

# CARACTERIZAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE AQUÍFEROS EM CORDÕES ARENOSOS CENOZÓICOS NO MUNICÍPIO DE ITAGUAÍ-RJ.

Soraya Gardel Carelli <sup>1</sup>; Regina Célia Santos de Souza <sup>1</sup>; Clarisse Tavares de Arraes Alencar <sup>1</sup>;  
Olga Venimar de Oliveira Gomes <sup>1</sup>; Dione Nunes do Nascimento <sup>2</sup>.

**Resumo** - Neste trabalho foram feitos estudos para determinação da condutividade hidráulica dos aquíferos localizados em cordões arenosos Cenozóicos da planície costeira do município de Itaguaí-RJ. Essas áreas foram denominadas de área 1, área 2 e área 3. Para determinação da condutividade hidráulica das áreas estudadas foram feitos testes de permeabilidade do tipo *slug test* e foram utilizadas as metodologias de *Hvorslev* e *Bouwer & Rice*. Nesse trabalho pode-se observar que a condutividade hidráulica das áreas estudadas apresentou valores médios de grandeza de  $10^{-6}$  m/s, que é um valor compatível com o esperado para esta região devido a sua litologia. Assim foi possível estimar esses valores para outros aquíferos freáticos nos cordões arenosos Cenozóicos do município de Itaguaí-RJ. Também foi constatado através das medições de níveis d'água que ocorrem flutuações do lençol freático e diversidades faciológicas sedimentares identificadas nos aquíferos freáticos em todas as áreas estudadas.

**Abstract** – In this work we have performed studies to determine the hydraulic conductivity of aquifers located in Cenozoic sandy ridges at coastal plain of Itaguaí county, Rio de Janeiro state. These areas were called Area 1, Area 2 and Area 3. To determine the hydraulic conductivity of the studied areas, permeability tests (slug test) were performed using *Hvorslev's* and *Bouwer & Rice's* methodologies. We could observe that the hydraulic conductivity of the studied areas had average values of about  $10^{-6}$  m / s magnitude, which is compatible with the expected value for this region according to its lithology. Thus, it was possible to estimate these values to other groundwater aquifers in Cenozoic sand ridges of Itaguaí county. It was also featured water table fluctuations by measuring levels of water, and the diversity sedimentary facies which were identified in groundwater aquifers of all studied areas.

**Palavras-Chave** - Aquíferos Cenozóicos; Condutividade hidráulica; Testes de permeabilidade.

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, Km 7 - Seropédica, RJ, 23.890-000 (+55 21 37873673), [carelli@ufrj.br](mailto:carelli@ufrj.br).

<sup>2</sup> Secretaria Municipal de Defesa Civil de Angra dos Reis, Avenida Almirante Júlio Cesar de Noronha, 271 Angra dos Reis - RJ, 23900-000 (+ 55 24 33778737), [dionegeo@yahoo.com.br](mailto:dionegeo@yahoo.com.br).

## 1 – INTRODUÇÃO

As áreas estudadas nesse trabalho localizam-se na planície costeira da baía de Sepetiba, mais precisamente no município de Itaguaí/RJ. Há grandes interesses econômicos na baía de Sepetiba, considerando que por ali passam importantes rodovias como a BR-101/Rio-Santos, além de uma malha ferroviária, por onde escoam produtos industriais com destino ao Porto de Sepetiba. A baía também possui importantes indústrias instaladas como a NUCLEP, PETROBRAS, GERDAU COSIGUA, VALESUL, dentre outras, além de futuros empreendimentos siderúrgicos como a Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA) e outra unidade da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN-USITA).

A relevância no levantamento das características físicas em sub-superfície dessas áreas em Itaguaí nos remete a conhecimentos das características físicas da zona saturada e insaturada dessas zonas, classificadas para o uso exclusivamente industrial que foram assim caracterizadas através do Zoneamento Industrial da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (EIA,2008)<sup>[1]</sup>. Os conhecimentos dos parâmetros físicos nessas áreas fornecerão subsídios para prognósticos de impactos ambientais que eventualmente poderão ocorrer considerando suas futuras ocupações industriais.

Sabe-se que para obter o entendimento acerca da condutividade hidráulica de um determinado aquífero, faz-se necessário conhecer parâmetros como a permeabilidade do sistema aquífero estudado, dados sobre o gradiente hidráulico e porosidade efetiva. Segundo Lage (2005)<sup>[2]</sup>, a permeabilidade pode ser considerada a mais importante propriedade hidráulica para determinação de modelos que simulam processos físicos, químicos e biológicos para prognóstico, como movimentos de contaminantes em subsuperfície, regimes de águas para irrigação, etc.

No presente estudo é feita a determinação do parâmetro permeabilidade, a partir das metodologias de *Hvorslev* (1951)<sup>[3]</sup> e *Bouwer & Rice* (1976)<sup>[4]</sup>, nos aquíferos superficiais identificados nas áreas estudadas, testados em campo através de ensaios denominados *slug tests*.

## 2 – OBJETIVOS DA PESQUISA

O desenvolvimento dessa pesquisa teve como objetivo a caracterização do meio hidrogeológico de áreas denominadas 1, 2 e 3, enfocando a permeabilidade dos aquíferos superficiais através da implantação de 21 piezômetros onde foram medidos os níveis d'água e realizados testes de permeabilidade visando a caracterização da condutividade hidráulica dos aquíferos. O levantamento de campo foi realizado entre os dias 07, 12 e 19 de agosto de 2008 para fins de reconhecimento da área e coleta de dados.

### 3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As áreas estudadas neste trabalho localizam-se no município de Itaguaí a sudeste da costa brasileira (Figura 01), no litoral sul-sudoeste fluminense, entre as coordenadas UTM 617 - 628N e 7474 - 7463E, e foram designadas:

- Área 1 (A1) – Distante aproximadamente a 1,2 km da rodovia BR – 101.
- Área 2 (A2) – Distante aproximadamente a 2,0 km da rodovia BR – 101.
- Área 3 (A3) – Distante aproximadamente a 3,0 km da rodovia BR – 101.

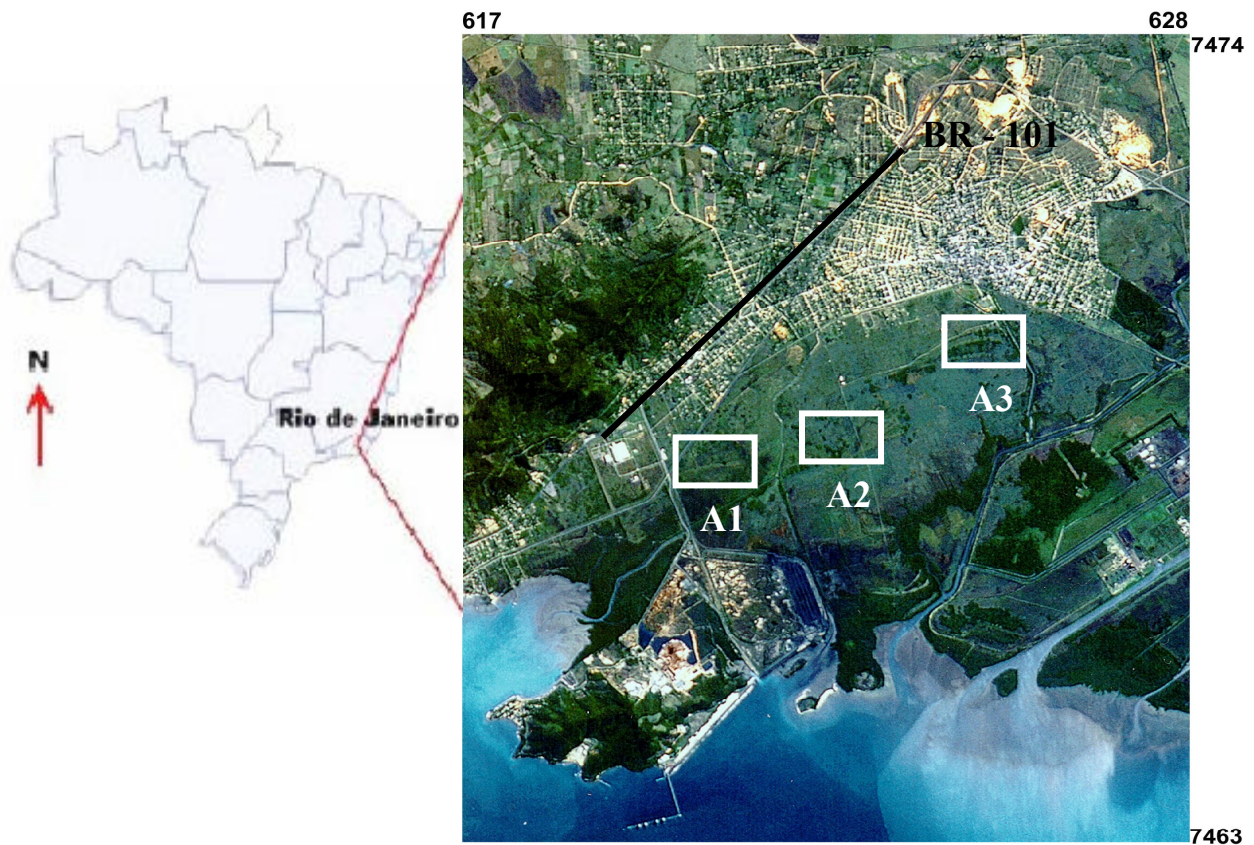


Figura 01 - Localizações das áreas de estudo.

## 4 – ASPECTOS GEOLÓGICOS

A baía de Sepetiba está inserida no gráben da Guanabara, que formou-se no Paleógeno, quando a crosta continental da Plataforma Sul-Americana sofreu processos distensionais. Estes processos fizeram com que fossem geradas calhas tectônicas identificadas, como: Curitiba, Cananéia/Iguape, São Paulo/Taubaté, Resende, Volta Redonda, Guanabara, Itaboraí, Barra de São João e outras menores. Estes segmentos formaram o Rifte Continental do Sudeste Brasileiro (Neto, 2004 *apud* Santos, 2008)<sup>[5]</sup>.

É constituída por rochas de composição granito-gnáissica de idade Pré-Cambriana, rochas intrusivas alcalinas e básicas de idade Mesozóica e sedimentos coluviais, marinhos e fluviais de idade Cenozóica que foram submetidos à influências das oscilações do nível do mar. Os sedimentos fluviais são constituídos de cascalho, areia, silte e argila, que foram depositados por leques aluviais, devido a mudanças de clima úmido para seco, esses sedimentos são transportados pelos rios: Guandu, Guandu Mirim, Mazomba, Cação, Guarda e outros, e lançados no flanco norte da baía de Sepetiba. Os sedimentos marinhos apresentam basicamente areia quartzosa clara, de granulação fina a grosseira, pouco a mal selecionadas com níveis de silte inconsolidados e são encontradas ao longo da baixada de Sepetiba, onde formam praias, cordões litorâneos e até dunas com mais de 10 m de altura na restinga de Marambaia, que teriam sido gerados pela incidência das ondas através dos movimentos das marés. Os sedimentos coluviais, marinhos e flúvio-marinho encontram-se superpostos devido às variações climáticas e eustáticas que atingiram o litoral fluminense a partir do Pleistoceno. Já os sedimentos oriundos de manguezais, são argilosos e arenosos, com restos de vegetais e lentes arenosas de cor cinza (EIA, 2005)<sup>[6]</sup>.

### 4.1 - Área 1

A sondagem geotécnica realizada na área 1 (Figura 02) indicou uma litologia representada na base por uma camada de argilo-siltosa, pouco arenosa, com coloração cinza. Nessa camada de argila observaram-se intercalações de lentes argilo-arenosas e lentes de areia pouco argilosa. Sobreposta a essa camada de argila, encontrou-se uma camada de areia pouco argilosa, com granulometria variada e presença de pedregulhos, sua coloração variou de cinza claro à marrom com espessura de aproximadamente 0,90 m. Sobreposto a essa camada de areia encontrou-se uma camada de argila siltosa, pouca arenosa, com variação de cor de marrom à cinza escuro de aproximadamente 1,40 m. Essa camada possui intercalações de lentes de argila arenosa, pouco siltosa de cor variada, com pedregulhos e intercalações de lentes areno-siltosa, de cor cinza clara. No topo encontraram-se sedimentos areno-siltosos de granulometria fina e média, com restos de vegetais e cor cinza escuro.

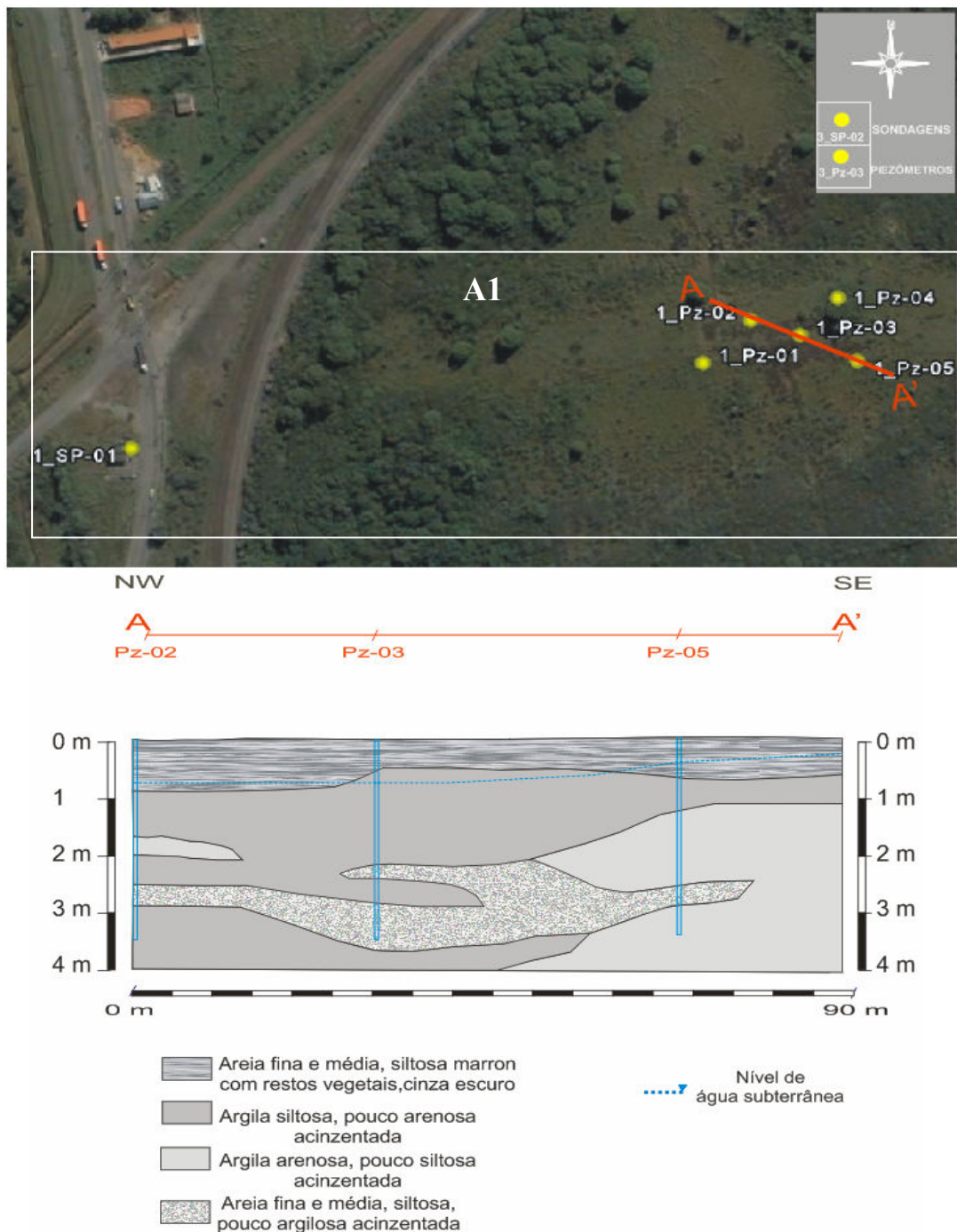


Figura 02 – Imagem de satélite (Terrametrics Google Earth, 2008)<sup>[7]</sup> e perfil geológico inferido na Área 1 a partir dos dados das sondagens.

#### 4.2 - Área 2

A sondagem geotécnica realizada na área 2 (Figura 03) indicou uma litologia representada por uma camada de argila siltosa na base dos piezômetros, com intercalações de lentes de argila arenosa, de coloração marrom. Sobreposta a essa camada de argila siltosa, encontrou-se uma



camada de areia pouco argilosa, arenosa de granulometria fina, média e grossa com coloração cinza claro e espessura de aproximadamente 1,50 m. Sobrejacente a esta camada, observou-se uma camada de argila siltosa de aproximadamente 2 m de espessura, com intercalações de lentes de argila arenosa, com coloração cinza claro e lentes de areia siltosa de cor cinza. Acima da camada de argila siltosa, encontrou-se uma camada de areia siltosa, pouco argilosa de granulometria fina, média e grossa com resto de vegetais e de coloração variando de marrom claro à cinza. No topo dos piezômetros foi observada uma camada de argila siltosa, pouco arenosa de cor cinza escuro e espessura de aproximadamente 2 m com restos vegetais.

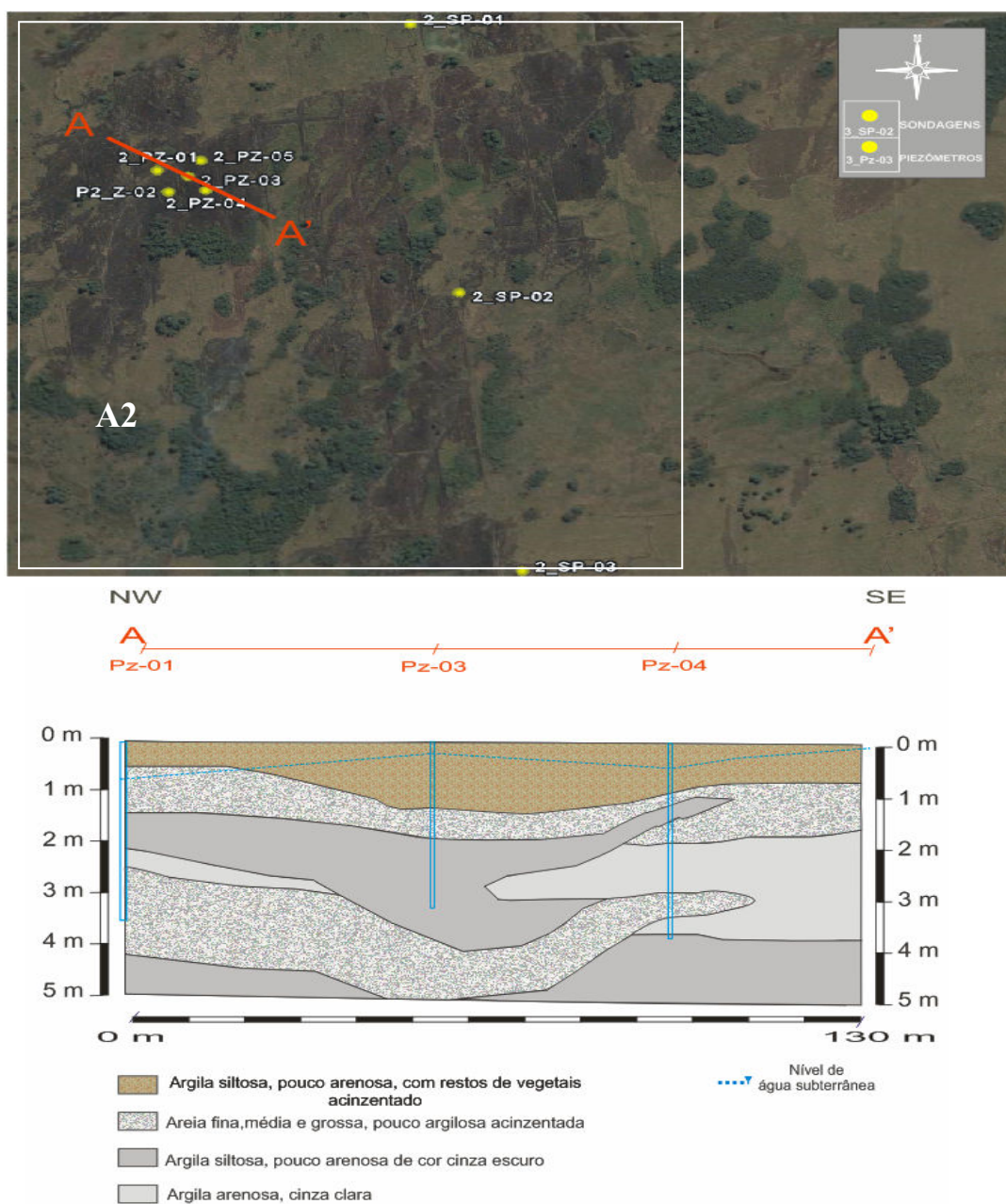


Figura 03 – Imagem de satélite (Terrametrics Google Earth, 2008) e perfil geológico inferido da Área 2 a partir dos dados das sondagens.

### 4.3 – Área 3

A sondagem geotécnica realizada na área 3 (Figura 04) indicou uma litologia representada por uma camada de argila siltosa na base dos piezômetros. Sobreposta a esta, encontrou-se uma camada de areia siltosa pouco arenosa de granulometria fina e média, coloração variando de cinza claro à cinza escuro com espessura de aproximadamente 3 m. Nessa camada de areia siltosa observou-se ocorrência de feldspatos alterados com forma angulosa, indicando que a área fonte encontra-se próxima a essa área. Fato também observado em um dos furos de sondagem (3SP-03). Entretanto, no piezômetro PZ-07, observou-se fragmentos de conchas nesta mesma camada a 1,40m de profundidade indicando um ambiente marinho a intermediário. Desta forma, a transição de fácies pode ser estimada. Essa areia siltosa, também apresentou intercalações de lentes de argila arenosa, que puderam ser observadas nos três piezômetros analisados no perfil. Sobrepostos a camada de areia siltosa, observou-se uma camada de argila siltosa, pouco arenosa micácea com coloração cinza, de espessura estimada em 1,50m a NW. Nesta camada também se encontrou intercalações de lentes de argila arenosa e lentes de areia siltosa. O topo dos piezômetros foi representado por uma camada de areia siltosa com granulometria fina e média, e coloração marrom escura contendo restos de matéria orgânica.

## 5 – MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu-se basicamente na construção 21 poços de monitoramento (piezômetros), realizados pela empresa SOLUS Sondagens, especificamente para esse estudo, medição dos níveis d'água, nos testes de permeabilidade (*Slug test*) e posterior análise da condutividade hidráulica, conforme será descrito a seguir.

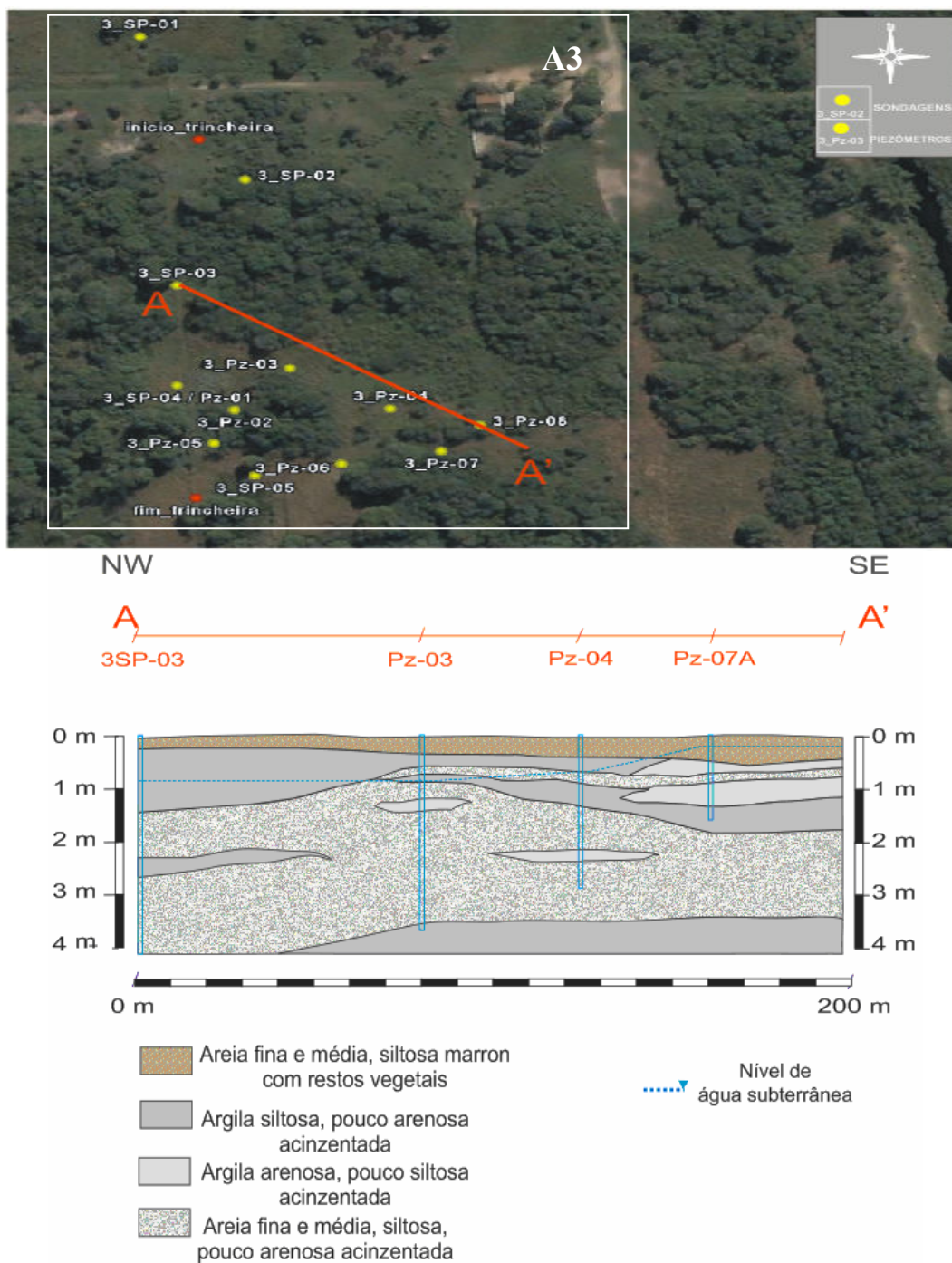


Figura 04 – Imagem de satélite (Terrametrics Google Earth, 2008) e perfil geológico inferido da Área 3 a partir dos dados das sondagens.



## 5.1 - Construção dos Piezômetros

Os piezômetros foram contruídos de acordo com o perfil esquemático da Figura 05.

As sondagens foram realizadas com trado manual, já que os piezômetros foram instalados a pequenas profundidades e o material perfurado nas áreas apresentava baixa resistência à penetração além de não necessitar da utilização de fluido de perfuração que eventualmente poderia provocar alterações químicas na composição da água subterrânea.

Na área 1 foram instalados 5 piezômetros com profundidades entre 3,50m a 4,00m e na área 2 foram instalados 5 piezômetros com profundidades que variaram de 3,25m a 4,00m. Para a área 3, foram instalados 11 piezômetros com profundidades que variaram de 2,60m a 5,80m, sendo 3 desses poços do tipo multiníveis (Figura 06). A implantação de poços multiníveis consistiu em instalar um poço ao lado do outro, com profundidades diferentes com o objetivo de possibilitar a amostragem de zonas distintas em pequenas distâncias, podendo assim analisar a dinâmica da água subterrânea num mesmo local em níveis diferentes.

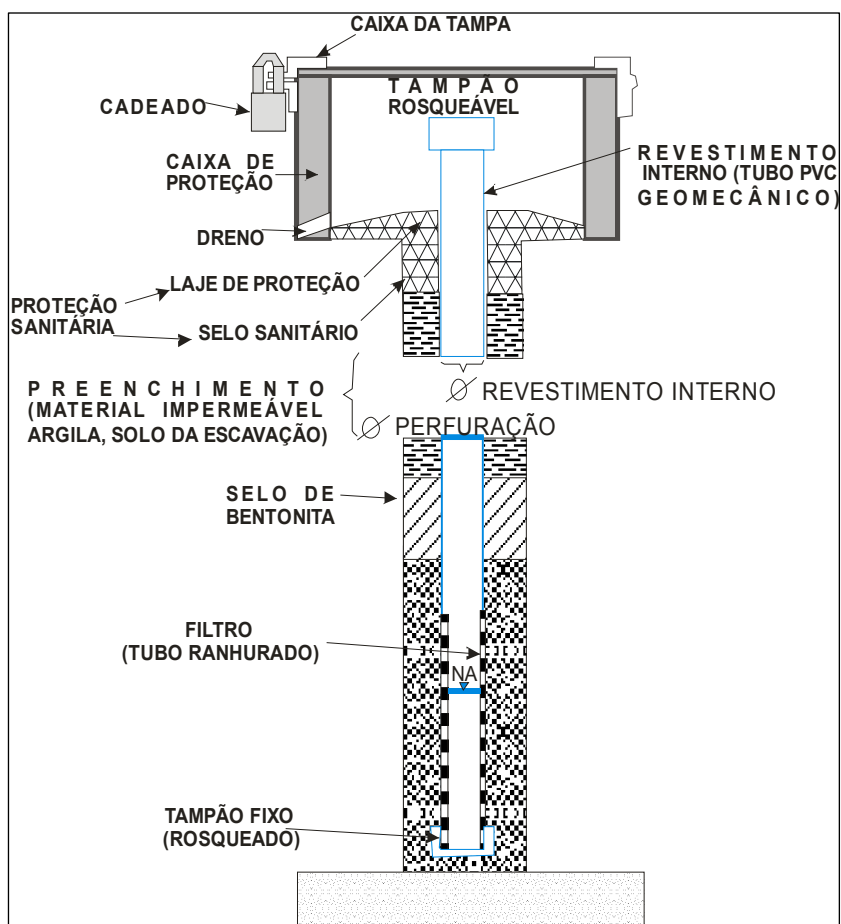


Figura 05 - Perfil esquemático do poço de monitoramento utilizado nesse trabalho. (CETESB, 1999 modificado)<sup>[8]</sup>.

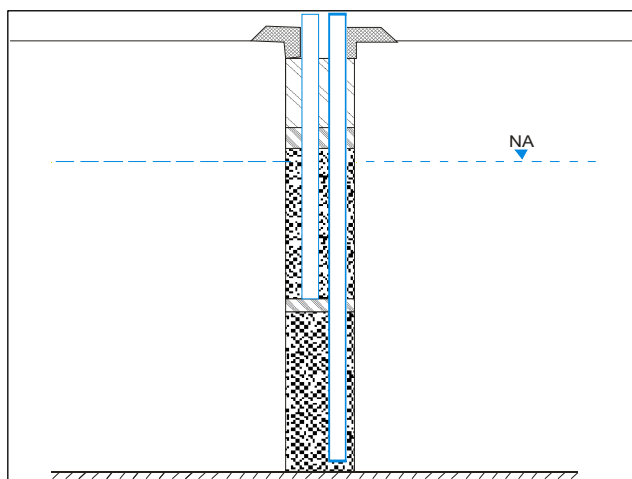


Figura 06 - Modelo de um poço do tipo multinível. (N.A= nível d'água). (CETESB, 1999 modificado).

## 5.2 - Medições dos Níveis D'água

A medição do nível d'água foi utilizada para avaliar o nível estático da água antes dos testes de permeabilidade e foram utilizados na interpretação dos testes permeabilidade dos aquíferos.

A metodologia de medição do nível d'água consiste em inserir um cabo com um indicador sonoro contínuo composto por cigarra piezoelétrica que é acionada quando o equipamento toca o nível d'água (Figura 07). Este medidor é formado por um cabo elétrico revestido por uma trena com marcação milimétrica, e um sensor de aço inox que se localiza na extremidade inferior da trena.

Como procedimento usual, após cada medição, o cabo e o sensor foram descontaminados com detergente não fosfatado do tipo Extran, diluído a 3%, e com solução de água destilada para evitar eventuais contaminações de um poço para outro, durante as atividades de campo.



Figura 07 – Foto apresentando a medição do nível d'água com medidor eletrônico.

### 5.3 - Teste de Permeabilidade (*Slug test*)

Os testes de permeabilidade são realizados para medir a capacidade do aquífero em permitir o fluxo de água. Esse teste foi classificado como ensaio em nível variável, pois o nível natural da água do aquífero foi alterado para uma posição denominada nível inicial do ensaio e a capacidade do nível da água voltar à posição inicial foi acompanhada e medida ao longo do tempo de ensaio. Para esse trabalho utilizamos o método *slug test*.

O método de execução do *slug test* na área consistiu em aplicar uma carga de peso, através da introdução repentina de um volume sólido constituído por um tubo de PVC de 1,5" de diâmetro e 2m de comprimento, preenchido totalmente com areia lavada (Figura 08). Este sólido provocou uma elevação instantânea do nível d'água. Segundo Lage (2005), a taxa com a qual o nível d'água no poço rebaixa é medida e aplica-se o método apropriado para sua análise.



Figura 08 - Foto da inserção do sólido no piezômetro (*slug test*).

A estabilização do nível d'água após a inserção do sólido no piezômetro foi monitorada por um transdutor ou sensor de pressão do tipo *Levellogger* e a compensação barométrica foi possível graças a utilização do *Barologger* (Figuras 9 e 10). Esses equipamentos consistem em sensores de medições com alta precisão que medem e armazenam dados referentes à pressão da coluna d'água dentro do poço de monitoramento e da pressão barométrica. Para medir a recuperação do nível d'água durante o *slug test*, bastou subtrair o valor obtido da pressão barométrica, que foi medida no topo do piezômetro, através do equipamento *Barologger*, da pressão medida na base do piezômetro, através do equipamento *Levellogger*.

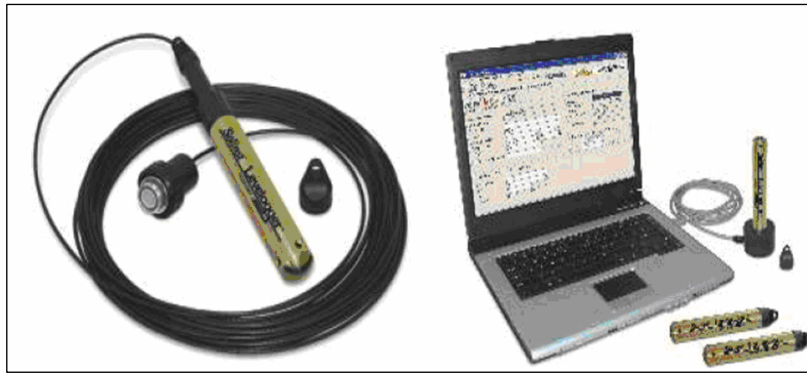


Figura 09 – Foto apresentando a esquerda transdutor de pressão Levellogger modelo 3001 GOLD e a direita o equipamento acoplado a um computador onde foi instalado o software Solinst Levellogger 3.2.3<sup>[9]</sup> e foram processados os dados obtidos nos testes.



Figura 10 – Foto do transdutor de pressão Barologger indicado por uma seta azul.

O processamento dos dados medidos pelos equipamentos no campo foi efetuado através do software da *Solinst Levellogger 3.2.3*, compatível com os modelos dos transdutores de pressão *Levellogger 3001 GOLD* e *Barologger*. Este software também foi utilizado para fazer a correção entre a pressão barométrica e a variação do nível d'água dos piezômetros captado pelo *Levellogger* durante os *slug tests*.

#### 5.4 - Análise da Condutividade Hidráulica (*Hvorslev* e de *Bouwer & Rice*)

Segundo Fetter (2001)<sup>[10]</sup>, os métodos de interpretação mais usados para *slug tests* são os métodos de *Hvorslev* (1951) e de *Bouwer & Rice* (1976), pois esses métodos são usados para interpretar dados gerados através de ensaios em aquíferos livres e no caso de aquíferos com respostas não oscilatórias, sendo assim, estes foram também métodos utilizados no presente estudo para análise da permeabilidade.

O resultado obtido no monitoramento da posição do nível d'água é uma curva de rebaixamento ou recuperação do nível d'água versus o tempo. Desta curva são extraídos os parâmetros que juntamente com as características geométricas do piezômetro, fornecem o valor da condutividade hidráulica (Dawson e Jonathan *apud* Lage, 2005).

## **6 - RESULTADOS**

### **6.1 - Níveis D'água nas Áreas de Estudo**

Os dados referentes a coluna d'água e níveis estáticos dos poços foram extraídos das tabelas de monitoramento dos níveis d'água (Tabela 01) onde observou-se que o nível d'água nas três áreas era raso, variando entre 0,517m a 2,321m e, baseado nas etapas de campo realizadas em dias de chuva e dias secos, bem como análises dos níveis d'água identificados nas sondagens e nas campanhas de campo foi possível avaliar que as flutuações do lençol freático são significativas em função da sazonalidade.

### **6.2 - Interpretação dos Testes de Permeabilidade nas Áreas de Estudo**

Para a caracterização da permeabilidade da área, as informações referentes a espessura dos aquíferos e intervalos das camadas filtrantes, bem como diâmetro da perfuração e do revestimento do poço foram retiradas dos perfis litológicos e construtivos dos poços.

Os testes de permeabilidades, segundo a metodologia de *Hvorslev e Bouwer & Rice* foram concebidos a partir do programa *Aquifer Test v3.0*<sup>[11]</sup> e os dados de entrada foram alimentados conforme a Tabela 02.

Baseado nas observações das sondagens e de campo foi possível concluir que os aquíferos estudados podem ser classificados livres com a faciologia predominantes de argila siltosa e areia fina.

Os ensaios de slug test foram realizados em 18 piezômetros e, através das metodologias de *Hvorslev e Bouwer & Rice*, foram analisados os valores de condutividade hidráulica (k) para cada piezômetro. Os dados utilizados no cálculo da permeabilidade foram apresentados na Tabela 02.



Tabela 01 – Níveis d'água medidos antes do teste de permeabilidade nas áreas de estudo.

<b>PLANILHA DE MEDIÇÕES DOS NÍVEIS D'ÁGUA</b>					
<b>Área: 1</b>					
Local: Itaguaí			Data: 12/06/2008 – Tempo: Ensolarado, sem chuva nos últimos dias.		
ID	Coordenadas WGS 84		Medições NA (m)	Hora	Prof. (m)
	X (m)	Y (m)			
PZ-01	620957	7467983	1,411	10:35	4,528
PZ-02	620984	7468008	2,321	11:37	-
PZ-03	621011	7467999	1,640	13:28	4,191
PZ-04	621032	7468021	1,299	14:20	4,713
PZ-05	621042	7467983	1,422	12:45	4,237

<b>Área: 2</b>					
Local: Itaguaí			Data: 19/06/2008 – Tempo: Com sol		
ID	Coordenadas WGS 84		Medições NA (m)	Hora	Prof. (m)
	X (m)	Y (m)			
PZ-01	622798	7468554	0,885	12:40	4,197
PZ-02	622817	7468506	0,969	13:40	3,776
PZ-03	622847	7468542	1,185	12:25	4,148
PZ-04	622876	7468511	1,450	12:18	4,496
PZ-05	622867	7468577	1,134	12:55	3,824

<b>Área: 3</b>					
Local: Itaguaí			Data: 12/06/2008 – Tempo: Ensolarado, sem chuva nos últimos dias.		
ID	Coordenadas WGS 84		Medições NA (m)	Hora	Prof. (m)
	X (m)	Y (m)			
PZ-01	625317	7469073	1,382	11:42	5,58
PZ-02	625343	7469057	1,157	11:30	4,17
PZ-03	625369	7469085	0,683	12:02	5,92
PZ-04	625415	7469059	1,110	11:58	5,95
PZ-05	625334	7469035	0,517	11:50	3,95
PZ-06A	625393	7469022	1,054	12:42	4,82
PZ-06B	625393	7469022	1,036	12:45	2,86
PZ-07A	625439	7469031	1,230	12:30	5,12
PZ-07B	625439	7469031	1,279	12:32	3,60
PZ-08A	625457	7469048	1,094	12:12	5,53
PZ-08B	625457	7469048	1,096	12:14	3,65

Tabela 02 – Parâmetros de entrada para realização dos testes de permeabilidade no *Aquífer Test*

ÁREA	ID	L (m)	r (m)	R (m)	Espessura saturada do aquífero (m)	b (m)
		Comprimento do poço preenchido com filtro (m)	Raio do revestimento do poço (m)	Raio do poço (m)		
1	PZ-01	3,00	0,0254	0,0508	2,589	2,589
	PZ-02	3,00	0,0254	0,0508	1,679	1,179
	PZ-03	3,00	0,0254	0,0508	2,060	1,860
	PZ-04	3,00	0,0254	0,0508	2,701	2,201
	PZ-05	3,00	0,0254	0,0508	2,578	2,078
2	PZ-01	3,00	0,0254	0,0508	4,123	2,423
	PZ-02	3,00	0,0254	0,0508	3,031	2,831
	PZ-03	3,00	0,0254	0,0508	2,815	2,065
	PZ-04	3,00	0,0254	0,0508	2,550	2,150
	PZ-05	3,40	0,0254	0,0508	2,866	2,866
3	PZ-01	3,00	0,0254	0,0508	3,618	4,018
	PZ-02	3,00	0,0254	0,0508	4,843	3,013
	PZ-03	3,00	0,0254	0,0508	5,017	5,237
	PZ-04	4,20	0,0254	0,0508	4,890	4,840
	PZ-05	3,40	0,0254	0,0508	5,483	3,433
	PZ-06A	3,20	0,0254	0,0508	8,946	3,766
	PZ-07A	1,60	0,0254	0,0508	3,370	3,770
	PZ-08A	2,00	0,0254	0,0508	3,006	4,306

Através da Tabela 03 que apresenta os resultados da condutividade hidráulica foi possível observar:

▪ **Área 1**

As médias das condutividades hidráulicas para ambas as metodologias apresentaram valores muito próximos, que foram de  $2,60 \times 10^{-6}$  m/s para a metodologia *Hvorslev* e  $2,86 \times 10^{-6}$  m/s para *Bouwer & Rice*. Os valores de permeabilidade variaram em apenas 1 ordem de grandeza refletindo certa homogeneidade do aquífero da área 1.

▪ **Área 2**

O valor médio do coeficiente de permeabilidade foi de  $5,26 \times 10^{-6}$  m/s para a metodologia *Hvorslev* e  $4,29 \times 10^{-6}$  m/s para *Bouwer & Rice*. Os valores de permeabilidade variaram em cerca de 3 ordens de grandeza e as duas metodologias apresentaram valores médios próximos. Tal heterogeneidade pode ser explicada pela anisotropia do aquífero local, ora de natureza areno-siltosa, ora argilo-siltosa. Os maiores valores de k, da ordem de  $10^{-5}$  m/s localizaram-se a sul da área, representados pelos piezômetros PZ-01 e PZ-05.

▪ **Área 3**

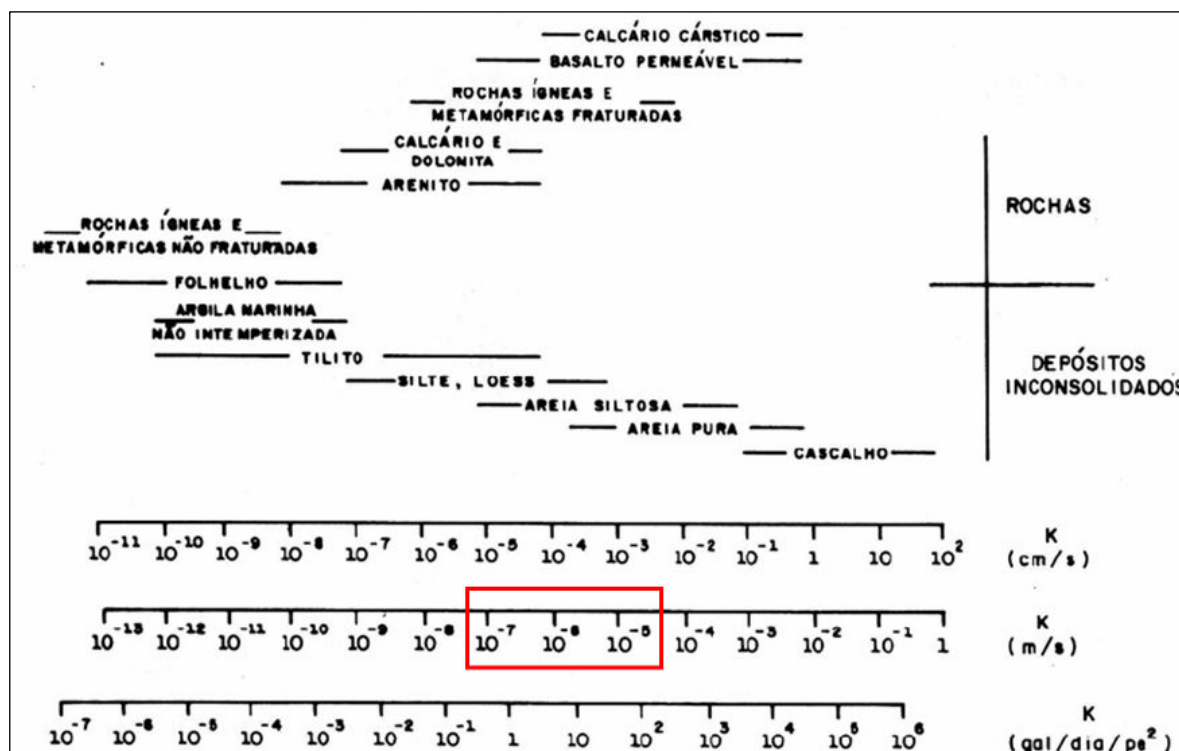
O valor médio do coeficiente de permeabilidade foi de  $5,96 \times 10^{-6}$  m/s para a metodologia *Hvorslev* e  $4,12 \times 10^{-6}$  m/s para *Bouwer & Rice*. Os valores de permeabilidade variaram em cerca de 2 ordens de grandeza e, partir da comparação entre as duas metodologias, foram detectados valores muito aproximados. Os maiores valores de k, da ordem de  $10^{-5}$  m/s localizaram-se a centro e a sul da área, representados pelos piezômetros PZ-01 e PZ-06, respectivamente.

Tabela 03 – Condutividade hidráulica das áreas de estudo.

ÁREA	ID	Litologia	Condutividade Hidráulica k (m/s)	
			<i>Hvorslev</i>	<i>Bouwer &amp; Rice</i>
1	PZ-01	Areia siltosa até a profundidade de 0,50 m, argila siltosa até 2,40 m e argila arenosa até 4,0 m.	$3,72 \times 10^{-6}$	$2,89 \times 10^{-6}$
	PZ-02	Areia siltosa até a profundidade de 0,90 m e argila siltosa até 4,0 m.	$1,81 \times 10^{-6}$	$1,04 \times 10^{-6}$
	PZ-03	Areia siltosa até a profundidade 0,60 cm, argila siltosa até 2,80 m e areia pouco siltosa até 3,70 m.	$3,74 \times 10^{-6}$	$2,37 \times 10^{-6}$
	PZ-04	Areia siltosa até a profundidade de 0,70 m, argila siltosa até 1,90 m, areia siltosa até 2,80 m e argila siltosa até 4,0 m.	$7,69 \times 10^{-6}$	$5,14 \times 10^{-6}$
	PZ-05	Areia siltosa até a profundidade de 0,70 m, argila arenosa até 4 m.	$6,18 \times 10^{-7}$	-
2	PZ-01	Areia pouco argilosa até a profundidade de 1,30 m, argila siltosa até 2,0 m, areia siltosa até 4,0 m, e argila siltosa até 5,0 m.	$2,44 \times 10^{-5}$	$1,59 \times 10^{-5}$
	PZ-02	Argila siltosa até a profundidade de 0,80 m, areia siltosa até 1,90 m, argila siltosa até 3 m e areia siltosa até 4,0 m.	$5,36 \times 10^{-6}$	$4,20 \times 10^{-6}$
	PZ-03	Argila siltosa até a profundidade de 4,0 m e areia siltosa até 5,0 m.	$4,22 \times 10^{-7}$	$6,51 \times 10^{-7}$
	PZ-04	Argila siltosa até a profundidade de 0,65 m, areia siltosa até 1,80 m, argila arenosa até 3,50 m, argila siltosa até 4,0 m.	$5,08 \times 10^{-6}$	$3,41 \times 10^{-6}$
	PZ-05	Argila siltosa até a profundidade de 0,60 m e areia siltosa até 4,0 m.	$1,44 \times 10^{-5}$	$9,77 \times 10^{-6}$
3	PZ-01	Areia siltosa até a profundidade de 1,30 m, argila siltosa até 2 m, argila arenosa até 4,60 m e silte arenoso até 6,0 m.	$3,15 \times 10^{-5}$	$2,42 \times 10^{-5}$
	PZ-02	Areia siltosa até a profundidade de 1,80 m, argila siltosa até 2,70 m, areia siltosa até 6,0 m.	$8,74 \times 10^{-6}$	$5,95 \times 10^{-6}$
	PZ-03	Areia siltosa até a profundidade de 5,70 m e argila arenosa até 6,0 m.	$5,40 \times 10^{-6}$	$4,65 \times 10^{-6}$
	PZ-04	Areia siltosa até a profundidade de 6,0 m, argila siltosa até 6,80 m e silte arenoso até 8 m.	$3,45 \times 10^{-6}$	$2,73 \times 10^{-6}$
	PZ-05	Argila siltosa até a profundidade de 5,30 m e areia pouco arenosa até 6,0 m.	$2,38 \times 10^{-6}$	$1,69 \times 10^{-6}$
	PZ-06 A	Areia siltosa até a profundidade de 1,30 m, argila arenosa até 2,70 m, argila siltosa pouco argilosa até 3,80 m e areia siltosa até 10 m.	$2,08 \times 10^{-5}$	$1,52 \times 10^{-5}$
	PZ-07 A	Areia siltosa até a profundidade de 1,60 m, argila arenosa micácea até 2,80 m, argila siltosa até 3,70 m, areia siltosa até 4,60 m, argila siltosa até 6,0 m.	$6,09 \times 10^{-6}$	-
	PZP-08A	Areia siltosa até a profundidade de 1,0 m, argila siltosa até 1,80 m, argila arenosa até 2,70 m, argila siltosa até 6,0 m.	$7,25 \times 10^{-6}$	-

De acordo com a Tabela 04, os valores de condutividade hidráulica detectados nos testes de campo (grandezas  $10^{-5}$ ;  $10^{-6}$ ;  $10^{-7}$  m/s) são característicos de camadas aquíferas formadas por sedimentos siltycos arenosos. Genericamente, a descrição das faciologias sedimentares das sondagens, realizadas no âmbito do presente estudo, está em conformidade com os valores de permeabilidades detectados através dos testes de permeabilidade *in situ*.

Tabela 04 – Variações dos valores de condutividades hidráulicas de acordo com a litologia (extraído de Freeze e Cherry, 1979<sup>[12]</sup>).



## 7 - CONCLUSÕES

Com base no estudo feito neste trabalho podemos concluir que os aquíferos existentes nas áreas de estudo tratam-se de aquíferos livres, pois não são limitadas no topo e na base por camadas impermeáveis

Através dos cálculos da condutividade hidráulica, determinados a partir de ensaios de *Slug Test* nas áreas 1, 2 e 3, observou-se que a condutividade hidráulica apresentou valores médios de grandeza  $10^{-6}$  m/s para todas as áreas, o que permite estimar essa grandeza para os aquíferos freáticos dos cordões arenosos Cenozóicos no município de Itaguaí-RJ.

As descrições das faciologias sedimentares através das sondagens nas áreas estudadas estão em conformidade com os valores de permeabilidades caracterizados nos *slug test* que assinalam que a média da grandeza de permeabilidade  $10^{-6}$  é característica de sedimentos areno-siltosos.

Os perfis geológicos dos poços indicam que pelo menos dois horizontes foram ensaiados para cada poço, que compreenderam: areia siltosa e argila siltosa.

A área da 2 apresentou valores de permeabilidade que variaram em cerca de 3 ordens de grandeza. Tal heterogeneidade pode ser explicada pela anisotropia do aquífero local, ora de natureza areno-siltosa, ora argilo-siltosa, em conformidade com as descrições litológicas das sondagens realizadas no âmbito do presente estudo.

As flutuações do lençol freático e a diversidade das faciologias sedimentares identificadas nos aquíferos freáticos de todas as áreas estudadas podem vir a influenciar o comportamento de eventuais contaminantes dispersos em subsuperfície, pois os sedimentos encontrados nas áreas de estudo apresentaram alto grau de permeabilidade e flutuações do lençol freático podem facilitar a movimentação de possíveis contaminantes.

As conclusões apresentadas neste trabalho podem também servir de base para outros estudos hidrogeológicos que possuam uma conotação ambiental.

## 8 – AGRADECIMENTOS

O presente trabalho reporta os resultados do projeto “Processos Geológicos Condicionadores da Migração de Contaminação por Hidrocarbonetos: Estudo de Caso na baía de Sepetiba – RJ”, financiamento: PETROBRAS/FINEP nº. 0105085300. A equipe agradece a pela concessão de auxílio à pesquisa.

## 9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[4] BOUWER, H.; R.C. RICE, 1976. A slug test method for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells, **Water Resources Research**, vol. 12, no. 3, pp. 423-428.

[8] CETESB, 1999. Cia. de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 1999.

[6] EIA, 2005. Estudos de Impactos Ambiental do Terminal Portuário Centro Atlântico- **CSA- Companhia Siderúrgica do Atlântico**. Outubro, 2005.1-13 f.

[1] EIA. 2008. Estudos de Impactos Ambientais. **Serviços de Dragagem no Acesso Aquaviário ao Complexo Industrial do Porto de Itaguaí**. Junho, 2008. 69 f.

[10] FETTER, C. W, 1994. **Applied Hydrogeology**. Prentice Hall Inc., New Jersey, 3ª ed. 691 p.

[12] FREEZE, R.A.; CHERRY, J.A, 1979. **Grounwater**. Englewood cliffs: Prentice Hall, 604p.



- [7] GOOGLE EARTH – Imagem Digital Globe /Terra Metrics, ago 2007. Acesso em 27 /07 /2008.
- [3] HVORSLEV, M.J., 1951. Time lag and soil permeability in ground-water observations: Vicksburg, Miss., **U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station**, Bulletin 36, 50 p. TIC#238956.
- [2] LAGE, INGRID DE C. **Avaliação de Metodologias para Determinação da Permeabilidade em Meios porosos: A área experimental da Fazenda Ressacada (SC)**. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. 119p.
- [5] SOUZA, R.C.S. Caracterização da Permeabilidade de Aquíferos em Cordões Arenosos Cenozóicos no Município de Itaguaí, RJ. 2008, 63p Monografia de Conclusão de Curso, UFRRJ, IA/DGEO, Seropédica, 2008.
- [11] SOFTWARE AQUIFER TEST 3.0<sup>®</sup>. Instalado em 09 set 2008. Waterloo Hydrogeologic Inc, 2000.
- [9] SOFTWARE SOLINST LEVELLOGGER 3.2.3. Instalado em 26 agosto. 2008. Disponível em <http://www.solinst.com>. Acesso em Agosto 2008.