, situada próxima da Rodovia BR 277, na chegada em Paranaguá, próxima da Unidade Industrial da Sadia e do Lixão do município, tomando-se a Estrada Velha de Alexandra.

A área está situada na porção leste do Estado de Paraná, nas proximidades da Baía de Paranaguá a aproximadamente 90 km de Curitiba, capital do Estado.



FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA





## MATERIAIS E MÉTODOS

### 1.3 BASES TEMÁTICAS

Os trabalhos de topografia contaram basicamente com a utilização do equipamento denominado Nível Topográfico KERN mod.GK0, para determinação das cotas de interesse em relação ao RRNN de referência: cota 5506mm. Foram instaladas, junto a cava de areia, duas réguas linimétricas com amplitude de 1,00m cada.

#### FOTO 1 – NIVELAMENTO TOPOGRÁFICO



Todos os dados gerados foram consistidos e integrados através do uso dos softwares AUTOCADTM e ArcviewTM.

Para os trabalhos de Caracterização Fisiográfica foram utilizadas bases do Atlas Geomorfológico escala 1:250.000, elaborado pela UFPR e publicado pela Minerais do Paraná - MINEROPAR no ano de 2006, do Caderno Regional da Região Hidrográfica do Atlântico Sul, elaborado pela Secretaria de Recursos Hídricos (SRH)

do Ministério do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (MMA) no ano de 2006, pelo Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Paraná, elaborado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA elaborado no ano de 1999, escala 1:650.000.

Na Caracterização Climática e Hidrológica foram utilizadas bases do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR e da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA, vinculada à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná.

Os levantamentos Geológico e Hidrogeológico foram embasados nas Cartas Geológicas do Estado do Paraná, escala 1:250.000, elaborado pela Minerais do Paraná – MINEROPAR no ano de 2005 e através do Atlas de Recursos Hídricos elaborado na escala 1:1.500.000 pela SUDERHSA no ano de 1995.

#### 1.4 SONDAGENS

A obtenção de informações detalhadas de composição e espessura do solo, de alturas d'água do Aquífero Freático, foram possíveis a partir de perfurações através do método do jato d'água no diâmetro de 4" (polegadas), com posterior revestimento dos poços com PVC-Soldável de 32 mm e filtros de 1,5m na base, perfurados e revestidos por bidin. Três dos 20 (vinte) poços perfurados foram utilizados para a execução de testes de produção.

#### FOTO 2 - PERFURAÇÃO DOS POÇOS DE OBSERVAÇÃO





FOTO 3 - POÇOS DE OBSERVAÇÃO

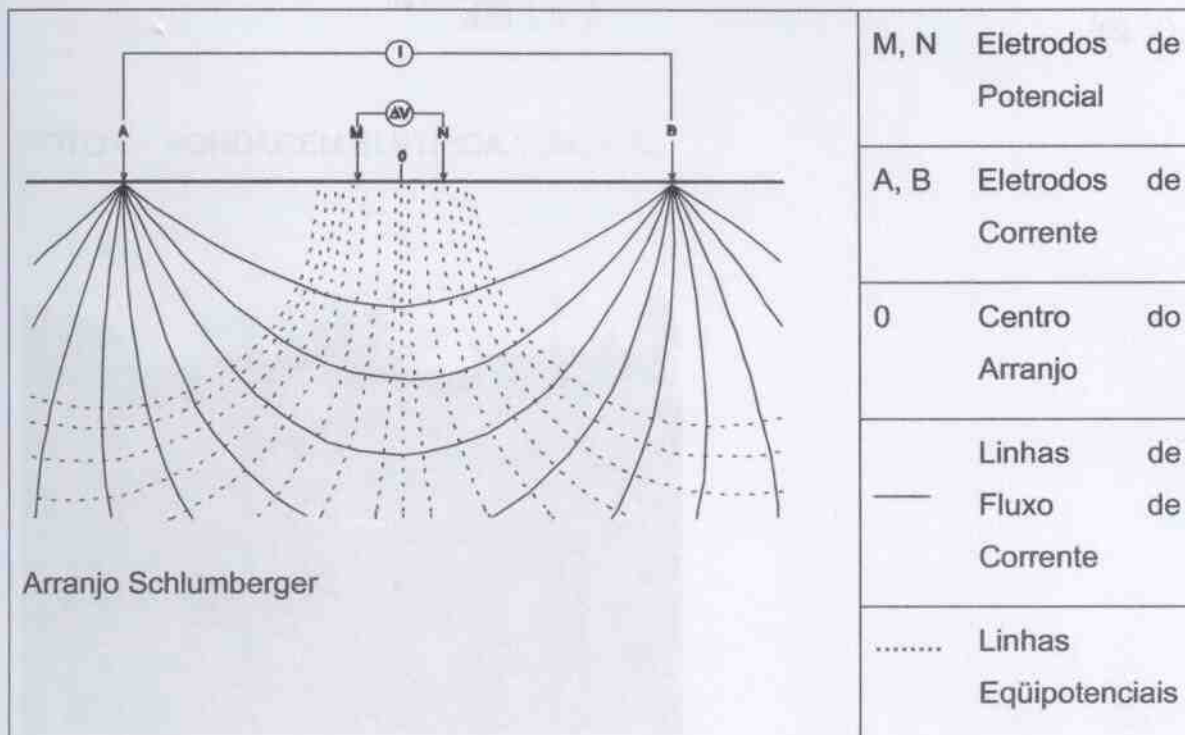


Para a obtenção das informações indiretas acerca do perfil litológico e de características hidrogeológicas do Aquífero Freático foram executadas Sondagens Elétricas Verticais com utilização do equipamento denominado ABEM TERRAMETER. A técnica de Sondagem Elétrica Vertical (SEV), consiste na introdução de uma corrente direta de intensidade conhecida no terreno, através de dois eletrodos (eletrodos de corrente) conectados a uma fonte de energia elétrica. Os efeitos da passagem dessa corrente pelo subsolo são detectados pela medida da diferença de potencial entre dois outros eletrodos (eletrodos de potencial). Os fundamentos teóricos do método elétrico aplicado podem ser encontrados em NOSTRAND; COOK (1966), ZOHDY; EATON; MABEY (1970), DOBRIN, (1976), TELFORD et al., (1976).

As sondagens elétricas foram realizadas utilizando o dispositivo linear simétrico Schlumberger (FIGURA 2). Neste tipo de arranjo, a separação entre os eletrodos de corrente (A e B), cresce em incrementos logarítmicos sucessivos, enquanto os eletrodos de potência (M e N), permanecem separados por uma distância fixa e inferior a 1/5 da distância entre os eletrodos de corrente.



FIGURA 2- ILUSTRAÇÃO DO MÉTODO SCHLUMBERGER



A diferença de potencial  $\Delta V$  medida entre os eletrodos M e N é dada pela expressão:

$$\Delta V_{M,N}^{A,B} = \Delta V_M^{A,B} - \Delta V_N^{A,B}, \text{ (aqui denominada } \Delta V \text{).}$$

$$\Delta V = \frac{I \cdot \rho_a}{2\pi} \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right) \quad (\text{eq. 1})$$

A expressão  $\left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)$  é denominada "fator geométrico" e depende da geometria do arranjo.

Como no arranjo Schlumberger tem-se  $\overline{AB} \gg \overline{MN}$  o fator geométrico pode

ser simplificado para  $\frac{\pi(\overline{AB})^2}{2\overline{MN}}$ . Substituindo o fator geométrico e rearranjando a equação 1, a resistividade aparente é dada por:

$$\rho_a = \frac{\pi(\overline{AB})^2}{2MN} \left( \frac{\Delta V}{I} \right)$$

(eq. 2)

FOTO 4 - SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL



### 1.5 ENSAIOS

Para a determinação da capacidade específica do Aquífero Freático foi realizado teste de bombeamento na cava num período de 11 dias ininterruptos, com vazão constante de aproximadamente 400 m³/hora, com 2 (duas) dragas de sucção, através de observação contínua de vazão e rebaixamento, com posterior observação da recuperação do nível por 14 dias.

FOTO 5 – DRAGAS DE SUÇÃO



FOTO 6 – RÉGUA LINIMÉTRICA DA CAVA



FOTO 7 – RÉGUA LINIMÉTRICA DO VERTEDOURO





Para determinação da hidroquímica e do conteúdo bacteriológico das águas provenientes do Aquífero Freático, foram coletas 04 (quatro) amostras para aplicação do Standart Methods for the Examination of Water and Wastwater, 1998 para verificação dos aspectos físico-químicos e do Método da Membrana Filtrante para contagem do número total de bactérias.

Além disso, foram executados ensaios sedimentométricos para verificação dos teores de argila, silte e areia de 02 amostras coletadas, uma em superfície e outra a cerca de 3m de profundidade.

**FOTO 7 – COLETA DE AMOSTRA SEDIMENTOMÉTRICA.**



## **RESULTADOS DAS SONDAGENS E ENSAIOS**

### **1.6 POÇOS DE OBSERVAÇÃO**

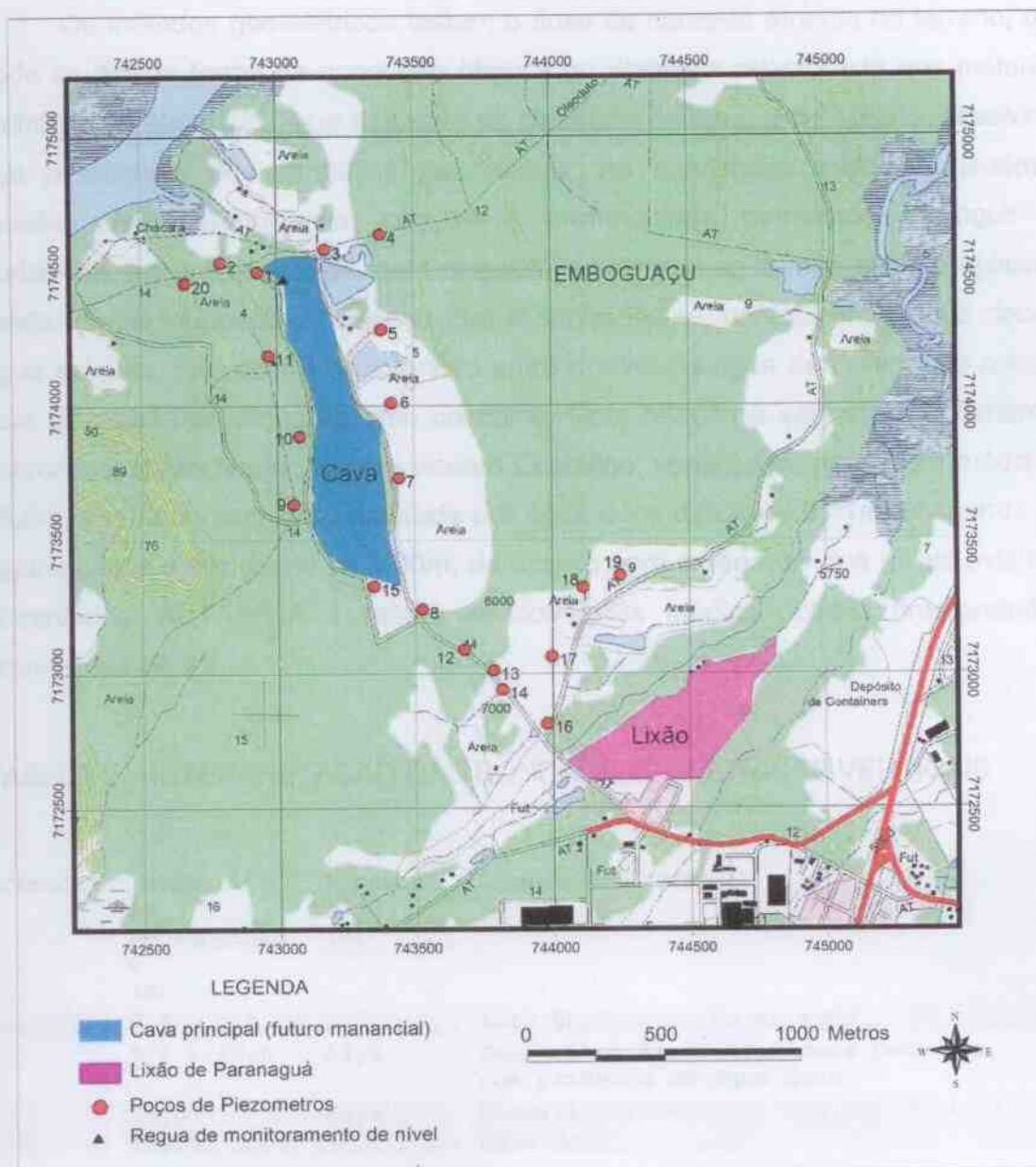
Os poços de observação foram distribuídos pelo entorno da cava, buscando coletar informações que pudessem ser correlacionadas com o nível do Aquífero Freático e que pudessem registrar as possíveis inversões de fluxo subterrâneo provocadas pelo bombeamento contínuo da cava, principalmente aquelas provenientes da área de implantação do lixão de Paranaguá, localizado a cerca de

1.000m da cava, visto que se trata da maior fonte potencialmente poluidora do aquífero na região. A amostragem litológica obtida nos 8,0m de intervalo de coleta (0,0 a 8,0m) é constituída basicamente de areia fina.

TABELA 1 – TABELA POÇOS DE OBSERVAÇÃO

POÇO	UTM_X	UTM_Y	COTA_(mm)	Cota NE
1	743910	7174514	6186	4686
2	742795	7174530	4641	4461
3	743177	7174580	5724	4924
4	743379	7174634	6202	5502
5	743382	7174282	6675	5095
6	743402	7174031	5151	4671
7	743443	7173728	6829	12829
8	743526	7173239	13571	9161
9	743058	7173630	7906	3856
10	743080	7173883	4026	1526
11	742969	7174186	1537	137
12	743677	7173087	14423	10423
13	743784	7173012	12762	10382
14	743715	7172939	12213	10463
15	743350	7173325	8967	7687
16	743978	7172812	11330	9500
17	743997	7173062	12024	8324
18	744114	7173313	11107	7127
19	744246	7173364	8033	3283
20	742664	7174455	8956	5256

FIGURA 3 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE OBSERVAÇÃO





## 1.7 SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS

Os métodos geo-elétricos testam o fluxo de corrente através do terreno, que pode se dar na forma de condução ôhmica ou dielétrica relacionada aos materiais rochosos ou eletrolítica, que depende do conteúdo de água e de sólidos dissolvidos que preenchem os interstícios das rochas. As sondagens elétricas medem a resistividade aparente com relação à profundidade permitindo distinguir os horizontes em sub-superfície, pela resposta do terreno ao campo elétrico aplicado. Desta forma, foi possível observar que a cunha salina, contato entre água doce e água salgada, não ocorre no intervalo entre o nível de água da cava até o contato com as rochas do embasamento cristalino. Com relação à espessura sedimentar, sobreposta às rochas do Embasamento Cristalino, verificou-se espessura média de 65,0m, à qual apresenta-se saturada por água doce desde os 0,41m, chegando em alguns casos a ser desde os 8,00m, de acordo com a variação dos níveis estáticos observados. A TABELA 1 reflete as condições médias obtidas (interpretadas) através das SEV's.

TABELA 2 – INTERPRETAÇÃO DAS SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS

"Camada"	Intervalo de Profundidade e (m)	Espessura (m)	Descrição Provável
1	0,0 - 2,0	2,0	Solo Seco, zona de aeração
2	2,0 - 65,0	63,0	Sedimentos Areno-argilosos Recentes, com presença de água doce
3	65,0 - 150,0	85,0	Migmatito Fraturado, com presença de água doce

## 1.8 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DO SOLO

Foram coletadas duas amostras de sedimento para realização de análise granulométrica em dois níveis de solo, uma em superfície e outra a cerca de 3,0m de profundidade.

Os resultados apresentados no ANEXO 1 demonstram a prevalência do intervalo de granulometria contido entre os diâmetros 0,062 mm a 0,2 mm, em ambas as amostras, ultrapassando os 57% de retenção, o que corresponde ao intervalo definido como sendo de areia fina. Com relação às frações mais grosseiras, correspondente a granulometrias superiores a 0,2mm, ocorre 14,31% na amostra superficial e de 7,71% na amostra de 3,0m de profundidade. Com relação às frações mais finas, correspondente a granulometrias inferiores à 0,062mm, ocorre 16,66% na amostra superficial e de 34,08% na amostra de 3,0m de profundidade.

## 1.9 ENSAIO DE BOMBEAMENTO DA CAVA

Descrito no item 8 – CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA CAVA.

## CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA

### 1.10 GEOMORFOLOGIA

Para a área em questão (Planície Costeira e Serra do Mar da porção Leste do Estado do Paraná), foram identificadas 2 unidades de relevos distintas sendo elas: Serra do Mar e Planície Litorânea, descritas a seguir:

FIGURA 4 - DIVISÃO GEOMORFOLÓGICA DA REGIÃO LESTE DO ESTADO DO PARANÁ

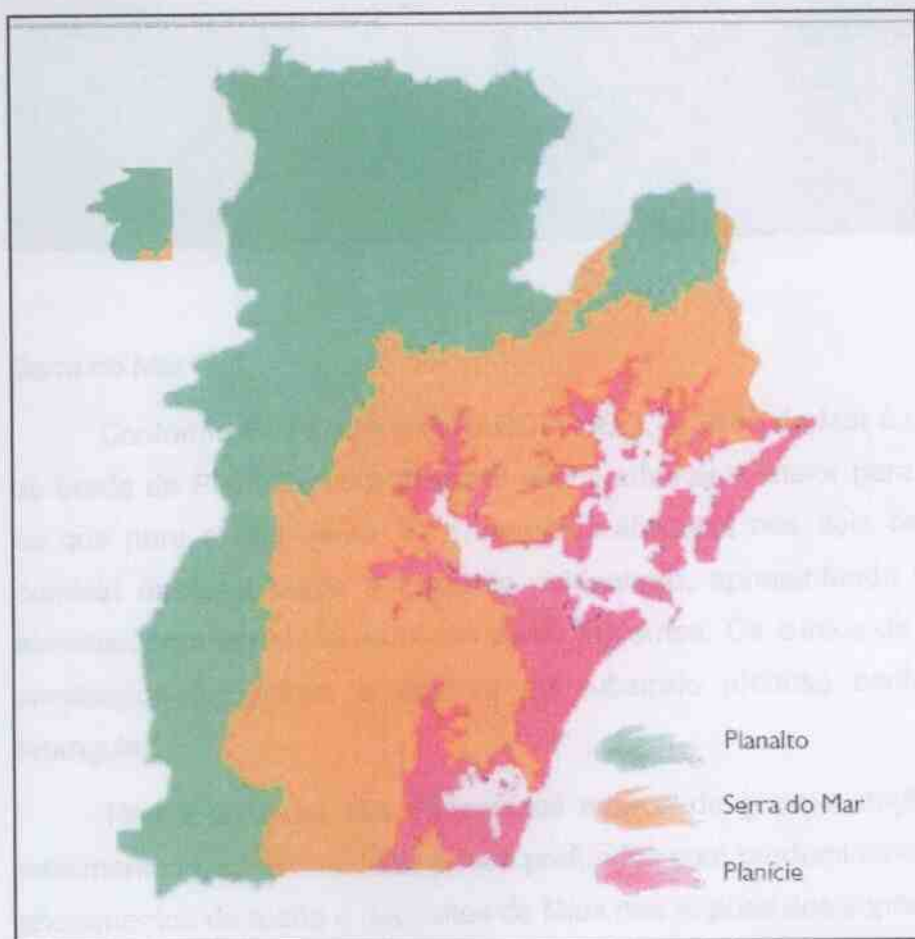
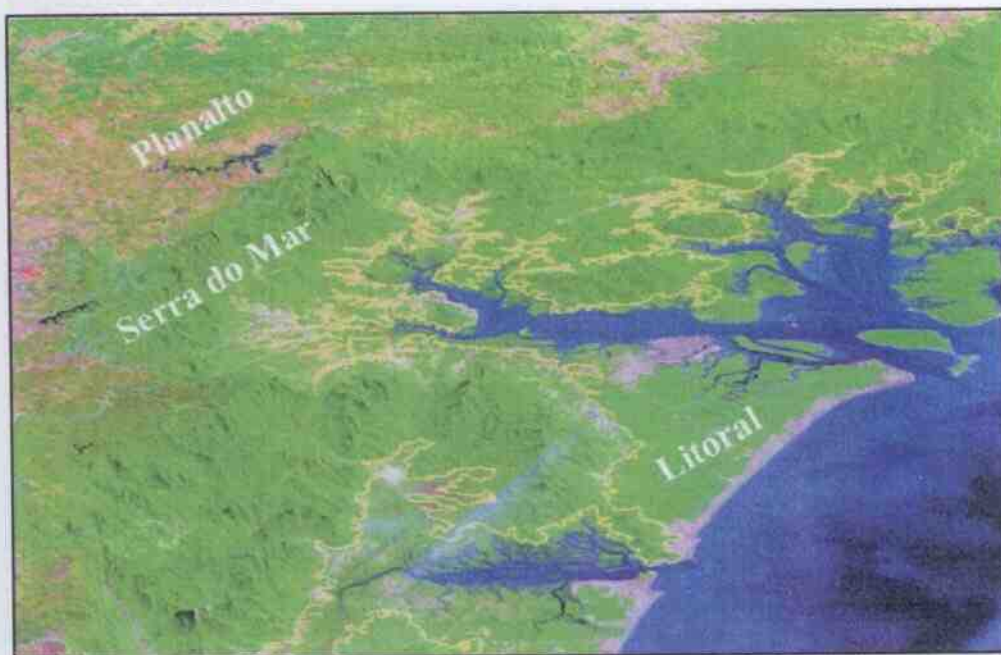




FIGURA 5 - FIGURA TRIDIMENSIONAL COM SOBREPOSIÇÃO DE IMAGEM DE SATÉLITE MOSTRANDO A DIVISÃO GEOMORFOLÓGICA da REGIÃO LESTE DO ESTADO DO PARANÁ



#### Serra do Mar

Conforme CORDANI e GIRARDI (1967), a Serra do Mar é uma serra marginal de borda de Planalto, com desnível acentuadamente maior para o lado do oceano do que para o continente, com vertentes abruptas nos dois cantos. O relevo no domínio dessa unidade é bastante acidentado, apresentando vales profundos e estreitos, com vertentes rochosas muito íngremes. Os cursos de água principal são encaixados em falhas e fraturas no substrato rochoso conferindo um padrão retangular.

Nessa unidade, são observados morros de grande amplitude, relevo muito movimentado, solos residuais pouco profundos com predominância de solos litólicos, afloramentos de rocha e depósitos de tálus nas regiões dos sopés de montanhas.

Caracterizam-se basicamente pelas dificuldades em escavações (ocorrência de rocha) e alta instabilidade aos processos de movimentação de solo (principalmente rastejos e escorregamentos planares) quando na retirada da vegetação existente.

#### Planície Litorânea

A Planície Litorânea é constituída por uma estreita faixa montanhosa afundada por falhamentos. Caracterizado por um litoral de imersão onde antigos vales e enseadas foram preenchidos por sedimentos de origem marinha e terrestre, apresenta um relevo muito suave com pequenas ondulações e altitudes que somam poucos metros acima do nível médio do mar. São comuns os morros isolados e espigões que, se destacam na topografia e/ou formam pequenos maciços na planície sedimentar.

Nas porções localizadas nas proximidades do contato entre a Serra do Mar e a Planície, os padrões de drenagem são predominantemente de enxurradas com fluxos descontínuos e alto potencial erosivo, sendo que à medida que se afasta sentido mar/baía, o regime dos rios passa a ser meandrante com menor potencial de erosão. Nessa unidade são observados solos residuais provenientes da alteração de sedimentos, relevo suave ondulado, intercalados aos solos transportados de Planícies aluvionares e depósitos marinhos. Apresentam boas condições de suporte, baixa suscetibilidade aos processos de movimentação de massa, mas podem ocorrer ravinamentos e erosões nos casos de solos expostos e topografia um pouco mais acentuada.

#### Planície Litorânea Sedimentos Consolidados

Nessa unidade são observados solos residuais provenientes da alteração de sedimentos, relevo suave ondulado, intercalados aos solos transportados de Planícies aluvionares e depósitos marinhos. Apresentam boas condições de suporte, baixa suscetibilidade aos processos de movimentação de massa, mas podem ocorrer ravinamentos e erosões nos casos de solos expostos e topografia um pouco mais acentuada.



## Planície Litorânea Sedimentos Inconsolidados

Unidade caracterizada por um relevo plano, com cotas próximas do nível do mar, predominantemente solos provenientes da deposição fluvial e marinha. Podem ser subdivididos em Planícies Aluvionares e Depósitos de Mangue sendo que na primeira observa-se a predominância de solos arenosos, não coesivos, alta suscetibilidade aos processos erosivos e nível de água aflorante, sendo que os Depósitos de Mangue apresentam predominância de solos argilosos orgânicos, pouco suscetíveis aos processos erosivos mais muito suscetíveis aos processos de afundamentos e recalques diferenciais por médias e grandes cargas.

### 1.11 HIDROGRAFIA

A maior bacia hidrográfica do Litoral do Paraná é a de Paranaguá, que drena uma área aproximada de 3.900 km<sup>2</sup>. Sua principal sub-bacia na planície costeira é a do rio Guaraguaçu. Os principais rios desta sub-bacia são os afluentes da margem esquerda do rio Guaraguaçu, sendo eles os rios Pequeno, Jacareí, Miranda, Forquilha, do Salto, São Joãozinho, Vermelho, das Pombas, da Colônia Pereira, Branco, Pai Antônio, Cambará. Na margem direita o principal afluente é o rio Peri (FUNPAR, 1999).

A rede hidrográfica do Litoral do Paraná é fortemente influenciada pela Serra do Mar, cujos paredões e contrafortes, muito próximos ao Mar, se apresentam como verdadeiras barreiras e divisores de águas, tão importantes que condicionaram o uso e a ocupação do solo em todo o Paraná.

Assim como os principais rios que compõem as bacias litorâneas, o rio Guaraguaçu, possui seu curso superior localizado na área serrana com fortes declives, vales fortemente encaixados e um padrão de canal retilíneo. O curso inferior, localizado nas planícies, possui geralmente um amplo vale fundo, com um padrão de canal meandrante influenciado pelas marés e desaguardo no canal da Cotinga na baía de Paranaguá.



De acordo com a subdivisão proposta pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - SUDERHSA, a região do empreendimento faz parte da Bacia Litorânea delimitada na porção leste do Estado do Paraná, entre a Serra do Mar e o Oceano Atlântico. A referida bacia está inserida na Região Hidrográfica do Atlântico Sul, de acordo com o Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH.

#### 1.12 SOLOS

De maneira geral, predominam os solos de textura arenosa e de baixa fertilidade natural e classes inaptas para a atividade agrícola, indicadas para silvicultura e preservação de água, fauna e flora.

#### 1.13 VEGETAÇÃO

O território municipal de Paranaguá está inserido nos domínios da Floresta Atlântica, declarada pela UNESCO como Reserva da Biosfera, por ser um dos refúgios mais importantes da biodiversidade mundial; este ecossistema ali apresenta atualmente poucos remanescentes originais, distribuídos nas manchas de florestas, intercalados com áreas urbanas, pastos e plantações.

Esta formação vegetacional é a mais severamente ameaçada entre todas as florestas neotropicais devido à alta densidade populacional.

## CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E HIDROLÓGICA

### 1.14 CLIMA

O Clima constitui o conjunto de variações do tempo durante um longo período (não inferior a 30 anos). Os elementos registrados e que compõem o clima são a radiação, temperatura, pressão atmosférica, velocidade dos ventos, umidade relativa e absoluta, insolação, precipitação e evaporação. Trata-se de parâmetro ambiental da maior importância na implantação de captação de recursos hídricos, pelo potencial de afetar e ser afetado pelo empreendimento.

A influência desses macro-elementos, associados a outros fatores naturais de interferência climática, como relevo, altitude, continentalidade, cobertura vegetal, e grau de interferência antrópica, acarretam na redução de amplitude térmica diária e anual no aumento da umidade relativa do ar, e na precipitação pluviométrica. As frentes frias, ao esbarrarem na Serra do Mar, ficam presas, fazendo com que a umidade relativa do ar seja da ordem de 85 %. Em algumas áreas chega a chover 4.000 mm anuais.

Todos estes elementos definem o tipo de clima da região, que, segundo a classificação desenvolvida por W. Köppen é: Af (Tropical Superúmido), sem estação seca, com temperatura média, em todos os meses do ano, superior a 18 °C.

A temperatura média anual varia entre 20 °C e 22 °C, sendo que a média da temperatura máxima varia entre 25° C e 27° C e a média da temperatura mínima varia entre 16° C e 18° C (SIMEPAR, 2001).

A precipitação média anual é de cerca de 2.000 mm. Não existe período seco, pois o mês com menor incidência de chuvas é o trimestre correspondente aos meses de julho a agosto, sendo que a precipitação acumulada neste mesmo período é de aproximadamente 300mm, ou seja, 15% da precipitação anual. Já no período de maior incidência de chuvas, no trimestre correspondente aos meses de janeiro a março, a precipitação acumulada chega a atingir 1.000 mm, a metade da precipitação acumulada anual (SIMEPAR, 2001). A média anual de umidade relativa



do ar é de 85% e a evapotranspiração potencial anual é de 800 mm a 900 mm (IAPAR, 1994).

FIGURA 6 - MAPA DO CLIMA DO PARANÁ (IAPAR, 1994)



Devido à necessidade de planejar as atividades humanas, o homem passou a observar os elementos do clima, contudo, os processos hidrológicos são aleatórios no tempo e no espaço.

Analisando os dados históricos pode ser verificado que as variações seguem uma tendência de repetição em ciclos, logo, o homem não pode prever o clima para um período relativamente longo, mas, através de análises estatísticas de séries históricas de períodos longos (o ideal é um período mínimo de pelo menos 30 anos) possibilitam ao homem fazer estimativas no planejamento das atividades futuras. Por exemplo, definir as potencialidades das reservas renováveis de águas subterrâneas, ou seja, projetar taxas de exploração das águas subterrâneas compatíveis com as taxas de recargas, sem colocar em risco o equilíbrio do sistema aquífero.

As séries históricas das normais climatológicas utilizadas para caracterizar as condições climáticas da região foram de precipitação, temperatura, umidade relativa, insolação e vento, coletadas da estação meteorológica de Antonina, situada nas

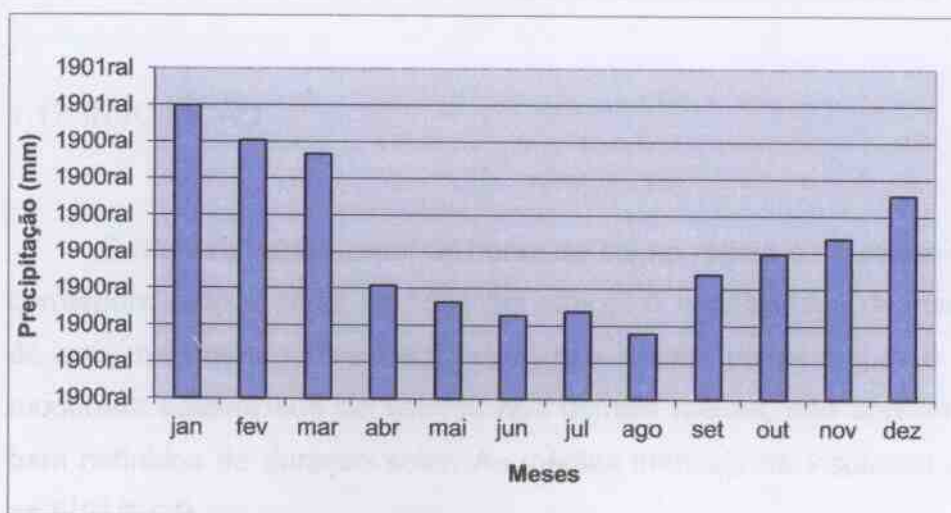


coordenadas geográficas 25° 13'S e 48° 48'W, operada pelo Instituto Agrônomo do Paraná. O período analisado das normais climatológicas foi de 1974 a 2004.

### 1.15 PRECIPITAÇÃO

A precipitação pluviométrica média anual da região é de cerca de 2553 mm, sem período seco, sendo os meses de junho a agosto, o trimestre com a menor precipitação, acumulando pouco mais de 300 mm. Nos meses de verão de janeiro a março, a precipitação acumulada passa dos 1000 mm, representando cerca de 42% do total anual médio precipitado do período analisado. A maior precipitação mensal no período analisado foi de 714,2 mm no mês de janeiro de 1995 e a menor ocorreu no mês de maio de 2000 com total precipitado de 18,3 mm. Observa-se que a precipitação da região acompanha as sazonalidades termais, com o aumento das precipitações associadas ao aumento da temperatura. A precipitação média mensal da série histórica analisada pode ser observada na FIGURA 7.

FIGURA 7 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (1974 A 2004)

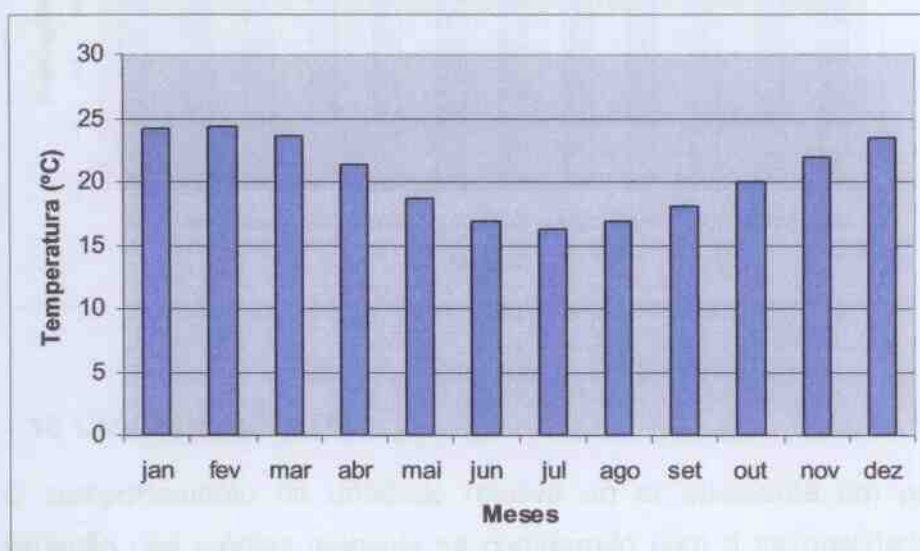


### 1.16 TEMPERATURA

As temperaturas nos meses mais frio, de maio a setembro, variam entre médias mensais de cerca 16°C a 19°C e nos meses mais quentes, de outubro a

março, variam de 20°C a 25°C. No período analisado a temperatura mais elevada ocorreu no verão de janeiro de 1999, com temperatura de 40,5 °C e a mais baixa no inverno de junho de 1994 com a temperatura de 0,4 °C, sendo a média de longo período de 20,5 °C. As temperaturas médias mensais são mostradas na FIGURA 8.

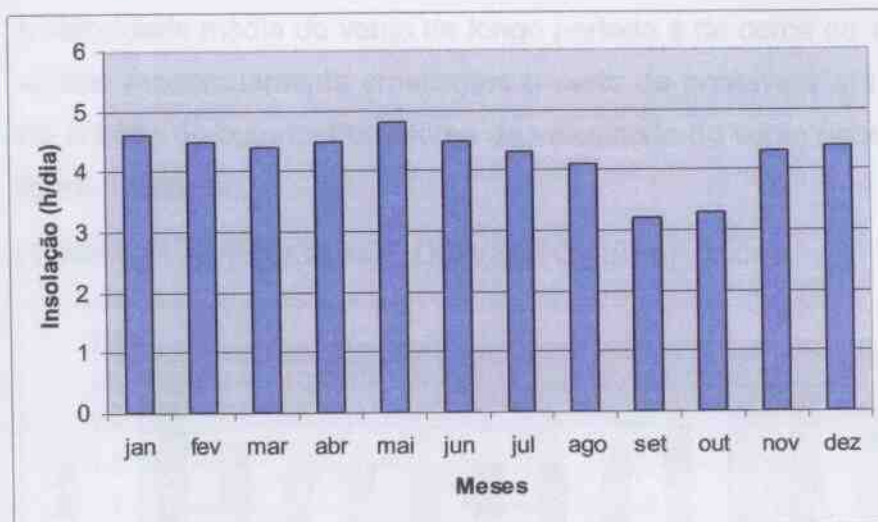
FIGURA 8– TEMPERATURA MÉDIA MENSAL (1974 A 2004)



### 1.17 INSOLAÇÃO

O número médio anual de horas de sol na região é de pouco mais de 4 h/dia, correspondendo a cerca de 1544 horas/ano. A variabilidade de insolação ao longo do ano, mostra um leve decréscimo nos meses de setembro e outubro e uma moderada estabilidade de valores nos demais meses, não apresentando períodos bem definidos de duração solar. As médias mensais de insolação são mostradas na FIGURA 9.

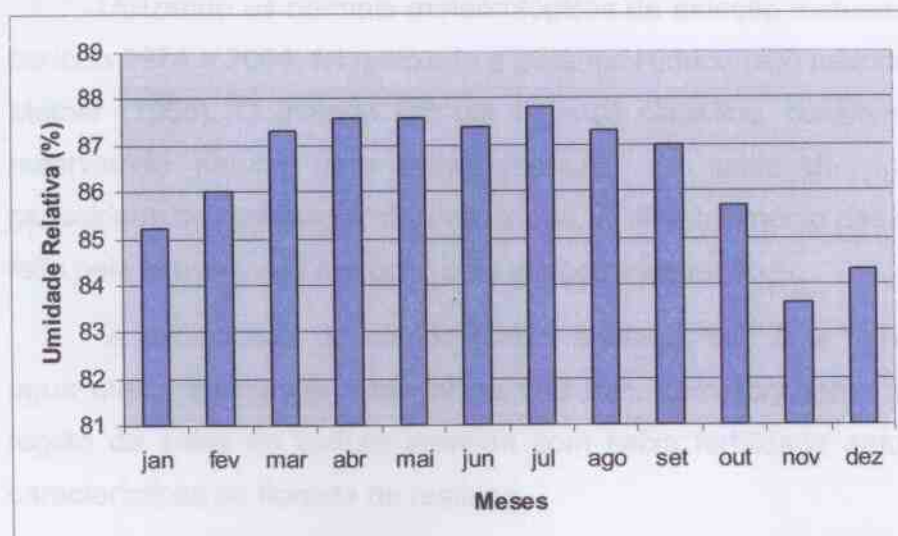
FIGURA 9 – INSOLAÇÃO MÉDIA MENSAL (1978 A 1999)



#### 1.18 UMIDADE RELATIVA

O comportamento da umidade relativa do ar apresenta um padrão com baixa variação das médias mensais se comparado com a sazonalidade da precipitação pluviométrica da região. Os valores maiores se distribuem entre os meses de março a setembro. Abaixo, na FIGURA 10, podemos observar as médias mensais de umidade relativa do ar.

FIGURA 10 – UMIDADE RELATIVA DO AR (1974 A 2004)

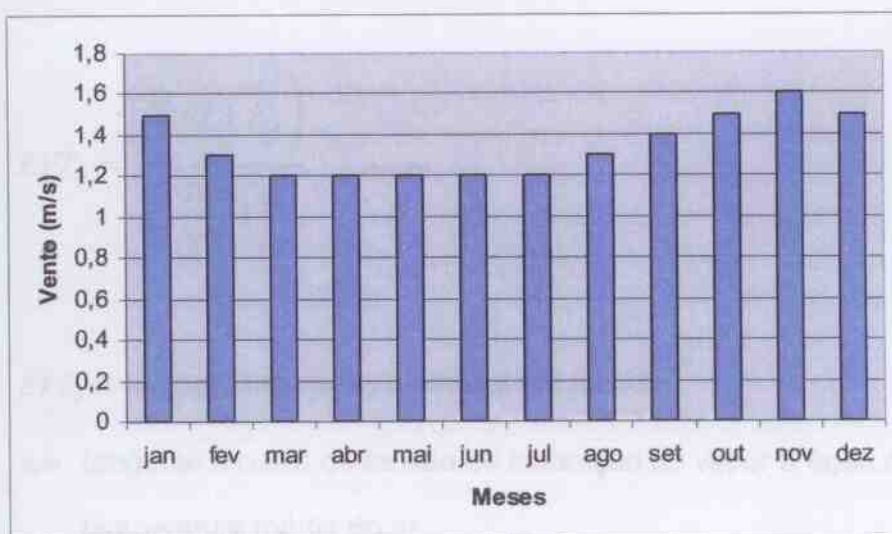




### 1.19 VENTOS

A velocidade média do vento de longo período é de cerca de 1,3 m/s, apresentando valores moderadamente crescentes a partir da primavera até janeiro, decrescendo até o início do outono. Os valores da velocidade do vento podem ser observados na figura 5 abaixo.

FIGURA 11 – VELOCIDADE DO VENTO (1974 A 2004)



### 1.20 BALANÇO HÍDRICO

Utilizando as normais meteorológicas da estação meteorológica de Antonina, período 1974 a 2004, foi realizado o Balanço Hídrico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955). O método faz um balanço climático, considerando o solo como reservatório natural para armazenamento do saldo de água, conforme sua capacidade de retenção e disponibilidade. O abastecimento dessa água (umidade) é feito pela chuva e sua remoção pela evapotranspiração.

A capacidade de campo (CAD) adotada, isto é, a máxima quantidade de água que o solo pode reter foi de 100 mm, correspondente a predominância na região de solos de textura arenosa com baixa fertilidade natural, relevo plano e características de floresta de restinga.

Na avaliação do balanço hídrico, a evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de Penman.

O método de Penman, estima a evapotranspiração potencial que é a quantidade máxima de água evapotranspirada numa certa superfície. Baseia-se no balanço de energia e nas características aerodinâmicas do processo, dada pela seguinte equação :

$$EVT_p = \frac{\left( \frac{\Delta}{\gamma} RI + E_a \right)}{\left( \frac{\Delta}{\gamma} + 1 \right)} \quad \text{onde}$$

$EVT_p$  = evapotranspiração potencial em mm/dia

$\Delta$  = tangente à curva de tensão de saturação do vapor d'água no ponto da temperatura média do ar

$\gamma$  = constante psicrométrica (0,5 mm Hg/°C)

$RI$  = radiação líquida ou balanço da energia radiante (mm/dia)

$E_a$  = poder evaporante do ar em função da velocidade do vento e do déficit de saturação do ar (mm/dia)

A aplicação da equação acima segue o seguinte roteiro de cálculo:

$\frac{\Delta}{\gamma}$  = valor tabelado em função da temperatura média diária ou determinado

pela seguinte equação :

$$\frac{\Delta}{\gamma} = \frac{38640,1 \left( \frac{7,5T}{237,3+T} \right)}{(237,3+T)^2}, \text{ onde:}$$

$T$  = temperatura média diária em °C

$RI$  = determinado pela equação abaixo, onde a primeira parcela representa a radiação efetiva de onda curta e a segunda a radiação efetiva de onda longa

$$RI = \frac{Ro}{59} \left( a + b \frac{n}{N} \right) (1-r) - \sigma T_a^4 \left( 0,56 - 0,09\sqrt{e} \right) \left( 0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right), \text{ onde:}$$

$RI$  = radiação líquida ou balanço de energia radiante diária em mm/dia

$Ro$  = radiação solar diária recebida no topo da atmosfera em cal/cm<sup>2</sup> dia  
(valor tabelado em função da latitude do local e do mês)

$a, b$  = parâmetros da radiação efetiva de onda curta ( para a região  $a = 0,26$   
 $b = 0,37$ )

$n$  = número de horas/dia com brilho solar (valor obtido de heliógrafos)

$N$  = duração máxima de hora/dia com brilho solar (valor tabelado em função da latitude do local e mês)

$r$  = albedo (tabelado em função da superfície refletiva ( para áreas agrícolas, campos e florestas , adotado valor de 0,20).

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann =  $1,19 \times 10^{-7}$  cal/cm<sup>2</sup>

$T_a^4$  = valores tabelados em função da temperatura em °C

$T_a$  = temperatura média do ar em °K (°K=(273+°C))



$e$  = valor médio diário da pressão de vapor d'água em mmHg, determinado pela equação

$$e = \frac{Ues}{100}, \text{ onde:}$$

$U$  = umidade relativa do ar em %

$es$  = pressão de saturação do vapor d'água em mmHg – valor tabelado em função da temperatura em °C ou através da equação:

$$es = 4,58 \times 10^{\left(\frac{7,5T}{237,3+T}\right)}, \text{ onde:}$$

$T$  = temperatura média do ar em °C

$Ea$  = poder evaporante do ar (mm/dia) em função da velocidade do vento e do déficit de saturação do ar, calculado pela equação:

$$Ea = 0,35 \left(1 + \frac{w_2}{160}\right) (es - e), \text{ onde:}$$

$w_2$  = velocidade média diária do vento a 2 metros de altura em km/dia

$(es - e)$  = déficit de saturação do ar em mmHg

A evapotranspiração potencial média mensal calculada para o período 1974 a 2004, pode ser observada na TABELA 2.

**TABELA 3 – EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (MM)**

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
120	100	91	67	48	37	41	55	70	94	108	120	951

A partir da evapotranspiração potencial, calculou-se a evapotranspiração real - ETR através da aplicação do método Thornthwaite-Mather (1955) a nível mensal para o mesmo período da ETP.

O método aplicado considera o solo como reservatório capaz de armazenar 100 mm de água. O Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) pode ser observado na TABELA 3 abaixo.

TABELA 4 – BALANÇO HÍDRICO

Mês	P	ETP	(P-ETP)	CAD	Alt.	ETR	Exc.
Jan	399,0	120	279,0	100	0	120	279,0
Fev	351,4	100	251,4	100	0	100	251,4
Mar	333,0	91	242,0	100	0	91	242,0
Abr	153,6	67	86,6	100	0	67	86,6
Mai	131,3	48	83,3	100	0	48	83,3
Jun	113,1	37	76,1	100	0	37	76,1
Jul	118,9	41	77,9	100	0	41	77,9
Ago	89,2	55	34,2	100	0	55	34,2
Set	169,4	70	99,4	100	0	70	99,4
Out	197,4	94	103,4	100	0	94	103,4
Nov	219,0	108	111,0	100	0	108	111,0
Dez	277,6	120	157,6	100	0	120	157,6
Anua	2552,	951	1601,9			951	1601,9

A evapotranspiração real média mensal para o mesmo período da ETP, pode ser observada na TABELA 5.

TABELA 5 – EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL (mm)

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
120	100	91	67	48	37	41	55	70	94	108	120	951

A técnica de avaliação do balanço hídrico considera os princípios de conservação de massa, segundo o qual, para qualquer volume de massa hídrica durante um determinado período de tempo, a diferença entre a quantidade de água que entra e que sai num determinado sistema, será equilibrada pela variação do volume armazenado.

O balanço hídrico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), admite de modo simplificado que o movimento vertical do sistema tenha como entrada a precipitação e como saída a evapotranspiração, podendo o excedente hídrico estar disponível para escoamento superficial ou infiltração.

$$P - (ETR + EXC) = ALT \quad \text{ou}$$

$$P - ETR = EXC + ALT \quad \text{sendo}$$

$P$  = Precipitação média mensal (mm)

$ETR$  = Evapotranspiração real média mensal (mm)

$EXC$  = Excedente hídrico (mm)

$ALT$  = Alteração da umidade do solo (mm), temos:

$$25529 - 951 = 16019 \text{ mm}$$

O balanço hídrico calculado apresenta um excedente hídrico correspondente a uma lâmina d'água de 1601,9 mm. Essa parcela de 63% da precipitação pluviométrica da região representa a recarga potencial de armazenamento de água do solo.



## CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E HIDROGEOLOGICA REGIONAL

### 1.21 GEOLOGIA REGIONAL

A planície costeira do Paraná, na região de Paranaguá, tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores, destacando-se os trabalhos de BIGARELLA (1946), BIGARELLA (1965), RIVERAU et al. (1968), RIVERAU et al. (1969), TESSLER; SUGUIO (1987), MINEROPAR (1989) e, ANGULO (1992).

BIGARELLA (1946) apresenta o mapa geológico do litoral do Paraná, entre as localidades de Vila de Ararapira na divisa com o Estado de São Paulo e Barra do rio Saí-Guaçu, na divisa com o Estado de Santa Catarina. Na elaboração da Folha Geológica de Paranaguá BIGARELLA (1965) modifica ligeiramente a estratigrafia apresentada no trabalho pioneiro de 1946. As colunas estratigráficas desses trabalhos estão mostradas na TABELA 6.

TABELA 6 – BIGARELLA (1946 E 1965)

	BIGARELLA (1946)	BIGARELLA (1965)
Quaternário	Formações arenosas	Manguezal
	Restingas e mangrovitos	
	Manguezal (pantanaís marinhos)	Sedimentos areno-argilosos, em parte antigos manguezais
	Sedimentação terrígena Aluviões terrestres e pantanaís terrestres	Sedimentos arenosos de origem marinha (terraços de construção e antigas praias)  Aluviões terrestres (argilas, areias e cascalhos de origem continental)
Pré-Cambriano	Complexo Cristalino em geral	Complexo cristalino em geral

A área estudada situa-se no bloco costeiro do Estado do Paraná, onde se distinguem os domínios geológicos do embasamento cristalino (MINEROPAR, 1989), e da cobertura sedimentar cenozóica (RIVERAU et al., 1969). As colunas estratigráficas atualmente aceitas para esses dois domínios estão apresentadas nas TABELAS 6 e 7.

TABELA 7 – TIPOS LITOLÓGICOS CARACTERÍSTICOS DO EMBASAMENTO CRISTALINO NO BLOCO COSTEIRO (MINEROPAR, 1989)

Mesozóico	Juro-Cretáceo	Diques de diabásio, dioritos, dioritos pórfiros e traquiandesitos
Paleozóico	Cambriano	Granitos Sub-Alcalinos e Alcalinos
		Granitos sub-alcalinos e alcalinos (Granitos Graciosa, Marumbi e Anhangava)
		Granitos e Sieno-Granitos
		Sieno-granitos, granitos e monzonitos
	Superior	Granitos e granitóides embrechíticos
		Migmatitos e Granitos de Anatexia Brasileiros
		Migmatitos estromáticos, migmatitos de injeção e granitos de anatexia com paleossomas tanto dominantes quanto indiferenciados
Proterozóico	Inferior	Suite Granítica Foliada
		Granitos e granitóides embrechíticos foliados
		Formação Rio das Cobras
		Xistos, xistos granatíferos e quartzitos
		Suite Gnáissica Morro Alto
		Biotita-gnaisses com intercalações de micaxistos e quartzitos

Arqueano	Complexo Gnáissico Costeiro
	Granitos, granitos-gnaiss e anatexitos
	Migmatitos oftálmicos e embrechíticos, gnaisses, quartzitos e anfibolitos.
	Complexo Granulítico Serra Negra
	Xistos, metargilitos e quartzitos com intercalações de anfibolitos
	Xistos magnesianos, anfibolitos, metabasitos e gnaisses
	Quartzitos, xistos, metarenitos e meta-arcósios
	Embrechitos, granulitos e gnaisses
	Noritos, enderbitos, metadioritos, metagabros
TABELA 8 – TIPOS LITOLÓGICOS CARACTERÍSTICOS DA COBERTURA SEDIMENTAR CENOZÓICA DA PLANÍCIE COSTEIRA DO ESTADO DO PARANÁ (RIVERAU ET AL. 1969)	
Quaternário	Zona Pantanosa
	Manguezais
	Aluviões indiferenciados
	Recentes
	Antigos
	Coluviões
	Depósitos de Talude
Holoceno	Sedimentos areno-siltico-argilosos de baía
	Sedimentos de origem marinha indiferenciados



Quaternário	Fase recente
	Fase intermediária
	Fase antiga
Pleistoceno	Cascalhos de planície constituídos em parte por depósitos continentais retrabalhados
	Formação Alexandra
	Sedimentos areno-argilosos estratificados
	Conglomerados, arcósios, areias e argilitos

Tessler, Suguio (1987), definem a região de Paranaguá como uma continuação da planície costeira Iguape-Cananéia, estando desta forma, incluída na Formação Cananéia (Pleistoceno Superior). Essa formação é caracterizada por uma seqüência litológica constituída, da base para o topo, por camadas arenosas conglomeráticas com argilas subordinadas; argilas siltosas; areias siltosas e areias inconsolidadas.

Segundo ANGULO (1992), a cobertura sedimentar que forma a planície costeira do Estado do Paraná é constituída por sedimentos continentais e marinhos. Os sedimentos continentais são representados por acumulações conglomeráticas; por leques e cones aluviais; por depósitos de tálus, por depósitos coluviais e por sedimentos fluviais. Os sedimentos marinhos estão representados por cordões litorâneos e por sedimentos estuarinos. Os cordões litorâneos são constituídos por sedimentos arenosos, bem selecionados, com granulometria variando desde muito fina a média. As estruturas sedimentares mais freqüentes são estratificações cruzadas de baixo ângulo ou tabular acanalada.

Dentre as unidades continentais, a Formação Alexandra definida por BIGARELLA et al. (1959), é a única a ter uma classificação formal. Essa formação é

constituída, predominantemente, por arcósios, areias arcossianas, argilas arenosas e argilas. Localmente, podem ocorrer níveis conglomeráticos.

Os cordões litorâneos, denominados de restingas por BIGARELLA (1946), ocorrem em todo o litoral paranaense sob a forma de uma sequência de cordões baixos e paralelos à linha de praia, representando o resultado de um contínuo recuo do mar.

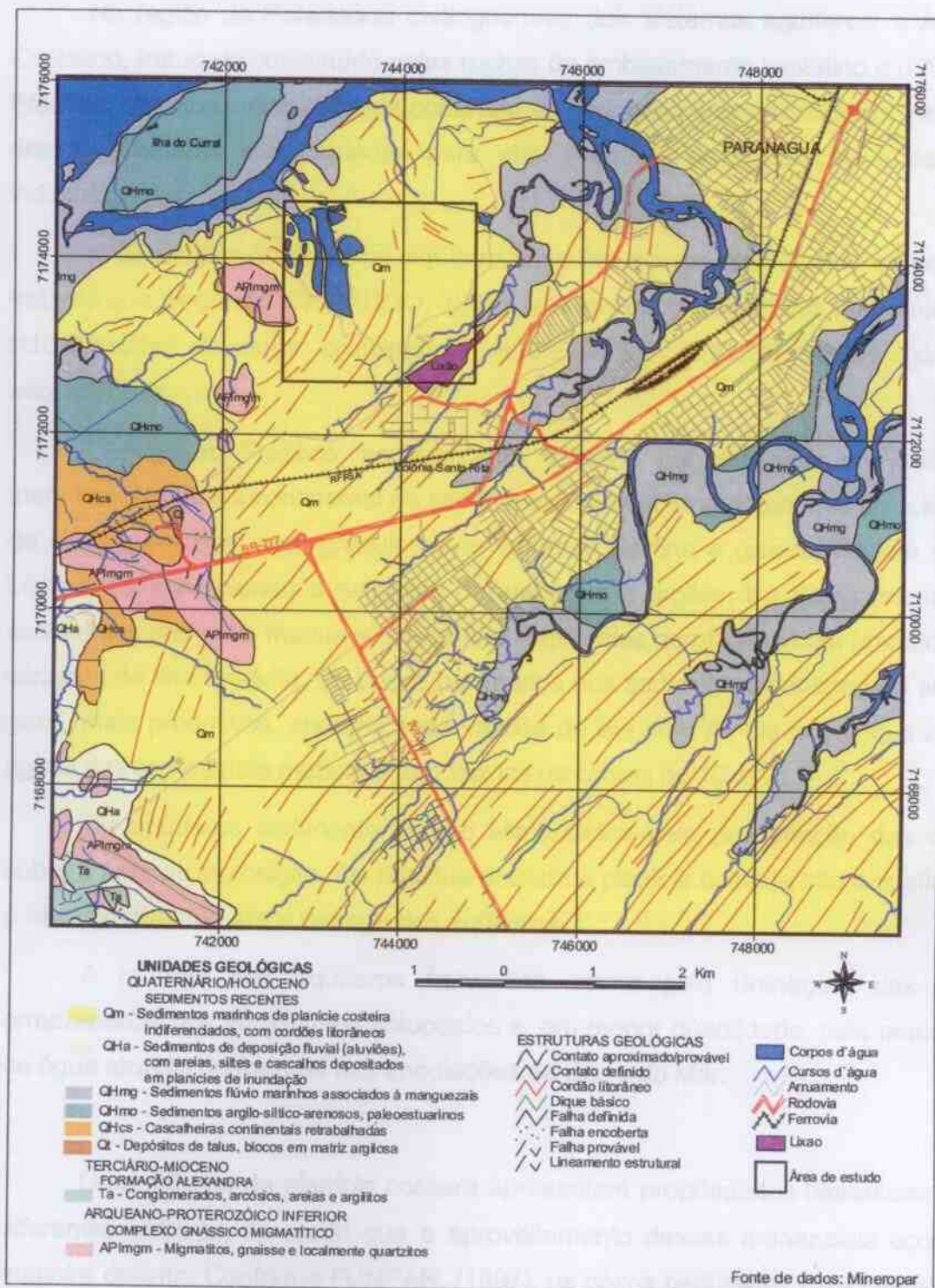
As restingas são consideradas, geralmente, como depósitos de progradação da linha de costa originados pela ação das tempestades, que acumulam areia ou cascalho acima do nível do mar. ANGULO (1992) considera que a porção superior dos cordões litorâneos tem origem eólica enquanto que a porção inferior teria se depositado em ambiente sub-aquático.

ANGULO (1992) mostra que a ação das tempestades é responsável pela formação dos cordões de cascalho ao longo da costa, sendo, no entanto, duvidoso que os cordões arenosos acumulados no interior tenham sua origem associada a esse mesmo tipo de processo.

Os cordões litorâneos apresentam altitude de cerca de 10 m acima do nível do mar, diminuindo, à medida que se aproximam da costa até cerca de 2 m de altitude. Os terraços com altitudes da ordem de 10 m estão associados a dunas costeiras. Os depósitos de planície de marés atuais correspondem a áreas aplainadas sob a influência das marés e sem ação das ondas. Essas áreas são denominadas, de forma controversa, de manguezais, sendo cobertas por sedimentos siltico-argilosos ricos em matéria orgânica (ANGULO, 1992).



FIGURA 12 – MAPA GEOLÓGICO





## 1.22 HIDROGEOLOGIA REGIONAL

Na região de Paranaguá distinguem-se dois sistemas aquíferos: o Aquífero Cristalino, fraturado constituído pelas rochas do embasamento cristalino e o Aquífero Freático, poroso constituído pela cobertura de sedimentos inconsolidados. As águas desses aquíferos são captadas para abastecimento da população e para uso industrial.

A circulação da água no aquífero cristalino ocorre através dos sistemas de fraturas que, segundo (CAMARGO, 1995), tem as seguintes atitudes predominantes: N10°W/50°NE (sistema principal) e N06°E/30°SE e N09°E/34°SW (sistemas secundários).

O Aquífero Freático, sedimentar é formado por depósitos continentais e marinhos. Na fácies continental os sedimentos são sub-angulares, mal selecionados de areia quartzosa, com granulometria variando de fina a grossa. Podem ocorrer intercalações de camadas delgadas de areia fina e argilas. Na fácies marinha, os sedimentos são mais maduros, consistindo em areias quartzosas com granulometria variando de fina a média. Os poços perfurados nos sedimentos continentais são, em geral, mais produtivos, apresentando vazões de até 40m<sup>3</sup>/h. Os poços que captam águas dos sedimentos marinhos têm vazões da ordem de 10 m<sup>3</sup>/h.

Os aquíferos sedimentares são alimentados pela precipitação das chuvas sobre a área de exposição. Os rios que drenam a planície costeira são rios efluentes e não contribuem para a recarga dos aquíferos.

A recarga dos aquíferos fraturados ocorre pela drenagem das águas armazenadas nos sedimentos sotopostos e, em menor quantidade, pela percolação de água através de fraturas nas imediações da Serra do Mar.

Os aquíferos da planície costeira apresentam propriedades hidráulicas muito diferentes entre si, de modo que o aproveitamento desses mananciais ocorre de maneira distinta. Conforme FUNPAR, (1997), os poços perfurados para captação de água do aquífero cristalino (fraturado), têm profundidades superiores a 100 m, com

entradas de água situadas entre 60 e 130 m de profundidade e vazões variando de 3 a 20 m<sup>3</sup>/h. Os poços perfurados no aquífero sedimentar são rasos, isto é, têm profundidade média de 25 m e são vulneráveis à contaminação, pelas suas características físicas e pela proximidade do nível da água subterrânea.

O modelo conceitual do sistema Aquífero Freático é o de um aquífero livre, homogêneo e isotrópico, limitado por fronteiras móveis, definidas pela superfície potenciométrica e pela interface água doce – água salgada e por uma fronteira fixa, representada pelo embasamento cristalino sobre o qual se assenta o aquífero.

A recarga do aquífero se deve, essencialmente, às precipitações pluviométricas e a descarga ocorre através de alguns poucos poços tubulares e do tipo ponteira.

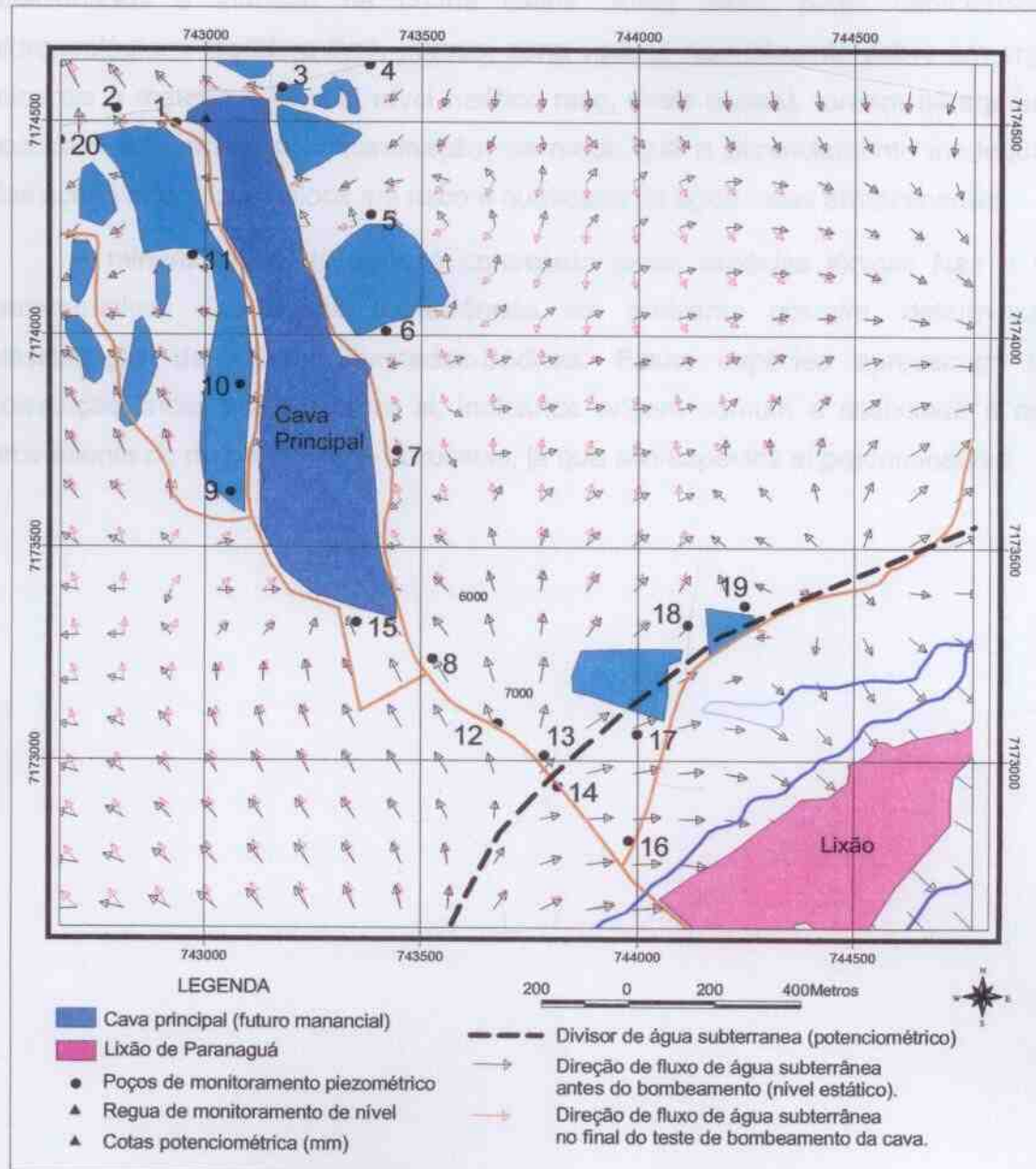
#### 1.22.1 Influência da maré e a potenciométrica do aquífero

Nos aquíferos costeiros, os níveis das águas subterrâneas estão sujeitos a oscilações por influência das marés oceânicas. A amplitude dessas oscilações depende, entre outros fatores, da conexão hidráulica entre o aquífero e o mar, bem como da distância entre o ponto de observação e a linha da costa.

A potenciométrica do aquífero é afetada tanto pela oscilação do nível da água causado pelas marés, como pela recarga por águas de chuva. Para a elaboração do mapa potenciométrico, tomou-se a precaução de tomar as medidas de nível estático em período de pouca chuva e em intervalos de tempo semelhantes. O mapa resultante serve como um bom indicativo da superfície potenciométrica do aquífero.



FIGURA 13 – MAPA POTENCIOMÉTRICO



### 1.22.2 Qualidade da água

A qualidade química da água subterrânea é, em geral, controlada por fatores como qualidade da água de recarga, tipo de aquífero, litologias percoladas, tempo



de residência, acrescentando-se, no caso de aquíferos costeiros, os efeitos relacionados à intrusão da cunha salina. Além disso, pelas características hidrogeológicas (aquífero livre, poroso, zona vadosa normalmente pobre em argilo-minerais e matéria orgânica, nível freático raso, entre outras), tornam os aquíferos costeiros vulneráveis à contaminação, de modo que o gerenciamento inadequado das ações antrópicas coloca em risco a qualidade da água neles armazenadas.

A mineralização da água é controlada pelas espécies iônicas  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , características das águas subterrâneas em ambiente costeiro, determinando classificação de águas Cloretadas-Sódicas. Essas espécies apresentam boa correlação linear positiva entre si, indicando origem comum e associada à água proveniente do mar através de aerossóis, já que são espécies aí predominantes.

Além disso, a alta condutividade elétrica (CE) das águas subterrâneas costeiras, associada à alta concentração de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , é uma característica marcante que indica a influência do mar na mineralização da água.

O grau de mineralização das águas subterrâneas costeiras é variável, dependendo da localização geográfica e da profundidade da zona de saturação. No entanto, a maioria das águas subterrâneas costeiras apresenta uma mineralização moderada a alta, o que pode ser atribuído à influência do mar na mineralização da água.

FIGURA 1 - VERTICAIS ALTERNATIVAS PARA O TESTE DE 100/0



## CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLOGICA DA CAVA

### 1.23 ENSAIO DE BOMBEAMENTO

Inicialmente, antes do teste de bombeamento contínuo da cava que foi iniciado no dia 11/08/2011, às 12:00h, foram realizadas as medições dos níveis estáticos dos poços e da própria cava. Tais medições sofreram posteriormente correções para indicar a superfície potenciométrica de acordo com RN definido em cota de 6.499mm.

O bombeamento foi realizado através de 02 (duas) dragas de sucção, com tubulação de carga e de descarga com diâmetro de 6" (polegadas), acionadas por motores de caminhões adaptados, as quais descarregavam as vazões correspondentes em uma boca de lobo que conduzia a água até o vertedouro com seção conhecida para medição, conforme seqüência FOTO 8.

O teste de produção se estendeu até o dia 21/08/2011, totalizando 10 dias, e por todo este período foram observadas os níveis dos poços de observação, como demonstra TABELA 9. Com o encerramento do bombeamento, iniciou-se a observação da recuperação de nível d'água da cava de 21/08/2011 até 04/09/2011 e dos poços de observação desde o dia 21/08/2011 até 27/08/2011, totalizando 14 dias para a cava e 6 dias para os poços.

FOTO 8 – VERTEDOURO INSTALADO PARA O TESTE DE VAZÃO



TABELA 9 – PLANILHA DE COTAS DOS POÇOS

POÇO	UTM_X	UTM_Y	COTA_(mm)	Cota NE	Cota final teste	Variação
cava				4600	3960	640
1	743380	7174642	6186	4686	3486	1200
2	743177	7174582	4641	4661	4281	380
3	742914	7174510	5724	4924	4724	200
4	742802	7174556	6202	5502	5402	100
5	742666	7174459	6675	5095	4925	170
6	742859	7173836	5151	4351	4591	240
7	742898	7173638	6829	6829	6829	0
8	743339	7173295	13571	9161	8691	470
9	743378	7173175	7906	3856	3596	260
10	743815	7173061	4026	1526	1326	200
11	743806	7172908	1537	137	97	40
12	743996	7172606	14423	10423	10383	40
13	744031	7172719	12762	10382	10222	160
14	744008	7173146	12213	10463	10273	190
15	744532	7173464	8967	7687	7607	80
16	744155	7173467	11330	9500	9310	190
17	744778	7173677	12024	8324	8184	140
18	744816	7173807	11107	7127	7037	90
19	743413	7174008	8033	3283	3883	600
20	743392	7174272	8956	5256	5256	0



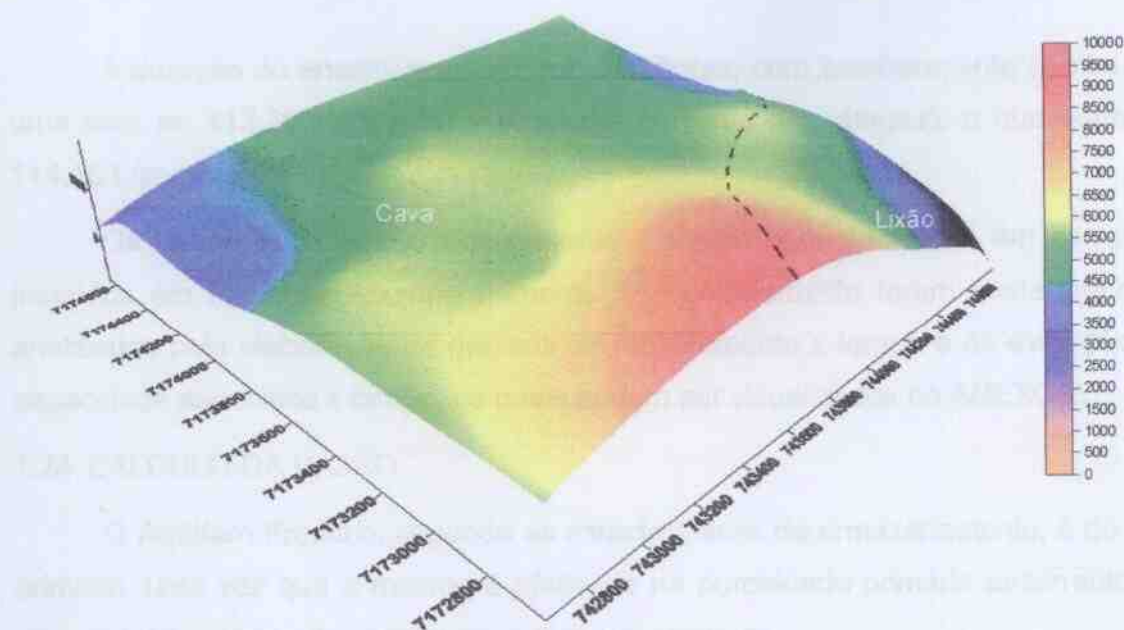
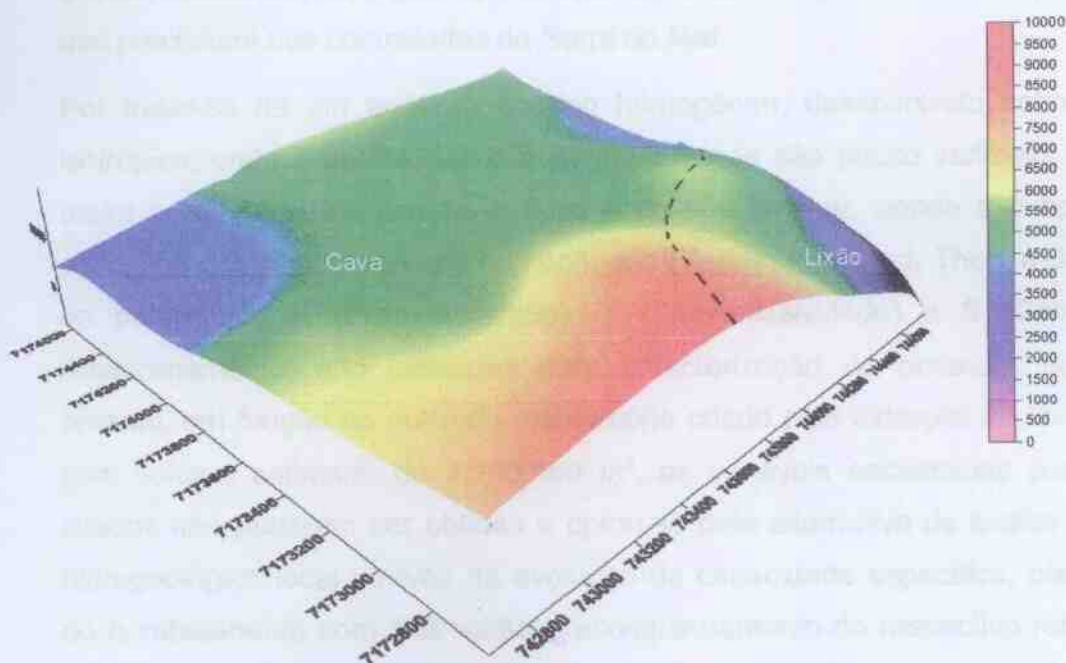


FIGURA 15 – SUPERFÍCIE POTENCIOMETRICA DA ÁREA NO FINAL DO TESTE DE BOMBEAMENTO NA CAVA.



A duração do ensaio, portanto, foi 448 e 20 minutos, com bombeamento contínuo a uma taxa de 412,20 m<sup>3</sup>/h (vazão regulada, conjunta das dragas), o que equivale 114,15 L/segundo.

A duração do ensaio, portanto, foi 245 horas, com bombeamento contínuo a uma taxa de 412,20 m<sup>3</sup>/h (vazão regulada, conjunta das dragas), o que equivale 114,15 L/segundo.

Os dados de vazão x rebaixamento x tempo acompanhados em campo e inseridos em Ficha de Acompanhamento de Bombeamento foram posteriormente analisados pela elaboração de gráficos de rebaixamento x tempo e de evolução da capacidade específica x tempo, os quais podem ser visualizados no ANEXO 2.

#### 1.24 CÁLCULO DA VAZÃO

O Aquífero Freático, segundo as características de armazenamento, é do tipo primário, uma vez que o mesmo é efetivado na porosidade primária decorrente da composição arenosa dos sedimentos que o constituem.

Quanto ao potencial hidráulico, é do tipo livre, uma vez que a pressão no aquífero é igual à pressão atmosférica local.

O potencial hidrogeológico local desta forma está associado em primeira instância às chuvas ocorrentes na região da Planície Litorânea Paranaense, bem como daquelas que precipitam nos contrafortes da Serra do Mar.

Por tratar-se de um aquífero do tipo homogêneo, desenvolvido sobre um meio isotrópico, onde a porosidade e a permeabilidade são pouco variáveis, e onde na maior parte de sua extensão o fluxo é do tipo laminar, aonde são aplicáveis os conceitos dos meios porosos homogêneos (Teorias de Darcy, Theis e Jacob) onde os parâmetros K (Permeabilidade), T (Transmissividade) e S (Coeficiente de Armazenamento) são utilizados para caracterização do potencial aquífero. No entanto, em função do porte do reservatório criado pela extração de areia da cava, com volume estimado de 2.100.000 m<sup>3</sup>, as variáveis necessárias para métodos citados não puderam ser obtidas e optou-se pela alternativa de avaliar o potencial hidrogeológico local através da evolução da capacidade específica, obtida através do bombeamento com alta vazão e acompanhamento do respectivo rebaixamento, em evolução também.



De modo associado, na estimativa do potencial hidrogeológico local, pode ser considerado o resultado do Balanço Hídrico, o qual atribui para a região um excedente hídrico capaz de recarregar o Aquífero Freático em até  $1,6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{ano}$ , além da reserva permanente em todo o conjunto do pacote arenoso que pode contribuir para o reservatório da cava.

Para efeitos de cálculo das condições de exploração do poço tubular, considera-se segundo a evolução logarítmica dos Rebaixamentos e Capacidades Específicas, para um período longo de tempo, como suficiente para completa estabilização das variáveis.

#### 1.24.1 Vazão Máxima Possível

De posse da Capacidade Específica Estabilizada, e considerando-se, com segurança, o rebaixamento máximo disponível (6,0 m) considerando a profundidade final da cava (12,0m na porção norte), chega-se ao valor da vazão de exploração máxima multiplicando-se a Capacidade Específica Estabilizada pelo Rebaixamento Máximo Disponível.

#### CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO MÁXIMAS

$$Q_{\text{max.}} = Q/\Delta e \times \Delta p$$

$$Q_{\text{máx.}} (\text{Vazão Máxima de Exploração}) = 149,42 \text{ m}^3/\text{h.m} \times 6,0\text{m} = 896,0 \text{ m}^3/\text{h} = 248,0\text{L}/\text{segundo}$$

$$Q_{\text{máx.}} = 896,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta p_{\text{máx}} = 6,0 \text{ m}$$

REGIME DE BOMBEAMENTO MÁXIMO: 10h00min/dia

PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA:  $10.752 \text{ m}^3$

Tal produção só pode ser admitida para um período não superior a 30 dias ininterruptos. Para períodos maiores o estudo recomenda que sejam pautados em um acompanhamento minucioso dos níveis dos poços de observação.



#### 1.24.2 Cálculo da Vazão de Exploração

Em favor da segurança para garantir as características qualitativas das águas, admitem-se as condições de exploração abaixo recomendadas, arbitrando-se rebaixamento máximo de 3,0m:

#### CONDIÇÕES EXPLORAÇÃO RECOMENDADAS

$Q/\Delta e$  (Capacidade Específica Estabilizada) = 149,42 m<sup>3</sup>/h.m

$\Delta r$  (Rebaixamento Máximo Recomendado) = 3,0m

$Q_{rec.} = Q/\Delta e \times \Delta r = 149,42 \text{ m}^3/\text{h.m} \times 3,0\text{m} = 448,0 \text{ m}^3/\text{h} = 124,0\text{L}/\text{segundo}$

$Q_{rec.} = 448,0 \text{ m}^3/\text{h}$

REGIME DE BOMBEAMENTO RECOMENDADO: 18h00min/dia

PRODUÇÃO TOTAL DIÁRIA: 8.064 m<sup>3</sup>/dia

A vazão de exploração aqui recomendada, bem como os respectivos níveis, também devem ser monitorados e é admitida para todo o decorrer do ano, visto que foram obtidas em condições hostis do ponto de vista da recarga direta pelas chuvas, como pode ser comprovado através da TABELA 10, a qual relata as precipitações observadas num período de 90 dias anteriores ao teste de bombeamento, bem como durante os dias do ensaio, incluindo a recuperação. A estação pluviométrica observada está localizada próxima ao Aeroparque, no município de Paranaguá, a qual é devidamente operada pelo INEMET, código 02548010 e os seus dados diários no período encontram-se no ANEXO 3.

TABELA 10 – PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

MÊS	TOTAL MÊS (mm)	ACUMULADO (mm)
ABRIL	118,7	118,7
MAIO	29,6	148,3
JUNHO	76,0	181,6
JULHO	121,8	346,1
AGOSTO/SETEMBRO	253,0	599,1
ATÉ O FINAL DO MONITORAMENTO		

#### 1.24.3 Hidroquímica

A composição físico-química da água subterrânea é uma característica intrínseca dos aquíferos e resulta da interação entre água e rocha que os compõem. Esta qualidade é traduzida pelo tipo e grau de mineralização da água resultando em aptidões para usos distintos. A composição hidroquímica natural varia entre os aquíferos e também dentro deles em função da diversidade litológica, proximidade e distância das áreas de recarga, do grau de confinamento, do tempo de residência e do tipo e velocidade de fluxo.

O quadro geral da qualidade da água para fins de abastecimento público foi feito a partir dos resultados de análises físico-químicas e bacteriológicas de 04 amostras de água coletadas em 03 poços de observação e 1 na própria cava. As análises foram feitas no LPH-Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas (Departamento de Geologia/UFPR), com a determinação da concentração dos



principais cátions e ânions e os resultados dessas análises estão apresentados na TABELA 11 e os laudos completos no ANEXO 4. Os parâmetros pH, condutividade elétrica e temperatura foram medidos no momento da coleta das amostras.

De acordo com os resultados apresentados a água proveniente da cava apresenta-se como potável desde que feita correção do pH, igual a 4,24, para torná-lo alcalino.

Os laudos das análises bacteriológicas encontram-se no ANEXO 5, os quais demonstram ausência de contaminação por coliformes fecais (*Escherichia coli*), denotando a grande capacidade de depuração do aquífero mesmo com a sua proximidade da superfície. O resultado positivo para coliformes totais deve-se a influências do ambiente externo da cava (aves, etc) e a presença nos poços pode ser devido a contaminação na amostragem sem inviabilizar a qualidade do manancial para abastecimento público.

No diagrama de Piper (FIGURA 14), observa-se a relação entre os parâmetros físico-químicos com a indicação da classificação geoquímica de Piper para as amostras de água como Cloretadas Mistas.

As amostras de água apresentam caráter ácido, com pH variando de 4,24 a 5,97, provavelmente em consequência do baixo tempo de residência, em função de uma renovação constante proveniente de recarga direta das chuvas, cujo pH é também baixo. Os teores de sólidos dissolvidos totais, considerando o ambiente estuarino, é relativamente baixo, variando de 7,9 a 32 mg/L.

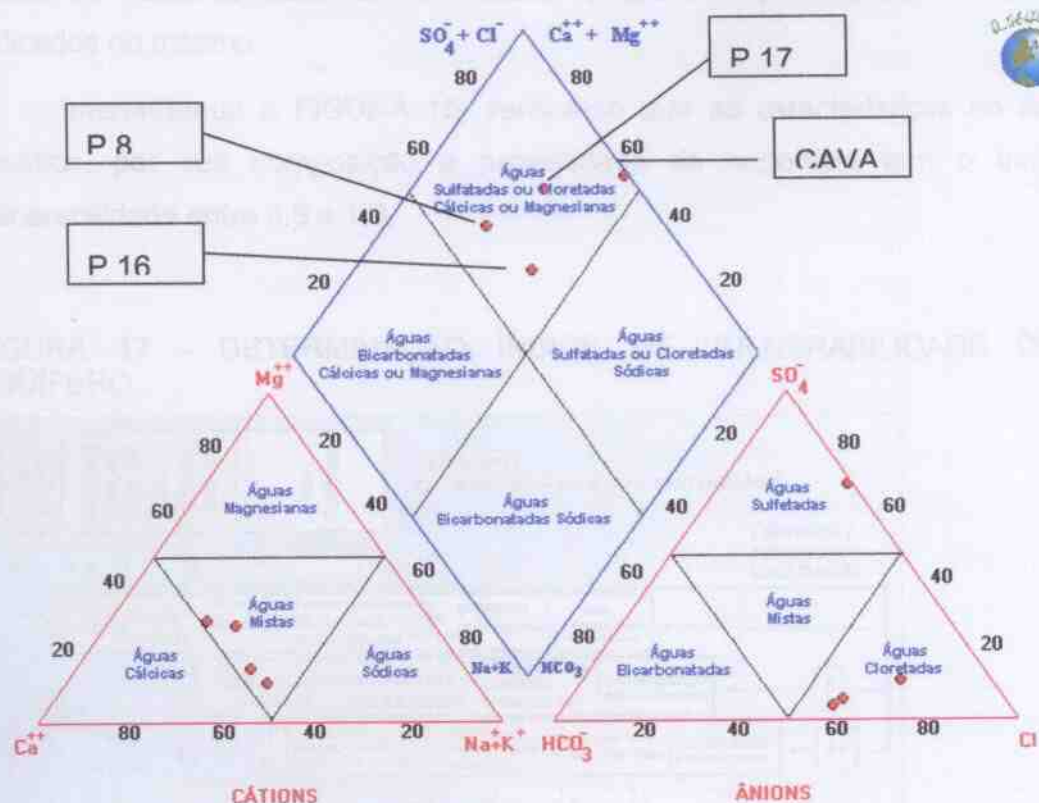
Entre as substâncias indesejáveis, pode ser citado o  $\text{NO}_3^{-2}$ , que em todas as amostras apresentou-se em teores bem abaixo dos limites de precaução, o que denota uma ausência de contaminação antrópica por esgotos domésticos.



TABELA 11 – RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS

Parâmetros Analisados	CAVA	Poço 8	Poço 16	Poço 17
PH	4,24	5,92	5,82	5,97
Condutividade Elétrica	65,1	61,2	31,8	18,3
Sólidos Dissolvidos Totais	21	27,4	32,0	7,9
Dureza Total; CaCO <sub>3</sub> – mg/L	7,49	19,68	7,49	4,80
Alcalinidade Total CaCO <sub>3</sub>	0	7,53	3,96	0,99
Bicarbonato HCO <sub>3</sub>	0	9,18	4,83	1,21
Na – mg/L	2,20	1,90	1,80	0,70
K - (mg/L)	0,90	0,90	0,60	0,30
Ca (mg/L)	2,44	4,88	2,28	1,16
Mg – mg/L	0,34	1,82	0,44	0,46
Cl - mg/L	3,20	8,13	4,71	41,40
SO <sub>4</sub> (mg/L)	11,5	< 1	< 1,0	< 1
PO <sub>4</sub> (mg/L)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
SiO <sub>2</sub> – mg/L	0,4	3,0	3,1	0,9
Fe - mg/L	0,04	0,11	0,08	0,08
NO <sub>3</sub> - mg/L	< 0,04	< 1,24	1,37	1,15
NO <sub>2</sub> – mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F – mg/L	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01

FIGURA 16 – DIAGRAMA DE PIPER



### 1.25 VULNERABILIDADE DO AQÜÍFERO

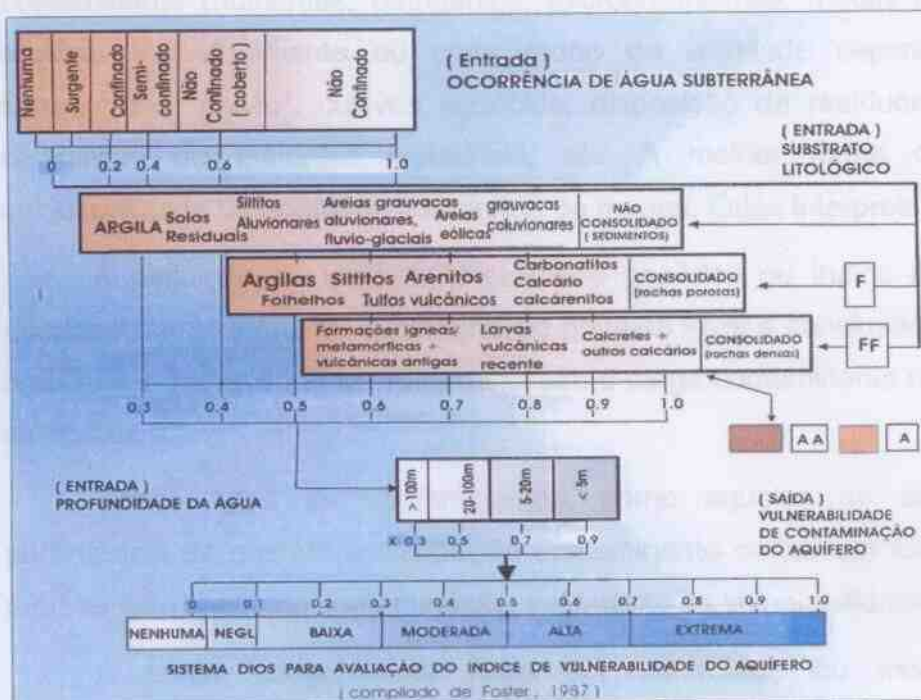
O termo vulnerabilidade a contaminação do aquífero é usado para representar as características intrínsecas que determinam a susceptibilidade de um aquífero ser adversamente afetado por uma carga contaminante, FOSTER, (1991).

A vulnerabilidade de um aquífero é função da inacessibilidade à penetração da carga contaminante até a zona saturada, que está associada à capacidade de atenuação da zona não saturada do aquífero devido à retenção física e/ou reação.

Para medir a intensidade de vulnerabilidade de um aquífero tem sido usado o índice de vulnerabilidade. A FIGURA 15 ilustra é um esquema útil para determinar o índice de vulnerabilidade em um aquífero, que é o produto dos componentes indicados no mesmo.

Interpretando a FIGURA 15, verifica-se que as características do Aquífero Freático, por sua composição e proximidade da superfície tem o índice de vulnerabilidade entre 0,9 e 1,0.

FIGURA 17 - DETERMINAÇÃO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE DE UM AQUIFERO



A hipótese levantada para o modelo hidrogeológico, após análises da superfície potenciométrica, componentes de fluxos ou escoamento, informações sobre as áreas de recarga e descarga, estimativas de infiltração, confirma que o índice definido está coerente.



## 1.26 RISCO DE CONTAMINAÇÃO

Os componentes da vulnerabilidade interagem com os componentes correspondentes da carga contaminante no solo, assim como: modo de disposição do contaminante no subsolo, magnitude da carga hidráulica, classe do contaminante em termos de mobilidade e persistência.

Esta interação determina o tempo de residência na zona não saturada e a demora da chegada do contaminante ao aquífero, e além, do grau de sua atenuação, como: degradação, retenção e eliminação antes de chegar ao aquífero.

Cientificamente é mais coerente avaliar a vulnerabilidade a cada classe de contaminante (nutrientes, patogênico, microorganismos, metais pesados, etc.) ou analisar individualmente ou cada grupo de atividade separadamente, como: saneamento "*in-situ*", cultivos agrícolas, disposição de resíduos sólidos (lixões), disposição de efluentes industriais, etc. A melhor forma de apresentar a vulnerabilidade de aquíferos é na forma de mapas. Estes interpretados com cautela.

A definição de uma vulnerabilidade genérica ou índice de vulnerabilidade universal num cenário de contaminação pode-se levar a conclusão errônea, pois, na realidade a interação entre vulnerabilidade e carga contaminante no subsolo é muito complexa.

Certos tipos de contaminantes, como aqueles de alta mobilidade e persistência ou quando a disposição contaminante ocorre em local abaixo do NE, representam riscos de contaminação, indiferente da vulnerabilidade do aquífero.

A carga contaminante pode ser controlada ou modificada, mas a vulnerabilidade não.

Contudo, mesmo um sistema genérico de classificação de aquífero e índice de vulnerabilidade pode ser de uso prático para determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas a nível preliminar.

O risco é a probabilidade de contaminação das águas subterrâneas, alcançando teores fora dos padrões de potabilidade (OMS) para consumo humano.

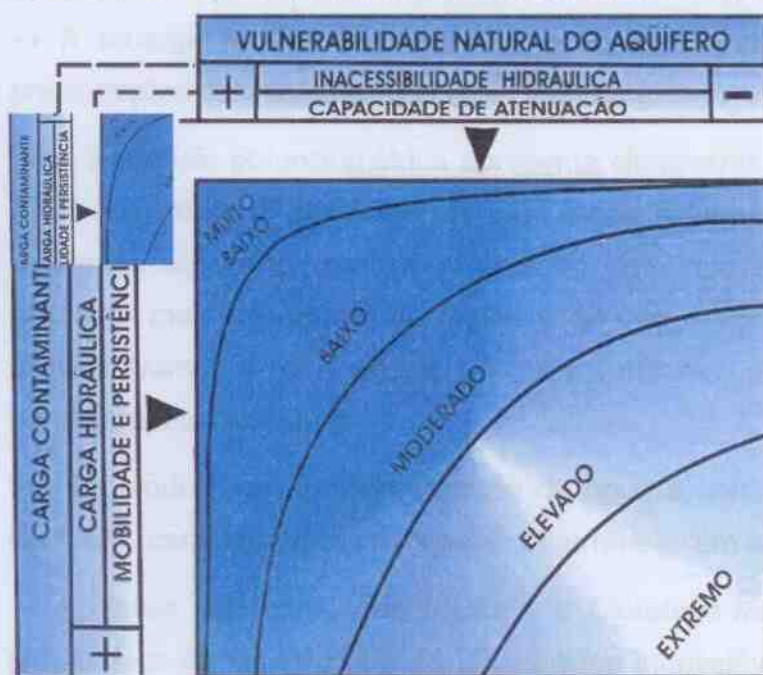
O risco é uma séria ameaça de contaminação, que depende de sua mobilidade e persistência.

O grau do risco de contaminação das águas subterrâneas decorre das atividades antrópicas.

A descontaminação de um aquífero envolve altos custos, longo espaço de tempo, restrições técnicas e econômicas.

O esquema para avaliação do risco de contaminação apresentado a seguir é de grande valia na definição do grau do risco de contaminação que envolve a interação de dois fatores: vulnerabilidade natural e carga contaminante.

FIGURA 18 - VULNERABILIDADE NATURAL DO AQÜÍFERO



Esquema conceitual para avaliação do risco de contaminação

Conforme levantamento do uso do solo na área, atualmente a principal carga contaminante da região, por ações antrópicas é o lixo do Imbocuí, visto que não temos produção significativa de esgotos domésticos, no entanto, fica claro no levantamento potenciométrico que o "lixão" encontra-se em uma bacia hidrográfica e



## CONCLUSÕES

- O Aquífero Freático é um aquífero livre, constituído por sedimentos quartzosos, bem selecionados, de granulometria fina a muito fina. A uniformidade litológica da seqüência arenosa que forma o arcabouço do aquífero lhe conferem características hidrogeológicas homogêneas e isotrópicas;
- O Aquífero Freático é limitado por fronteiras móveis, definidas pela superfície potenciométrica e pela interface água doce/água salgada e por uma fronteira fixa, representada pelo embasamento cristalino sobre o qual se assenta o aquífero;
- A influência das oscilações dos regimes das marés oceânicas, se manifesta nos poços de observação;
- A recarga do Aquífero Freático ocorre, essencialmente, pela infiltração das precipitações pluviométricas;
- A superfície potenciométrica apresenta claramente um divisor de águas entre o "Lixão do Imbocuí" e a cava de exploração de água para abastecimento, o que determina segurança para a exploração visto que ele é a fonte potencialmente poluidora mais importante da região e que as direções de fluxo não modificaram significativamente em direção à cava, mesmo na parte final do teste de bombeamento realizado;
- De modo geral, a mineralização da água é controlada pelas espécies iônicas  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , características das águas subterrâneas em ambiente costeiro;
- A classe dominante das águas é a Cloretada-Mista, segundo a classificação geoquímica de Piper. Entre as substâncias indesejáveis, podemos citar apenas a presença de Alumínio em teores superiores aos recomendados;
- O processo desordenado de ocupação da região do Imbocuí deve ser controlado para prevenir concentração populacional elevada e se houver, que tenha sistema de saneamento básico;



subterrânea, diferente da área da cava, o que proporciona grande segurança na exploração da cava sem influência dos contaminantes provenientes do chorume, conforme pode ser observado na FIGURA 13.

#### 1.27 MEDIDAS CORRETIVAS E PREVENTIVAS

O Aquífero Freático, conforme já informado, representa um alto risco potencial e eminente de contaminação se não forem tomadas medidas, como: continuidade de implantação de saneamento básico (retirada do "Lixão do Imbocuí") e restrições de ocupação urbana na área. As atividades de mineração não representam risco para a qualidade do aquífero, desde que tomadas medidas de prevenção contra derramamentos de combustíveis e lubrificantes.

Especificamente para área objeto do presente estudo a baixa densidade de ocupação urbana, garante a qualidade das águas subterrâneas, desde que não haja super-exploração que venha a provocar a atração da cunha salina.

- O valor calculado para a recarga do aquífero é de  $1,6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{ano}$ , para toda a extensão da Planície Litorânea;
- A Vazão Recomendada para a exploração de água da cava é de  $448,0 \text{ m}^3/\text{h} = 124,0\text{L}/\text{segundo}$ , com nível de 3,0m de rebaixamento;
- O Regime de Bombeamento Recomendado é 18h00min/dia;
- A Produção Total Diária de Água Recomendada é de  $8.064 \text{ m}^3/\text{dia}$ ;
- Um regime de exploração racional, poderá atender, de forma rápida e econômica, a demanda de água dos moradores da cidade de Paranaguá;
- O empreendimento é econômica e tecnicamente viável;
- A Exploração de Água Recomendada deve ser acompanhada por um Programa de Monitoramento de Vazão, Níveis e de qualidade da água.

Curitiba, 07 de dezembro de 2011.

Luiz Fornazzari Neto

M.Sc. Geólogo

CREA-PR 28.747/D

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO, R. J. Geologia da planície costeira do estado do Paraná. São Paulo, 1992. 314f. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

BIGARELLA J.J., BECKER, R.D., MATOS, D.J. WERNER, A. Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná: um problema de segurança ambiental e nacional. Curitiba: Governo do Estado do Paraná/SEPL/ADEA, 1978

BIGARELLA, J.J. Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. Arquivos de Biologia e Tecnologia, V.1. p.75-11, 1946.

BIGARELLA, J.J., SALAMUNI, R., MARQUES FILHO, P.L. Ocorrência de depósitos sedimentares continentais no litoral do Estado do Paraná (Formação Alexandra). Notas Preliminares - Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas. v.1, 7p. Curitiba, 1959

BIGARELLA, J.J. Nota explicativa acompanhando a folha geológica de Paranaguá. Boletim da Universidade Federal do Paraná., Curitiba, n.13. p.15, 1965.

CAMARGO, E.C. Definição de características do meio físico para implantação de aterros sanitários na porção sul do município de Paranaguá, 1995. 126f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

EMBRAPA/IAPAR – Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná (1984).



FOSTER, S.S.D. & HIRATA, R., 1991 – Determinación del Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente, Lima, Peru.

HIRATA, R., 1997 – Vulnerabilidade e Risco da Contaminação dos Recursos Hídricos Subterráneos. Impactos Ambientais e Águas Subterráneas no Brasil – Rio de Janeiro – 1 a 3 de outubro de 1997.

IAPAR, - Cartas Temáticas, 1994.

MINEROPAR, - Atlas Geomorfológico UFPR/ 2006.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Curitiba: EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984.

FUNPAR, Fundação da Universidade Federal do Paraná. Estudo de impacto ambiental (EIA) de uma usina termelétrica na Baía de Paranaguá e do porto de desembarque, subestação e linha de transmissão associados. V.2. Curitiba, 1997

IPARDES, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Macrozoneamento da APA de Guaraqueçaba. Curitiba: IPARDES, V.2. p.257, 1990.

MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. 2., Rio de Janeiro : José Olímpio, 1981.

MINEROPAR, Minerais do Paraná S.A, 1989. Mapa Geológico do Estado do Paraná. Brasília. Departamento nacional de produção mineral ( DNPM). Escala 1: 650.000.

MINERAIS DO PARANÁ - Cartas Geológicas do Estado do Paraná, 1:250.000, 2006.

RIVERAU et al. Folha geológica de Paranaguá. Curitiba: Comissão da carta Geológica do Paraná, 1969. Escala 1: 70.000.

STANDART METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTWATER, 1998.

TESSLER, M. G.; SUGUIO, K. Características sedimentológicas da Formação Cananéia (pleistoceno Superior) na área de Paranaguá (Estado do Paraná, Brasil).

## 30 FOLHENS DE ANÁLISES GEOMORFOLÓGICAS

### ANEXOS



## 1.28 BOLETINS DE ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS

## 1.29 PLANILHA DE ACOMPANHAMENTO DA PLUVIOMETRIA

### 1.30 LAUDOS DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS			
Item	Localização	Quantidade	Unidade
1	100m	100g	g
2	100m	100g	g
3	100m	100g	g
4	100m	100g	g
5	100m	100g	g
6	100m	100g	g
7	100m	100g	g
8	100m	100g	g
9	100m	100g	g
10	100m	100g	g
11	100m	100g	g
12	100m	100g	g
13	100m	100g	g
14	100m	100g	g
15	100m	100g	g
16	100m	100g	g
17	100m	100g	g
18	100m	100g	g
19	100m	100g	g
20	100m	100g	g
21	100m	100g	g
22	100m	100g	g
23	100m	100g	g
24	100m	100g	g
25	100m	100g	g
26	100m	100g	g
27	100m	100g	g
28	100m	100g	g
29	100m	100g	g
30	100m	100g	g
31	100m	100g	g
32	100m	100g	g
33	100m	100g	g
34	100m	100g	g
35	100m	100g	g
36	100m	100g	g
37	100m	100g	g
38	100m	100g	g
39	100m	100g	g
40	100m	100g	g
41	100m	100g	g
42	100m	100g	g
43	100m	100g	g
44	100m	100g	g
45	100m	100g	g
46	100m	100g	g
47	100m	100g	g
48	100m	100g	g
49	100m	100g	g
50	100m	100g	g
51	100m	100g	g
52	100m	100g	g
53	100m	100g	g
54	100m	100g	g
55	100m	100g	g
56	100m	100g	g
57	100m	100g	g
58	100m	100g	g
59	100m	100g	g
60	100m	100g	g
61	100m	100g	g
62	100m	100g	g
63	100m	100g	g
64	100m	100g	g
65	100m	100g	g
66	100m	100g	g
67	100m	100g	g
68	100m	100g	g
69	100m	100g	g
70	100m	100g	g
71	100m	100g	g
72	100m	100g	g
73	100m	100g	g
74	100m	100g	g
75	100m	100g	g
76	100m	100g	g
77	100m	100g	g
78	100m	100g	g
79	100m	100g	g
80	100m	100g	g
81	100m	100g	g
82	100m	100g	g
83	100m	100g	g
84	100m	100g	g
85	100m	100g	g
86	100m	100g	g
87	100m	100g	g
88	100m	100g	g
89	100m	100g	g
90	100m	100g	g
91	100m	100g	g
92	100m	100g	g
93	100m	100g	g
94	100m	100g	g
95	100m	100g	g
96	100m	100g	g
97	100m	100g	g
98	100m	100g	g
99	100m	100g	g
100	100m	100g	g



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA

Nº 12126

Solicitante: Luiz Fornazzari Neto

Data de entrega: 31.08.2011

Amostrador: Luiz Fornazzari Neto

Data da coleta: 28.08.2011

Distrito/Cidade: Paranaguá

U.F.: PR

Local da coleta: Imbocuí - Cavas 01

Aspecto "in natura": límpida  
Cor (uH): <5  
Turbidez (UT): 2

Odor: Não objetável  
Condutividade à (µS/cm25°C): 65.1  
pH: 4.24

		mg/L
Alcalinidade total	CaCO <sub>3</sub>	0
Alcalinidade a fenolftaleína	CaCO <sub>3</sub>	0
Dureza total	CaCO <sub>3</sub>	7.49
Acidez	CaCO <sub>3</sub>	12.9
Dióxido de carbono livre	CO <sub>2</sub>	11.4
Nitrogênio Kjeldahl total	N	0.13
Nitrogênio amoniacal	N(NH <sub>3</sub> )	0.03
Nitrogênio orgânico	N	0.10
Sólidos totais à 103 °C		21
Sólidos suspensos totais		<5
Sólidos dissolvidos totais		21
Silica dissolvida	SiO <sub>2</sub>	0.4
DQO - Demanda química de oxigênio	O <sub>2</sub>	<4

		mg/L
Bicarbonato	HCO <sub>3</sub>	0
Carbonato	CO <sub>3</sub>	0
Hidróxido	OH	0
Cloreto	Cl	3.20
Fluoreto	F	<0.01
Fosfato	PO <sub>4</sub>	<0.03
Sulfato	SO <sub>4</sub>	11.5
Nitrato	NO <sub>3</sub>	<0.04
Nitrito	NO <sub>2</sub>	<0.01
Cálcio	Ca	2.44
Magnésio	Mg	0.34
Sódio	Na	2.20
Potássio	K	0.90
Ferro total	Fe	0.04

Diferença do Balanço Iônico (DBI)	Σ Cátions (meq/L): 0.27	Σ Ânions (meq/L): 0.32	DBI (%): 10.24
-----------------------------------	-------------------------	------------------------	----------------

**POTABILIDADE:** Os parâmetros analisados estão em conformidade com os padrões de potabilidade da água para consumo humano estabelecidos pela Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

**VALORES MÁXIMOS PERMISSÍVEIS:** cor 15 uH - cloreto 250 mg/L - dureza 500 mg/L - ferro total 0.3 mg/L - fluoreto 1.5 mg/L - manganês 0.1 mg/L - nitrato 45 mg/L - nitrito 3 mg/L - nitrogênio amoniacal 1.5 mg/L - sódio 200 mg/L - sólidos totais dissolvidos 1000 mg/L - sulfato 250mg/L - turbidez 5 UT. Para o pH os valores recomendados são entre de 6.0 e 9.5.

**Observação:** A presente análise tem seu valor restrito a amostra recebida pelo LPH.

**Bibliografia:** APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed, 1998.

Curitiba, 22 de novembro de 2011.

Daniela Kuss  
Técnica Analista  
CRQ 09401359

Alexsandro Gregorio  
Químico Responsável  
CRQ 09201684

## ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA

Nº 12127

Solicitante:	Luiz Fornazzari Neto	Data da entrega:	31.08.2011
Amostrador:	Luiz Fornazzari Neto	Data da coleta:	28.08.2011
Distrito/Cidade:	Paranaguá	U.F.:	PR
Local da coleta:	Imbocuí - P8		

Aspecto "in natura":	límpida
Cor (uH):	100
Turbidez (UT):	78

Odor:	Não objetável
Condutividade à (µS/cm25°C):	61.2
pH:	5.92

		mg/L
Alcalinidade total	CaCO <sub>3</sub>	7.53
Alcalinidade à fenolftaleína	CaCO <sub>3</sub>	0
Dureza total	CaCO <sub>3</sub>	19.68
Acidez	CaCO <sub>3</sub>	26.0
Dióxido de carbono livre	CO <sub>2</sub>	22.1
Nitrogênio Kjeldahl total	N	0.23
Nitrogênio amoniacal	N(NH <sub>4</sub> )	0.12
Nitrogênio orgânico	N	0.11
Sólidos totais à 103 °C		1295.4
Sólidos suspensos totais		1268.0
Sólidos dissolvidos totais		27.4
Silica dissolvida	SiO <sub>2</sub>	3.0
DQO – Demanda química de oxigênio	O <sub>2</sub>	<4

		mg/L
Bicarbonato	HCO <sub>3</sub>	9.18
Carbonato	CO <sub>3</sub>	0
Hidróxido	OH	0
Cloreto	Cl	8.13
Fluoreto	F	0.01
Fosfato	PO <sub>4</sub>	<0.03
Sulfato	SO <sub>4</sub>	<1.0
Nitrato	NO <sub>3</sub>	1.24
Nitrito	NO <sub>2</sub>	<0.01
Cálcio	Ca	4.88
Magnésio	Mg	1.82
Sódio	Na	1.90
Potássio	K	0.90
Ferro total	Fe	0.11

Diferença do Balanço Iônico (DBI)

Σ Cátions (meq/L): 0.50

Σ Ânions (meq/L): 0.40

DBI (%): 11.03

**POTABILIDADE:** Os parâmetros **TURBIDEZ** e **COR** analisados não estão em conformidade com os padrões de potabilidade da água para consumo humano estabelecidos pela Portaria Nº518/2004 do Ministério da Saúde.

**VALORES MÁXIMOS PERMISSÍVEIS:** cor 15 uH - cloreto 250 mg/L - dureza 500 mg/L - ferro total 0.3 mg/L - fluoreto 1.5 mg/L - nitrato 45 mg/L - nitrito 3 mg/L - nitrogênio amoniacal 1.5 mg/L - sódio 200 mg/L - sólidos totais dissolvidos 1000 mg/L - sulfato 250mg/L - turbidez 5 UT. Para o pH os valores recomendados são entre de 6.0 e 9.5.

**Observação:** A presente análise tem seu valor restrito à amostra recebida pelo LPH.

**Bibliografia:** APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed. 1998.

Curitiba, 22 de novembro de 2011.

Daniela Kuus  
técnica Analista  
CRQ 09401359

Alexsandro Gregorio  
Químico Responsável  
CRQ 09201684



## ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA

Nº 12128

Solicitante: **Luiz Fornazzari Neto**

Data da entrega: **31.08.2011**

Amostrador: **Luiz Fornazzari Neto**

Data da coleta: **28.08.2011**

Distrito/Cidade: **Paranaguá**

U.F.: **PR**

Local da coleta: **Imbocuí - P16**

Aspecto "in natura": **limpida**  
Cor (uH): **12**  
Turbidez (UT): **10**

Odor: **Não objetável**  
Condutividade à ( $\mu\text{S}/\text{cm}25^\circ\text{C}$ ): **31.8**  
pH: **5.82**

		mg/L
Alcalinidade total	$\text{CaCO}_3$	3.96
Alcalinidade à fenolftaleína	$\text{CaCO}_3$	0
Dureza total	$\text{CaCO}_3$	7.49
Acidez	$\text{CaCO}_3$	15.0
Dióxido de carbono livre	$\text{CO}_2$	13.2
Nitrogênio Kjeldahl total	N	0.88
Nitrogênio amoniacal	$\text{N}(\text{NH}_4)$	<0.01
Nitrogênio orgânico	N	0.88
Sólidos totais à 103 °C		2711.2
Sólidos suspensos totais		2694.0
Sólidos dissolvidos totais		17.2
Silica dissolvida	$\text{SiO}_2$	3.1
DQO - Demanda química de oxigênio	$\text{O}_2$	<4

		mg/L
Bicarbonato	$\text{HCO}_3$	4.83
Carbonato	$\text{CO}_3$	0
Hidróxido	OH	0
Cloreto	Cl	4.71
Fluoreto	F	<0.01
Fosfato	$\text{PO}_4$	<0.03
Sulfato	$\text{SO}_4$	<1.0
Nitrato	$\text{NO}_3$	1.37
Nitrito	$\text{NO}_2$	<0.01
Cálcio	Ca	2.28
Magnésio	Mg	0.44
Sódio	Na	1.80
Potássio	K	0.60
Ferro total	Fe	0.08

Diferença do Balanço Iônico (DBI)

$\Sigma$  Cátions (meq/L): 0.24

$\Sigma$  Ânions (meq/L): 0.23

DBI (%): 1.99

**POTABILIDADE:** Os parâmetros **TURBIDEZ** e **COR** analisados não estão em conformidade com os padrões de potabilidade da água para consumo humano estabelecidos pela Portaria Nº518/2004 do Ministério da Saúde.

**VALORES MÁXIMOS PERMISSÍVEIS:** cor 15 uH - cloreto 250 mg/L - dureza 500 mg/L - ferro total 0.3 mg/L - fluoreto 1.5 mg/L - nitrato 45 mg/L - nitrito 3 mg/L - nitrogênio amoniacal 1.5 mg/L - sódio 200 mg/L - sólidos totais dissolvidos 1000 mg/L - sulfato 250mg/L - turbidez 5 UT. Para o pH os valores recomendados são entre de 6.0 e 9.5.

Observação: A presente análise tem seu valor restrito a amostra recebida pelo LPH.

Bibliografia: APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed. 1998.

Curitiba, 22 de novembro de 2011.

Daniela Kuss  
Técnica Analista  
CRQ 09401359

Alexsandra Gregorio  
Químico Responsável  
CRQ 09201684



**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUA**

**Nº 12129**

Solicitante: **Luiz Fornazzari Neto**

Data da entrega: **31.08.2011**

Amostrador: **Luiz Fornazzari Neto**

Data da coleta: **28.08.2011**

Distrito/Cidade: **Paranaguá**

U.F.: **PR**

Local da coleta: **Imbocuí - P17**

Aspecto "in natura":	<b>límpida</b>
Cor (uH):	<b>10</b>
Turbidez (UT):	<b>17</b>

Odor:	<b>Não objetável</b>
Condutividade à (µS/cm25°C):	<b>18.3</b>
pH:	<b>5.97</b>

		mg/L
Alcalinidade total	CaCO <sub>3</sub>	<b>0.99</b>
Alcalinidade à fenolftaleína	CaCO <sub>3</sub>	<b>0</b>
Dureza total	CaCO <sub>3</sub>	<b>4.80</b>
Acidez	CaCO <sub>3</sub>	<b>6.7</b>
Dióxido de carbono livre	CO <sub>2</sub>	<b>5.1</b>
Nitrogênio Kjeldahl total	N	<b>0.33</b>
Nitrogênio amoniacal	NH <sub>4</sub> -N	<b>&lt;0.01</b>
Nitrogênio orgânico	N	<b>0.33</b>
Sólidos totais à 103 °C		<b>1523.9</b>
Sólidos suspensos totais		<b>1516.0</b>
Sólidos dissolvidos totais		<b>7.9</b>
Silica dissolvida	SiO <sub>2</sub>	<b>0.9</b>
DQO – Demanda química de oxigênio	O <sub>2</sub>	<b>&lt;4</b>

		mg/L
Bicarbonato	HCO <sub>3</sub>	<b>1.21</b>
Carbonato	CO <sub>3</sub>	<b>0</b>
Hidróxido	OH	<b>0</b>
Cloreto	Cl	<b>2.46</b>
Fluoreto	F	<b>&lt;0.01</b>
Fosfato	PO <sub>4</sub>	<b>&lt;0.03</b>
Sulfato	SO <sub>4</sub>	<b>&lt;1.0</b>
Nitrato	NO <sub>3</sub>	<b>1.15</b>
Nitrato	NO <sub>2</sub>	<b>&lt;0.01</b>
Cálcio	Ca	<b>1.16</b>
Magnésio	Mg	<b>0.46</b>
Sódio	Na	<b>0.70</b>
Potássio	K	<b>0.30</b>
Ferro total	Fe	<b>0.08</b>

Diferença do Balanço Iônico (DBI)

Σ Cations (meq/L): **0.13**

Σ Ânions (meq/L): **0.11**

DBI (%): **10.79**

**POTABILIDADE:** O parâmetro **TURBIDEZ** analisado não está em conformidade com o padrão de potabilidade da água para consumo humano estabelecido pela Portaria Nº518/2004 do Ministério da Saúde.

**VALORES MÁXIMOS PERMISSÍVEIS:** cor 15 uH - cloreto 250 mg/L - dureza 500 mg/L - ferro total 0.3 mg/L - fluoreto 1.5 mg/L - nitrato 45 mg/L - nitrato 3 mg/L - nitrogênio amoniacal 1.5 mg/L - sódio 200 mg/L - sólidos totais dissolvidos 1000 mg/L - sulfato 250 mg/L - turbidez 5 UT. Para o pH os valores recomendados são entre de 6.0 e 9.5.

Observação: A presente análise tem seu valor restrito a amostra recebida pelo LPH.

Bibliografia: APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed., 1998.

Curitiba, 22 de novembro de 2011.

Daniela Kuss  
Técnica Analista  
CRQ 09401359

Alexsandro Gregorio  
Químico Responsável  
CRQ 09201684

### 1.31 LAUDOS DE ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS

#### ANÁLISE BACTERIOLÓGICA DE ÁGUA

Nº 12325

Localidade:	Ilha do Povoado, Ilha de	Realizado em:	15/05/2011
Localidade:	Ilha do Povoado, Ilha de	Realizado em:	16/05/2011
Localidade:	Ilha do Povoado	Realizado em:	17/05/2011
Localidade:	Ilha do Povoado	Realizado em:	18/05/2011

1. Descrição do local: Ilha do Povoado, Ilha de

2. Descrição do local: Ilha do Povoado, Ilha de

## ANÁLISE BACTERIOLÓGICA DE ÁGUA

Nº 12126

Solicitante: **Luiz Fornazzari Neto**

Data da entrega: **31.10.2011**

Amostrador: **Luiz Fornazzari Neto**

Data da coleta: **28.10.2011**

Distrito/Cidade: **Paranaguá**

U.F.: **PR**

Local da coleta: **Cavas 01**

Coliformes totais: **PRESENTE** em 100 mL

Coliformes fecais (*Escherichia coli*): **AUSENTE** em 100 mL

**POTABILIDADE:** Os parâmetros analisados não estão em conformidade com o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano estabelecido pela Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

**DEFINIÇÕES:** Coliformes totais - bactérias do grupo coliforme - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e atende a  $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. *Escherichia Coli* - principal representante do subgrupo dos coliformes termotolerantes - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas  $\beta$  galactosidase e  $\beta$  glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.

**Observação:** A presente análise tem seu valor restrito a amostra recebida pelo LPH.

**Bibliografia:** APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed. 1998.

Curitiba, 09 de novembro de 2011.



Daniela Kuss  
Técnica Analista  
CRQ 09401359



Alexandre Gregorio  
Químico Responsável  
CRQ 09201684



## ANÁLISE BACTERIOLÓGICA DE ÁGUA

Nº 12127

Solicitante:	Luiz Fornazzari Neto	Data da entrega:	31.10.2011
Amostrador:	Luiz Fornazzari Neto	Data da coleta:	28.10.2011
Distrito/Cidade:	Paranaguá	U.F.:	PR
Local da coleta:	P8		

Coliformes totais: PRESENTE em 100 mL

Coliformes fecais (Escherichia coli): AUSENTE em 100 mL

**POTABILIDADE:** Os parâmetros analisados não estão em conformidade com o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano estabelecido pela Portaria Nº518/2004 do Ministério da Saúde.

**DEFINIÇÕES:** Coliformes totais - bactérias do grupo coliforme - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. Escherichia Coli - principal representante do subgrupo dos coliformes termotolerantes - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas  $\beta$ -galactosidase e  $\beta$ -glucuronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.


**Observação:** A presente análise tem seu valor restrito a amostra recebida pelo LPH.

**Bibliografia:** APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed. 1998.

Curitiba, 09 de novembro de 2011.



Daniela Kuss  
Técnica Analista  
CRQ 09401359



Alexandre Gregorio  
Químico Responsável  
CRQ 09201684

## ANÁLISE BACTERIOLÓGICA DE ÁGUA

Nº 12128

Solicitante: **Luiz Fornazzari Neto**

Data da entrega: **31.10.2011**

Amostrador: **Luiz Fornazzari Neto**

Data da coleta: **28.10.2011**

Distrito/Cidade: **Paranaguá**

U.F.: **PR**

Local da coleta: **P16**

Coliformes totais: **PRESENTE** em 100 mL

Coliformes fecais (*Escherichia coli*): **AUSENTE** em 100 mL


**POTABILIDADE:** Os parâmetros analisados não estão em conformidade com o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano estabelecido pela Portaria Nº518/2004 do Ministério da Saúde.

**DEFINIÇÕES:** Coliformes totais - bactérias do grupo coliforme - bacilos gram negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. *Escherichia Coli* - principal representante do subgrupo dos coliformes termotolerantes - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas  $\beta$  galactosidase e  $\beta$  glucuronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.


**Observação:** A presente análise tem seu valor restrito a amostra recebida pelo LPH.

**Bibliografia:** APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed. 1998.

Curitiba, 09 de novembro de 2011.



Daniela Kuss  
Técnica Analista  
CRQ 09401359



Alexandre Gregorio  
Químico Responsável  
CRQ 09201684

## ANÁLISE BACTERIOLÓGICA DE ÁGUA

Nº 12129

Solicitante:	Luiz Fornazzari Neto	Data da entrega:	31.10.2011
Amostrador:	Luiz Fornazzari Neto	Data da coleta:	28.10.2011
Distrito/Cidade:	Paranaguá	U.F.:	PR
Local da coleta:	P17		

Coliformes totais: **PRESENTE** em 100 mL

Coliformes fecais (*Escherichia coli*): **AUSENTE** em 100 mL

**POTABILIDADE:** Os parâmetros analisados não estão em conformidade com o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano estabelecido pela Portaria Nº518/2004 do Ministério da Saúde.

**DEFINIÇÕES:** **Coliformes totais** - bactérias do grupo coliforme - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. **Escherichia Coli** - principal representante do subgrupo dos coliformes termotolerantes - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativo, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas  $\beta$  galactosidase e  $\beta$  glucuronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos.

**Observação:** A presente análise tem seu valor restrito a amostra recebida pelo LPH.

**Bibliografia:** APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> ed. 1998.

Curitiba, 09 de novembro de 2011.



Daniela Kuss  
Técnica Analista  
CRQ 09401359



Alessandro Gregorio  
Químico Responsável  
CRQ 09201684



Relatório de acompanhamento da obra de 2017 em função da situação

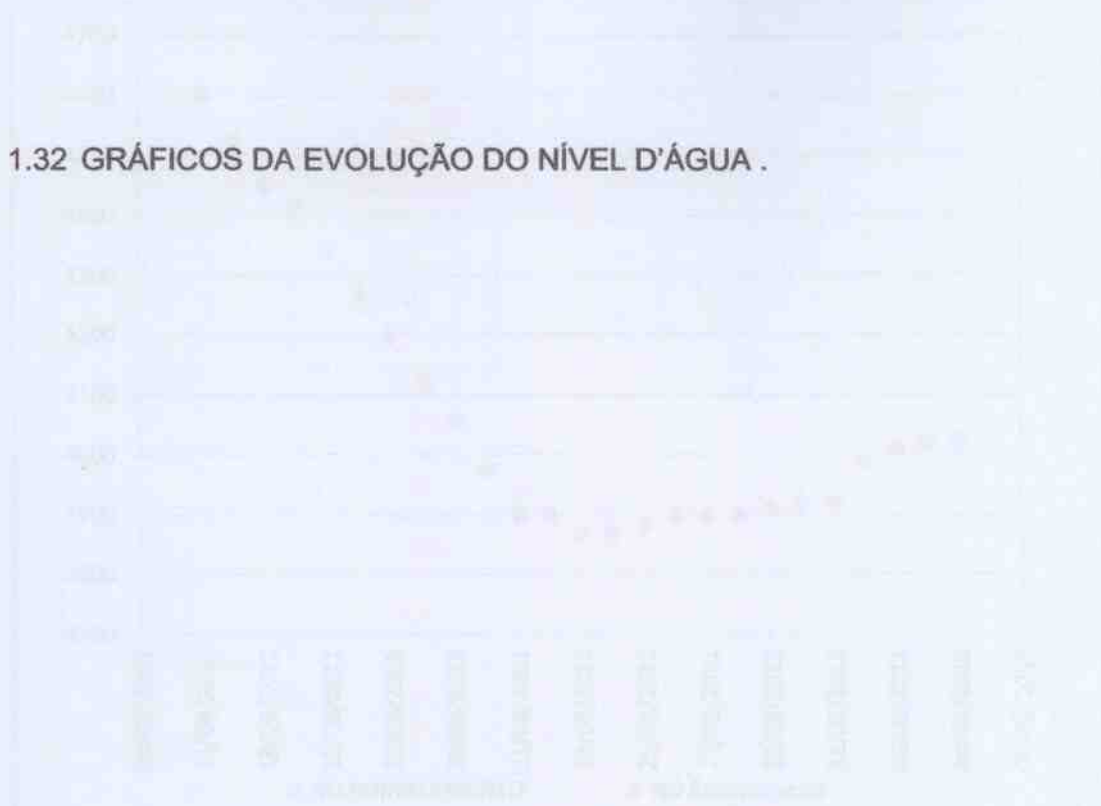
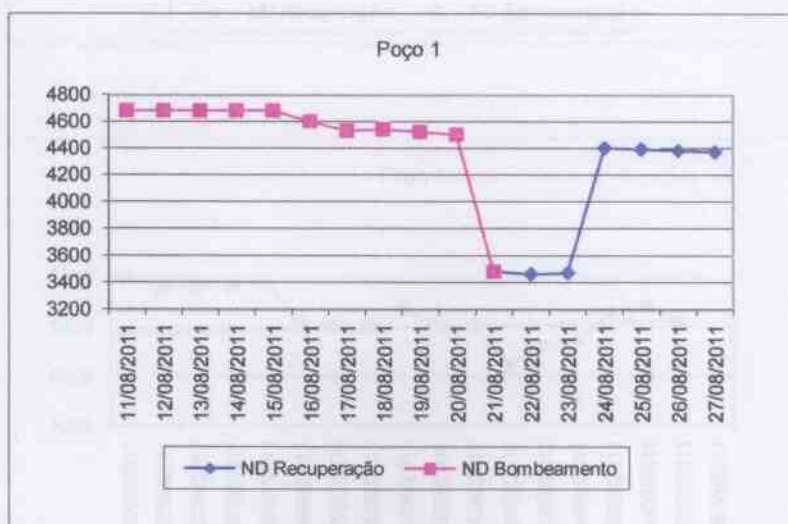
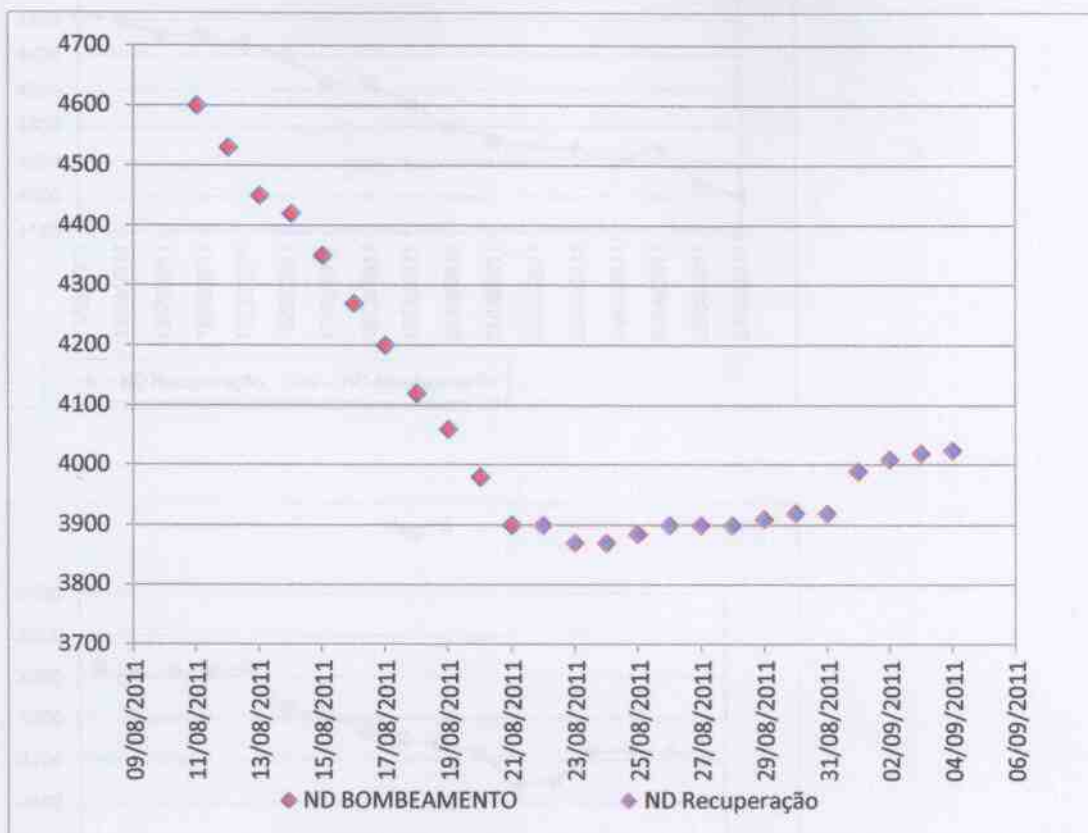
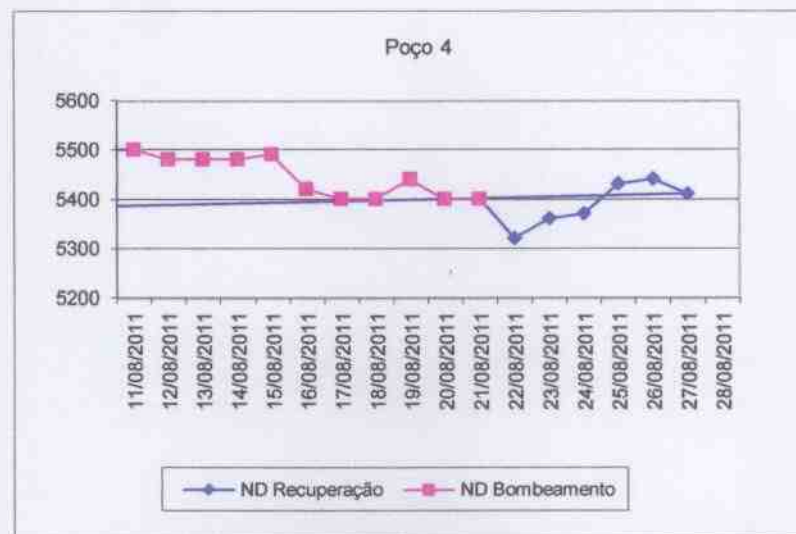
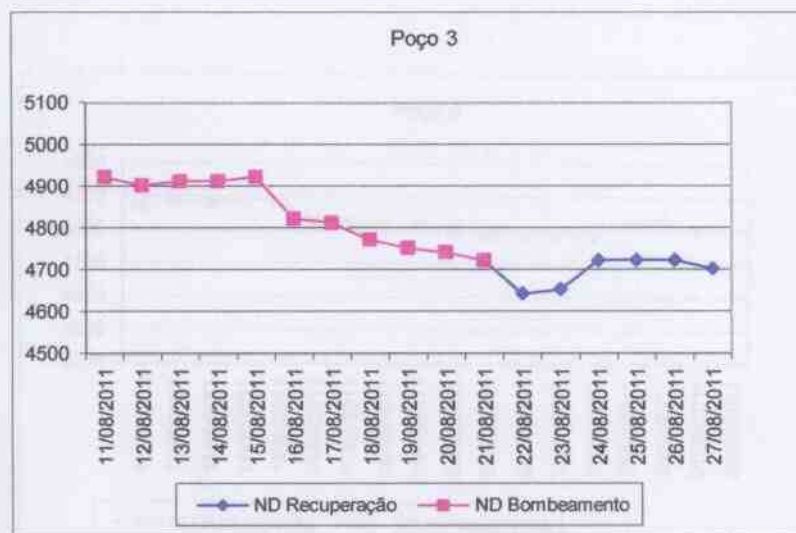
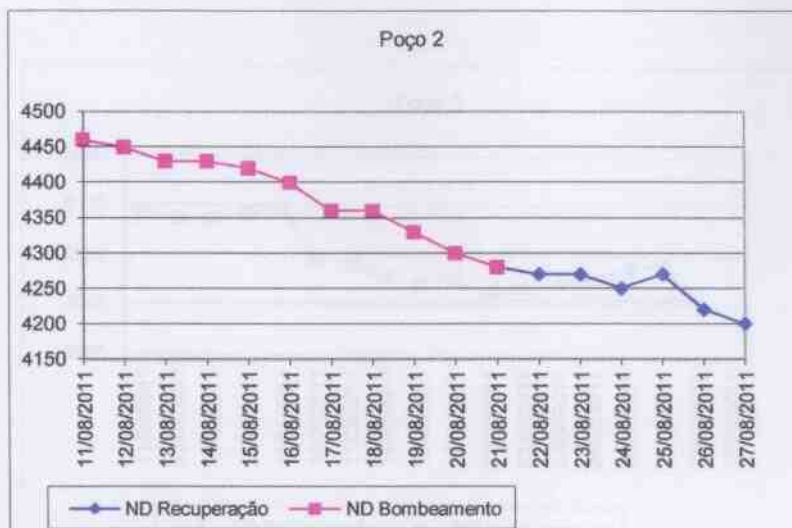
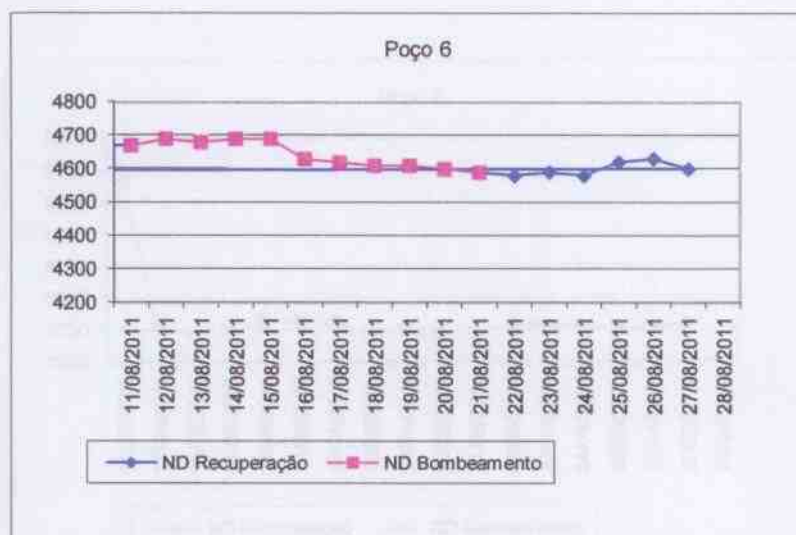
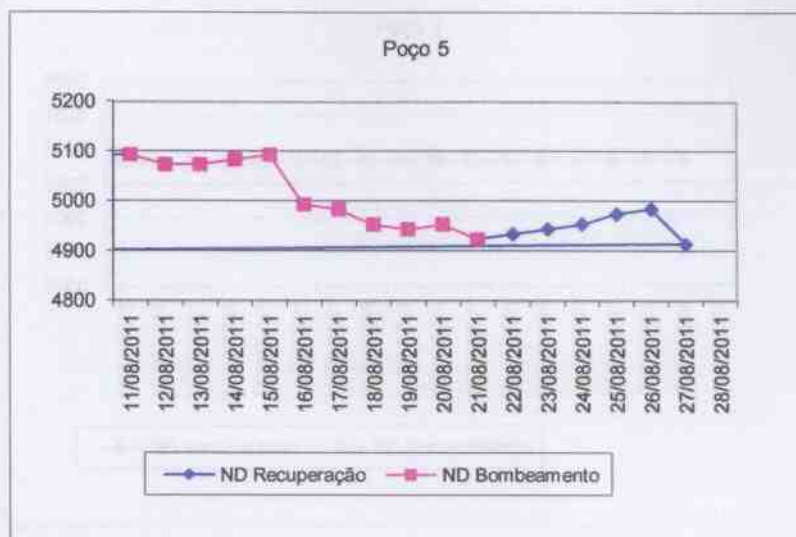


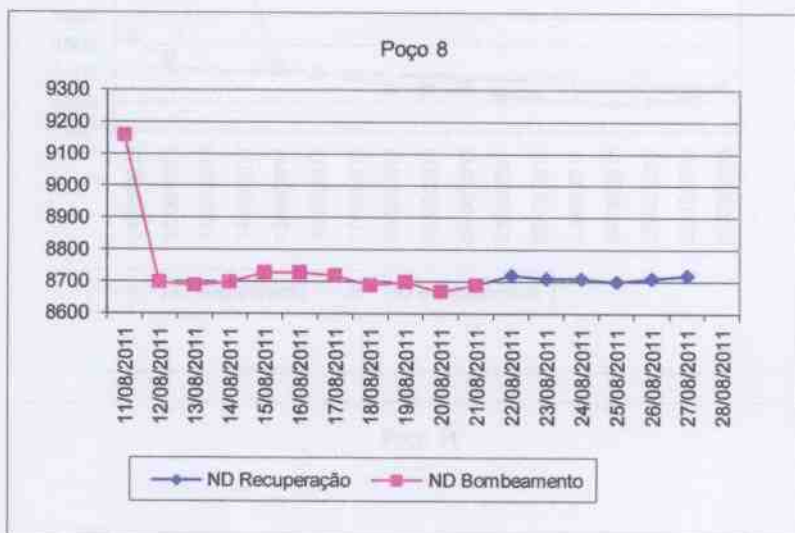
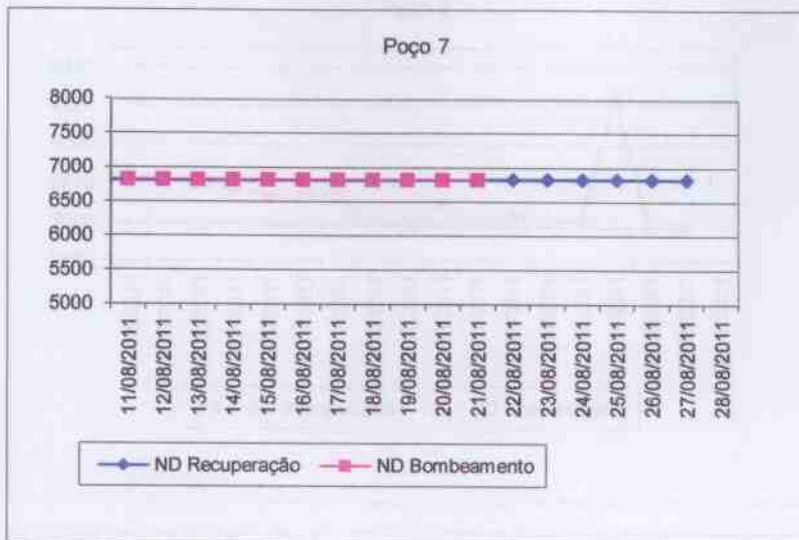
Gráfico do nível d'água da cava no ponto monitorado.



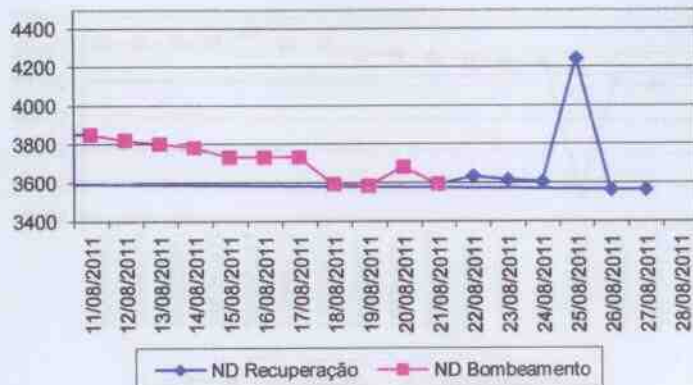




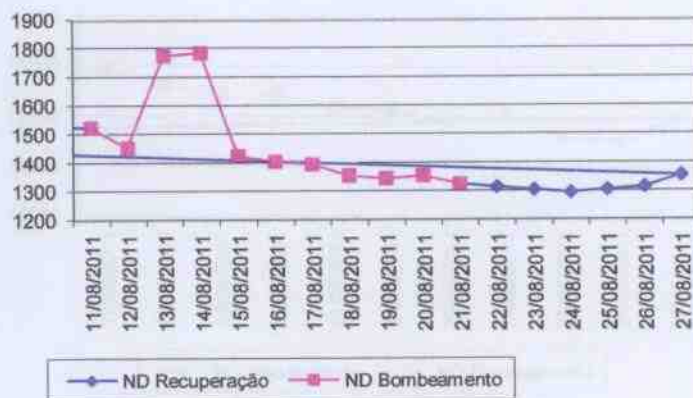




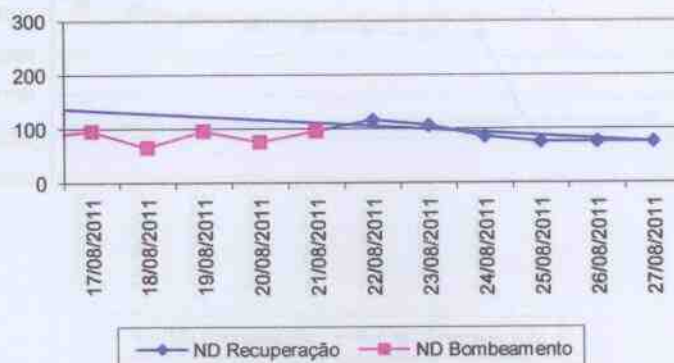
Poço 9



Poço 10

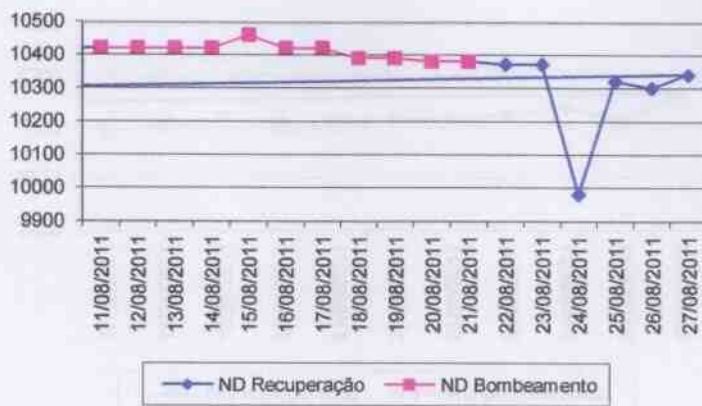


Poço 11

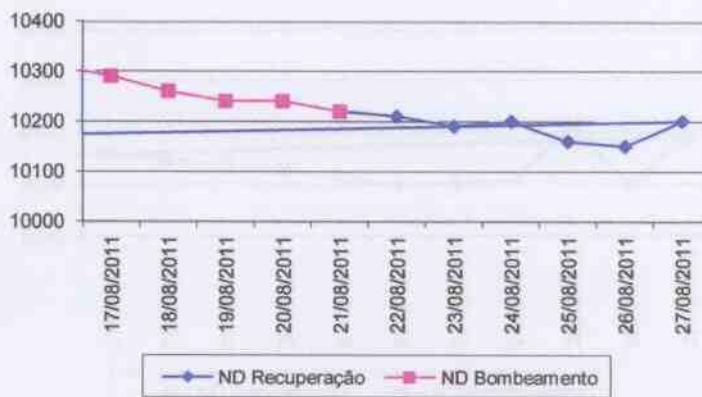




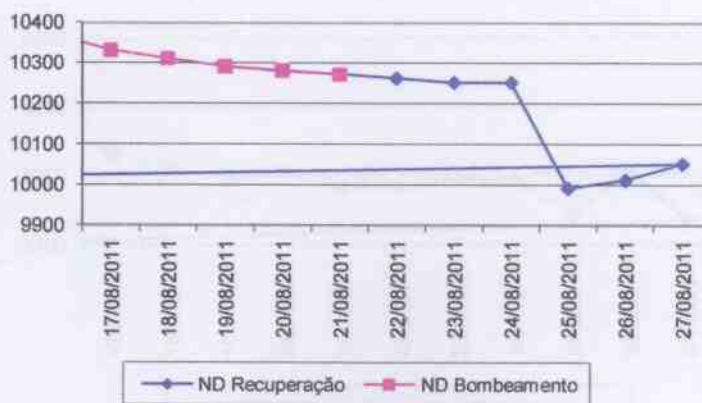
Poço 12

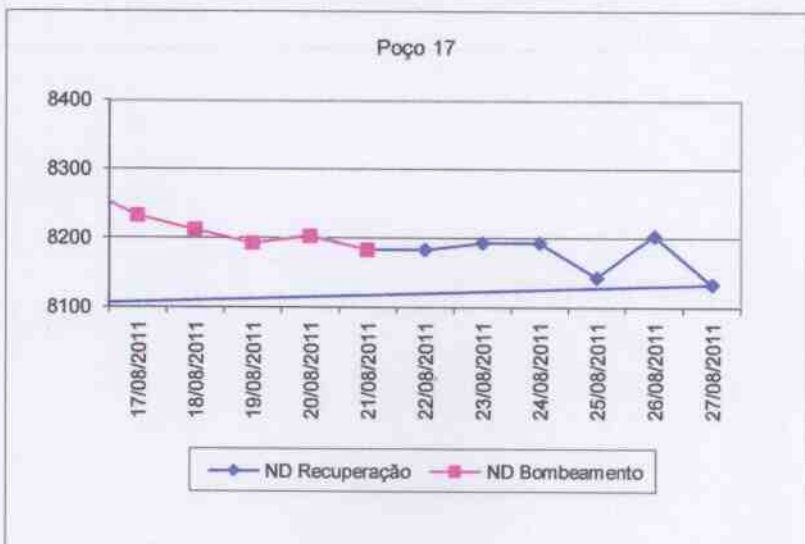
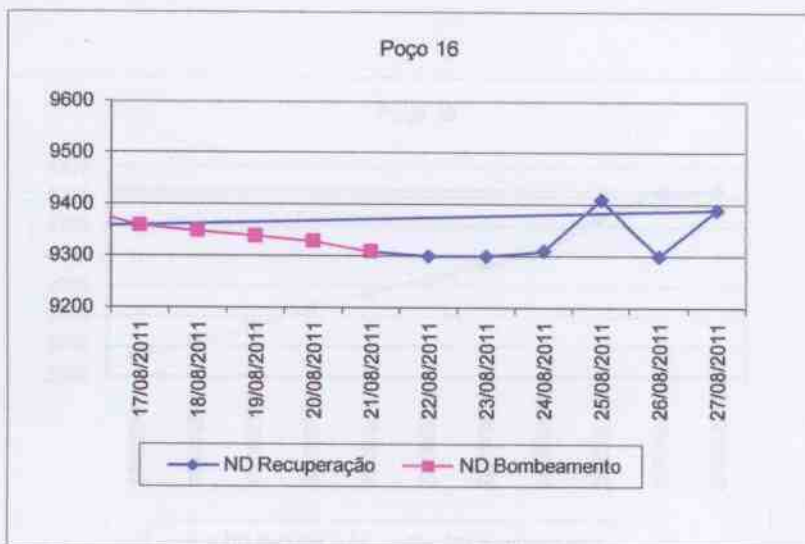
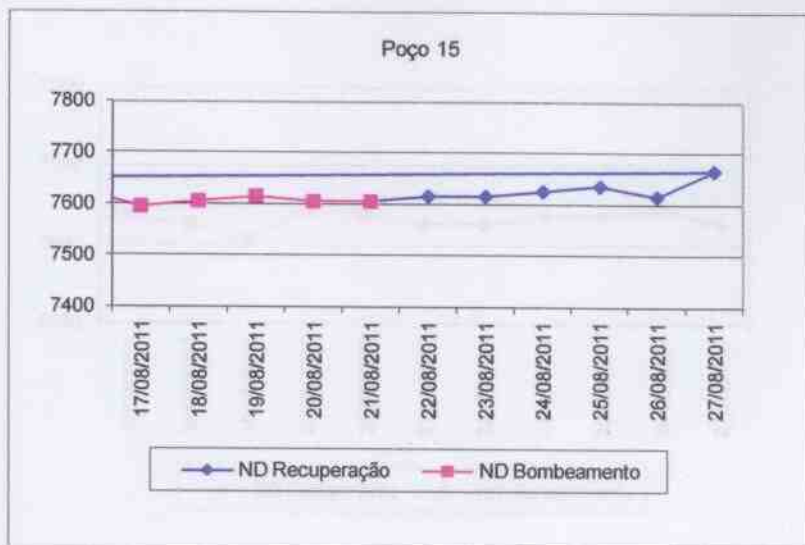


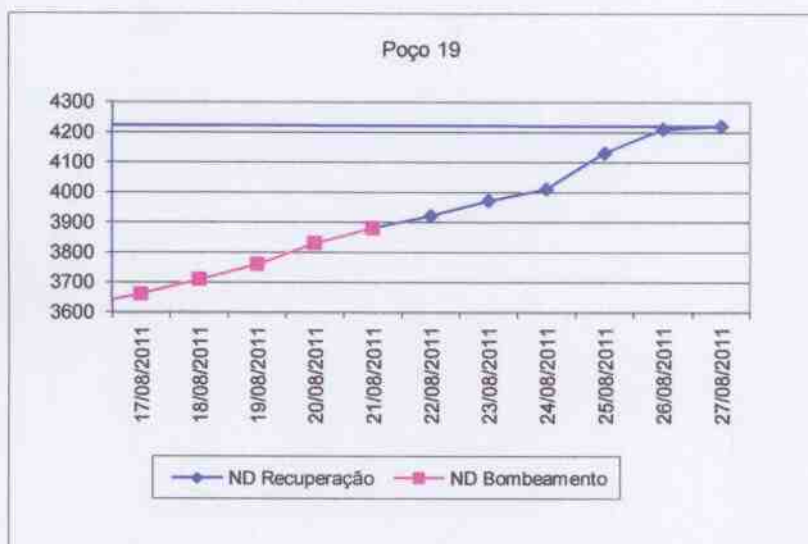
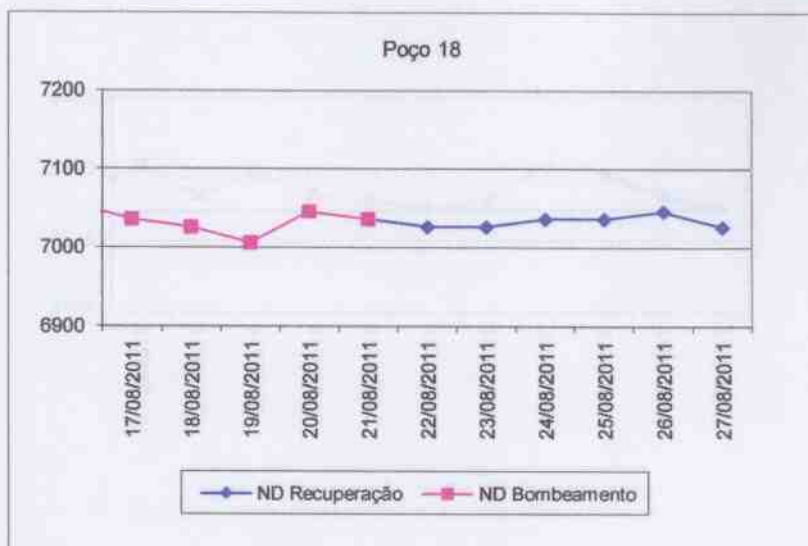
Poço 13



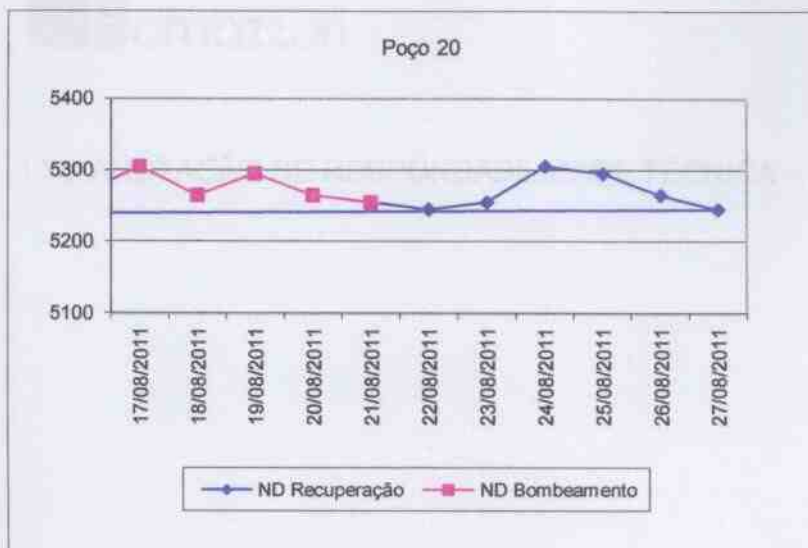
Poço 14











### 1.33 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA – ART