



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOFÍSICA**

Dissertação de Mestrado

BORIS CHAVES FREIMANN

**ESTUDO HIDROGEOLÓGICO ATRAVÉS DE PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇOS E  
SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS (SEV's) – SALINÓPOLIS-PA**

BELÉM  
2014

BORIS CHAVES FREIMANN

**ESTUDO HIDROGEOLÓGICO ATRAVÉS DE PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇOS E  
SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS (SEV's) – SALINÓPOLIS-PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para a obtenção de grau de Mestre em Geofísica.

Área de Concentração: Métodos Elétricos e Eletromag.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Welby Correa Silva

BELÉM  
2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

---

Freimann, Boris Chaves, 1989-

Estudo hidrogeológico através de perfis geofísicos de poços e sondagens elétricas verticais (sevs) - Salinópolis-Pa / Boris Chaves Freimann. - 2014.

Orientador: Marcos Welby Correa Silva.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geofísica, Belém, 2014.

1. Geofísica - Salinópolis (PA). 2. Águas subterrâneas - Salinópolis (PA). 3. Perfilagem geofísica de poços - Salinópolis (PA). I. Título.

CDD 22. ed. 550.98115

---

BORIS CHAVES FREIMANN

**ESTUDO HIDROGEOLÓGICO ATRAVÉS DE PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇOS E  
SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS (SEV's) – SALINÓPOLIS-PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade  
Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências  
para a obtenção de grau de Mestre em Geofísica.

**Data de aprovação: 27/02/2014**

**Banca examinadora:**



---

**Prof. Marcos Welby Correa Silva - Orientador**  
Doutor em Geofísica  
Universidade Federal do Pará



---

**Prof.ª Carolina Barros da Silva**  
Doutora em Geofísica  
Universidade Federal do Pará



---

**Prof. Paulo Roberto de Carvalho**  
Doutor em Geofísica  
Universidade Federal Rural da Amazônia

*Dedico este trabalho à minha família...*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos Professores José Geraldo das Virgens Alves e Marcos Welby Silva pela paciência e perseverança durante toda a realização deste trabalho.

À Universidade Federal do Pará e ao Programa de Pós Graduação em Geofísica que ofereceram todo o suporte para a minha formação acadêmica.

À Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (SUREG-BE), por toda infra-estrutura e apoio dado ao meu trabalho..

À Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) pelos dados cedidos e todo apoio logístico.

À todos os professores que tive oportunidade de obter conhecimento ao longo de minha formação acadêmica.

À CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado

Aos meus amigos e companheiros que sempre estiveram presentes na minha vida

E, finalmente, porém não menos importante, aos meus pais que sempre batalharam para o meu bem estar.

## APRESENTAÇÃO

O abastecimento de água para consumo humano tem se tornado um desafio cada vez maior. O crescente aumento populacional aliado com a degradação de fontes naturais de água doce tem contribuído para deixar a questão ainda pior. Desse modo, a procura por fontes de água subterrânea acaba sendo uma excelente alternativa para driblar tal empicílio.

O problema vivenciado por Salinópolis-PA está intimamente relacionado com a população intermitente que frequenta seus belos balneários. Nos períodos de recesso escolar a sede do município costuma receber milhares de pessoas o que compromete o sistema de abastecimento da cidade, chegando muitas vezes a colapsar.

Neste trabalho é realizado um estudo a respeito da continuidade lateral das camadas litológicas de subsuperfície na sede do município de Salinópolis a fim de se ter um conhecimento mais amplo sobre a hidrogeologia do local. Este trabalho é apresentado na forma de artigo, de acordo com as novas regras do Programa de Pós-Graduação em Geofísica da Universidade Federal do Pará. Assim, a forma escrita da dissertação possui um texto de apresentação e um capítulo, que consiste do trabalho a ser submetido à Revista ABAS.

## ABSTRACT

It was realized a correlation of geophysical well logs from the Sanitation Company of Pará (COSANPA) drilled in the city of Salinópolis for the local supply. The study was conducted in many areas of impound, covering 15 wells. The parameters used in the correlation were Self Potential (SP), Electrical Resistivity (ER) and Gamma Ray (GR). Also, for control purposes, was used the lithological log of the wells obtained from samples of drill cutting. This correlation was conducted to evaluate the lateral continuity of permeable and impermeable layers, in order to develop sections of the subsurface with high accuracy. I was also used Vertical Eletrical Sounding (VES) for comparation efect. It was found the probable existence of two major aquifers that lie 60 meters below sea level and have lateral continuity along the full extent of the studied area. It was also found that the top of the basement in the studied area is around 120 meters below sea level. These findings are extremely important for a better location and constructive evaluation for supply wells in the future projects in the city of Salinópolis-Pa.

Keywords: Applied geophysics. Underground water. Geophysical correlation. Geophysical well logging. Salinópolis-Pa.



## RESUMO

Foi realizada uma correlação de perfis geofísicos de poços das áreas de captação da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) perfurados no município de Salinópolis-Pa para o abastecimento local. O estudo foi realizado em várias áreas de captação, abrangendo 15 poços. Os parâmetros utilizados na correlação foram Potencial Espontâneo (SP), Resistência Elétrica (RE) e Raios Gama (RG). Também, para efeito de controle, utilizaram-se os perfis litológicos dos poços, obtidos através de amostras de calha. Essa correlação teve por objetivo avaliar a continuidade lateral das camadas permeáveis e impermeáveis, a fim de se elaborar seções da sub-superfície com alta precisão. Para efeito comparativo utilizou-se também Sondagens Elétricas Verticais (SEV's). Constatou-se a provável existência de dois grandes aquíferos que se encontram abaixo do horizonte de cota de -60 metros em relação ao nível do mar e que apresentam continuidade lateral por toda extensão da área estudada. Constatou-se, também, que o topo do embasamento na região estudada oscila em torno de 120 metros abaixo do nível do mar. Tais conclusões são de extrema importância para uma melhor avaliação construtiva e locação de futuros projetos de abastecimento na sede do município de Salinópolis.

Palavras-chave: Geofísica aplicada. Água subterrânea. Correlação geofísica. Perfilagem geofísica de poço. Salinópolis-PA.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
ÁREA DE ESTUDO.....	11
GEOLOGIA REGIONAL.....	16
<b>Sedimentos do Grupo Barreiras e Pós-Barreiras.....</b>	<b>16</b>
<b>Formação Pirabas.....</b>	<b>17</b>
HIDROGEOLOGIA LOCAL.....	17
CORRELAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS.....	18
CATALOGAÇÃO DE POÇOS TUBULARES.....	18
DIGITALIZAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS.....	21
CORRELAÇÃO GEOFÍSICA POÇO A POÇO.....	22
SEÇÕES LITOLÓGICAS PROPOSTAS.....	24
<b>Seção 1 – Poços I-J-K.....</b>	<b>26</b>
<b>Seção 2 – Poços H-N-J-B-K.....</b>	<b>28</b>
<b>Seção 3 – Poços C-H-I.....</b>	<b>30</b>
<b>Seção 4 – Poços I-N-J-B-P-D.....</b>	<b>31</b>
SEV's E PRFILAGENS RECENTES.....	34
<b>Resultado das SEV's.....</b>	<b>36</b>
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	42
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>
ANEXO 1.....	46

## INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a preocupação com o abastecimento de água para o consumo humano vem tomando destaque mundial, por conta do estabelecimento de uma conscientização para com o meio ambiente. O crescimento populacional e industrial acaba intensificando a demanda por mais reservatórios de água potável. Além disso, parte dos aquíferos em uso vêm se exaurindo ou sendo degradados, seja por interferência humana (ex.: poluição de rios e do solo), seja por fatores naturais (ex.: intrusão salina em aquíferos costeiros).

No município de Salinópolis, o abastecimento de água para a população local é feito pela COSANPA (Companhia de Saneamento do Pará), através de diversos poços nas áreas de captação na cidade. O quadro hidrogeológico da região é definido por unidades litológicas datadas do terciário que englobam diversas rochas sedimentares pertencentes à formação Pirabas e ao grupo Barreiras e Pós Barreiras (ARAÚJO, 1998). A profundidade dos poços de abastecimento da COSANPA varia entre 80 e 160 metros, sempre captando água subterrânea da Formação Pirabas. O problema do abastecimento no município está basicamente no fato de haver uma população intermitente que frequenta a região principalmente no período de férias escolares (Julho, Janeiro e Fevereiro) e em alguns feriados prolongados. Nestas ocasiões, o sistema de abastecimento de água entra em colapso nos horários de pico de consumo, afetando a todos que moram na sede do município.

Este trabalho teve por objetivo catalogar poços tubulares de abastecimento, perfurados no município de Salinópolis pela COSANPA e avaliar, através da correlação dos perfis geofísicos corridos nesses poços, a continuidade lateral das diversas camadas litológicas encontradas, determinando com precisão métrica as

suas profundidades e espessuras (SOUZA, 1993). SEV's foram realizadas para efeito de comparação cuja interpretação levou em consideração os dados de espessura de camadas obtidos através das perfilagens

De acordo com as características da Formação Pirabas, o ambiente sedimentar dos poços em Salinópolis apresenta camadas permeáveis (areias, arenitos, calcarenitos) que são os aquíferos de maior potencial do local. Portanto, a principal importância da avaliação de continuidade lateral de camadas em sub-superfície está em identificar a extensão lateral, espessuras e posição desses aquífero, fornecendo, assim, valiosas informações para futuras perfurações de poços de abastecimento e estudo mais detalhado do potencial hídrico local.

Para esse propósito, foram catalogados 15 poços distribuídos dentre as várias captações da COSANPA, sendo 10 com perfis geofísicos e litológicos, 4 com perfis geofísicos somente e 1 apenas com perfil litológico. Todos os perfis geofísicos encontravam-se de forma analógica e foram digitalizados e todos os poços possuem coordenadas geográficas, dados construtivos e cota em relação ao nível do mar. Utilizou-se também duas perfilagens geofísicas de poços não pertencentes à COSANPA, sendo um do município e outro da CPRM.

## ÁREA DE ESTUDO

A área do estudo realizado (Figura 1) situa-se na costa nordeste do Estado do Pará, mais especificamente, na sede do município de Salinópolis (latitude 00°36'49"S, longitude 47°21'22" W), estando a uma distância aproximada de 220 km de Belém, capital do Estado do Pará. Popularmente conhecido por Salinas, o município chama atenção pela beleza de suas praias e sustenta sua economia na pesca e no turismo, sendo um dos principais balneários da população paraense.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), Salinópolis está na Mesorregião “Nordeste Paraense” e na Microrregião “Salgado”.

A vegetação da área se enquadra na definição de florestas secundárias, caracterizando-se por campos herbáceos e arbustivos sobre a Planície costeira, extensas capoeiras sobre o Planalto costeiro e por vegetação de mangue.

O clima, no nordeste paraense em geral, caracteriza-se por ser tropical quente e úmido como um período chuvoso mais acentuado entre dezembro e maio e menos chuvoso no restante do ano (MARTORANO et al., 1993).

Os 15 poços selecionados (Figura 2) para este trabalho dentro do município de Salinópolis abrangem uma área retangular de aproximadamente 8km<sup>2</sup> que engloba diversas captações da COSANPA onde os poços estudados estão locados. As captações são: Barreiro, Guaxini, Açai, Escritório, Jardim Atalaia, Dom Bosco, Sete de Setembro, Amapá e Farol.

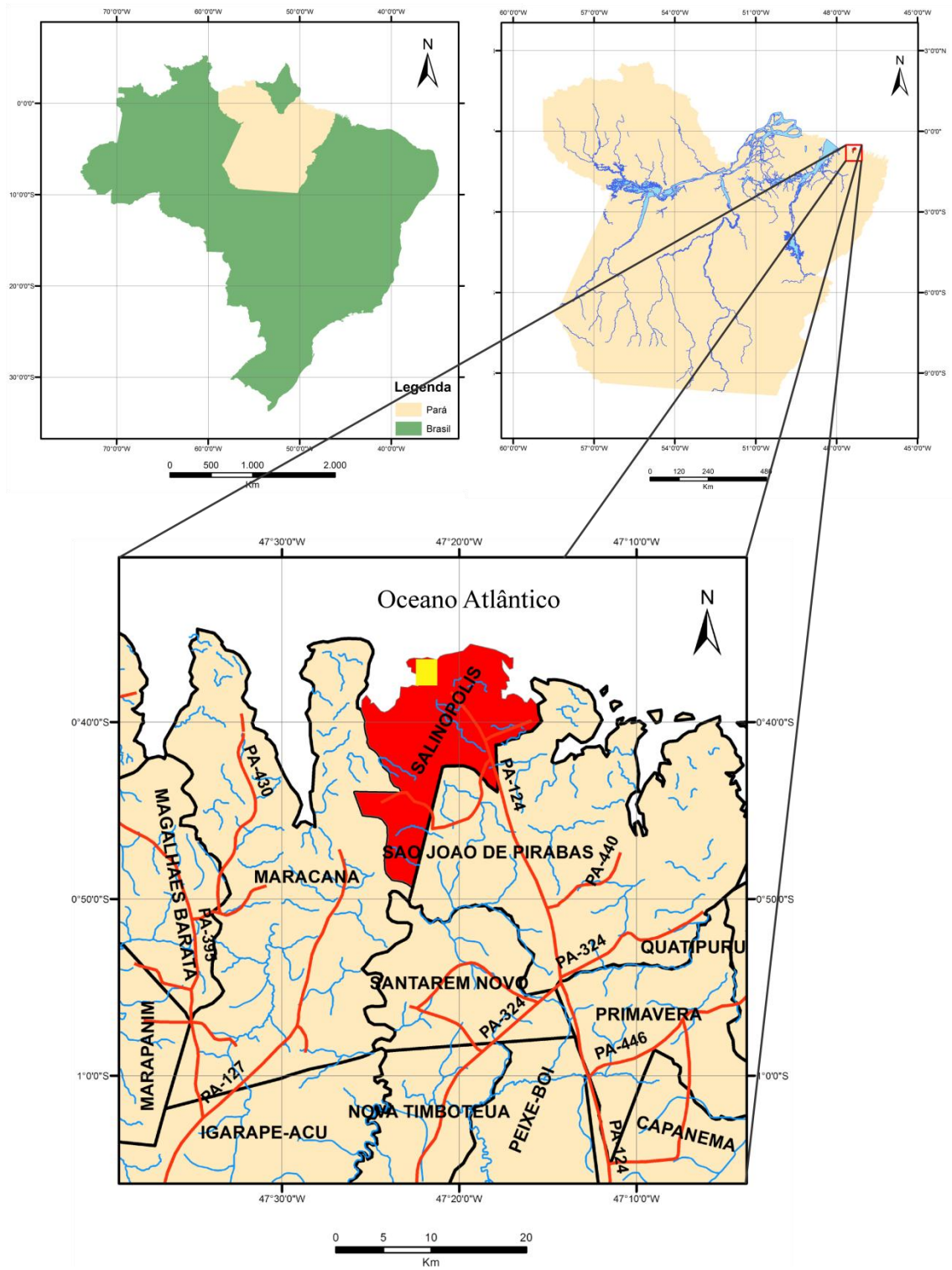


Figura 1: Localização do Município de Salinópolis. O retângulo amarelo representa a área do estudo.  
 Figure 1: Location of Salinópolis city. The yellow rectangle represents the area of the study.

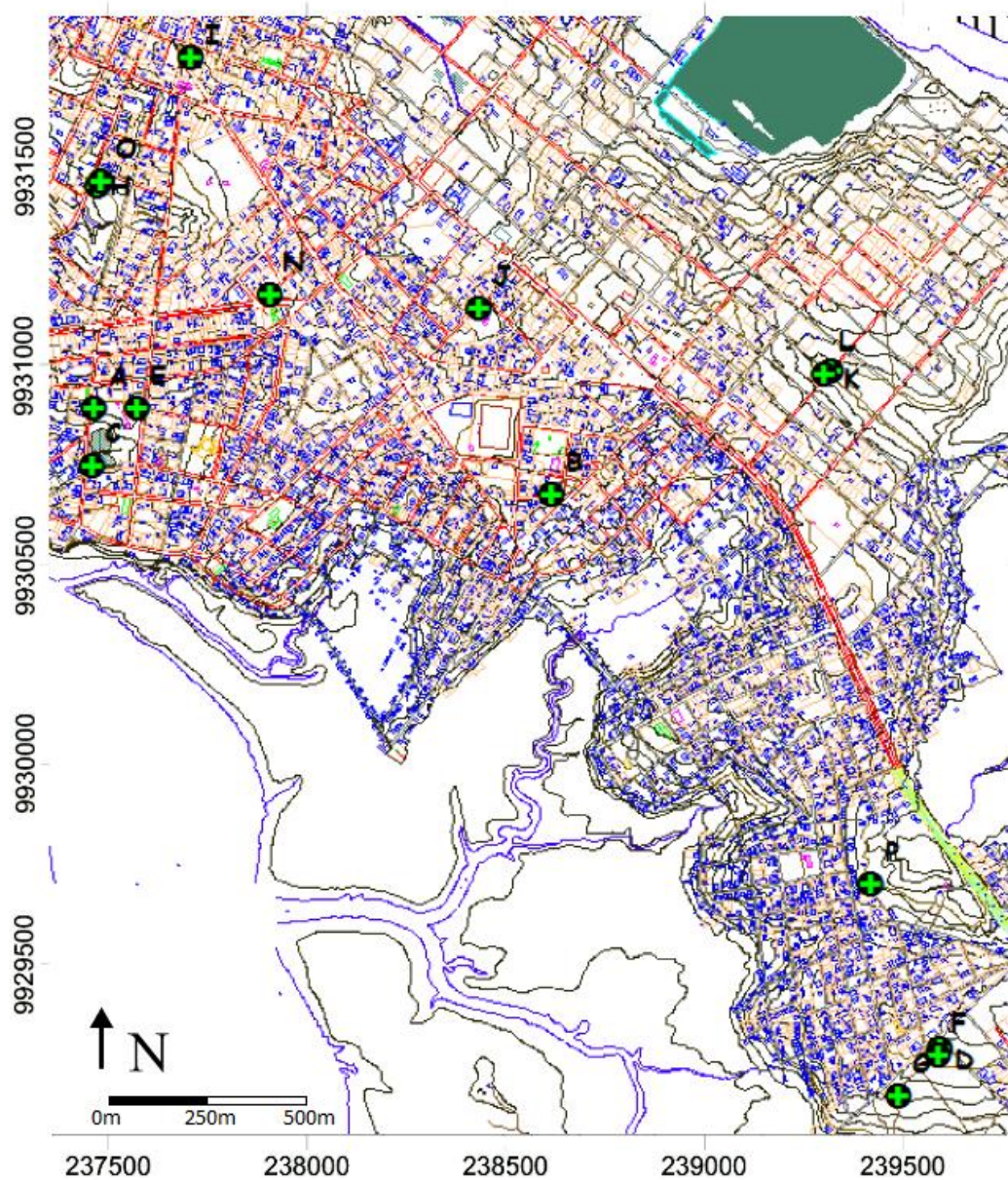


Figura 2: Área do estudo realizado. Poços G,D,F: Captação COSANPA Barreiro. Poço P: Captação Guaxini. Poços A,C,E: Captação COSANPA Sete de Setembro. Poços L,K: Captação COSANPA Jardim Atalaia. Poço N: Captação COSANPA Escritório. Poços O,H: Captação COSANPA Açaí. Poço J: Captação COSANPA Bairro Amapá. Poço I: Captação COSANPA Farol. Poço B: Captação COSANPA Dom Bosco. (Fonte da base cartográfica: COHAB).

Figure 2: Area of study. Wells G,D,F: Captation COSANPA Barreiro. Well P: Captation Guaxini. Wells A,C,E: Captation COSANPA Sete de Setembro. Wells L,K: Captation COSANPA Jardim Atalaia. Well N: Captation COSANPA Escritório. Well O,H: Captation COSANPA Açaí. Well J: Captation COSANPA Bairro Amapá. Well I: Captation COSANPA Farol. Well B: Captation COSANPA Dom Bosco. (Source: the cartographic base of COHAB)

A cidade de Salinópolis apresenta um relevo relativamente acidentado (Figura 3), porém, com altitudes muito próximas ao nível do mar, tendo seus pontos mais altos na cota de 25 metros. Foram obtidos dados brutos de cota em relação ao nível do mar e a partir desses dados foram elaborados mapas de contorno e blocos diagrama em 3D para a representação do relevo da área selecionada para o trabalho.



Figura 3: Vista aérea em perspectiva com os poços estudados devidamente georeferenciados (UTM).  
Figure 3: Aerial view in perspective with the studied wells properly georeferenced (UTM).

A base cartográfica original foi cedida pela COHAB (Companhia de Habitação do Município de Belém) no formato do *software* AutoCad sem georeferenciamento. Posteriormente, as camadas de interesse para este trabalho foram modificados via ArcGis e georeferenciados com coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), *datum* WGS-84, para posicionamento dos dados e mapas. O relevo foi trabalhado no *software* Surfer para apresentação 2D e 3D da topografia da área de estudo.



## GEOLOGIA REGIONAL

O conjunto geológico regional é definido por unidades litológicas datadas do terciário que englobam rochas provenientes de sedimentação marinha da Formação Pirabas e rochas de sedimentação continental do Grupo Barreiras e Pós Barreiras. Estas Formações ocorrem por toda a zona litorânea do nordeste paraense (ARAÚJO, 1998).

### **Sedimentos do Grupo Barreiras e Pós-Barreiras**

O Grupo Barreiras constitui uma cobertura sedimentar terrígena continental e marinha (ARAI, 2006), de idade miocênica a pleistocênica inferior (Anexo 1) (SUGUIO; NOGUEIRA, 1999). Ocorrem ao longo do litoral brasileiro e se estendem desde a região amazônica, por toda região costeira norte e nordeste, até o estado do Rio de Janeiro. A continuidade física do Grupo Barreiras, na forma de lençol quase contínuo, sugere que inicialmente correspondia a rampas detríticas coalescentes mergulhando em direção ao Oceano Atlântico, correspondendo à sedimentação correlativa de eventos de soerguimento epirogenético, que edificaram as superfícies culminantes em diversos pontos do interior brasileiro (SAADI et al., 2005). O Grupo Barreiras é composto por uma sequência de sedimentos detríticos, siliciclásticos, de origem fluvial e marinha (ARAI, 2006), pouco ou não consolidados, mal selecionados, de cores variegadas (VILAS BOAS, 1996), variando de areias finas a grossas, predominando grãos angulosos, argilas cinza-avermelhadas, com matriz caulínica e ocorrência escassa de estruturas sedimentares.

## **Formação Pirabas**

A formação Pirabas (Oligo-Mioceno(Anexo 1)) tem sua ocorrência sobre toda a Plataforma Continental Norte Brasileira, abrangendo todo o litoral do Estado do Pará. Estendendo-se também ao longo da Plataforma Maranhão, Piauí e Amapá (FERREIRA 1982). Porém, é na região costeira do nordeste paraense que a Formação Pirabas apresenta suas melhores ocorrências em superfície.

A Formação Pirabas tem sua litologia basicamente definida por intercalações de calcários e folhelhos cinza esverdeados a negros. Já foram identificados “BeachRocks” (Arenitos Calcíferos) nesta formação. Esta formação encontra-se sobreposta ao embasamento (rocha cristalina) e abaixo do Grupo Barreiras (FERREIRA, 1982).

## **HIDROGEOLOGIA LOCAL**

Salinópolis em si tem sua litologia mais rasa constituída basicamente pela predominância de sedimentos argilosos de cores variadas, caracterizando o Grupo Barreiras e que, de modo geral, é pouco permeável. Porém devido à alternância entre camadas argilosas e arenosas pode-se afirmar que exista certo confinamento nos aquíferos encontrados, o que acaba por aumentar as chances de captação de água para abastecimento nesse sistema. O fator que define a potencialidade do aquífero seria a espessura da camada arenosa. Contudo, o Grupo Barreiras em Salinópolis oscila em torno de 15m de espessura, não apresentando, portanto, muita importância em potencial hídrico para o abastecimento do município (ARAÚJO, 1998).

Sotoposta ao Grupo Barreiras, a Formação Pirabas se configura por uma sequência de calcário e arenito calcífero apresentando intercalações periódicas de argila. A formação apresenta boa permeabilidade nos níveis em que a rocha se fragmenta com maior facilidade. O calcário geralmente é duro e fraturado, o que representa um bom potencial para o confinamento de água subterrânea. A espessura da Formação Pirabas oscila em torno de 110 metros e apresenta grande potencialidade para o abastecimento de Salinópolis (ARAÚJO, 1998).

### CORRELAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS

Este trabalho consistiu no agrupamento de dados de poços tubulares perfurados na sede no município de Salinópolis. Estes dados foram catalogados e uma tabela para referência foi gerada. O quesito principal para a seleção dos poços foi a existência de perfis geofísicos, sendo a única exceção, o poço da captação COSANPA Guaxini, que possuía apenas perfil litológico. Os perfis geofísicos encontravam-se em forma de registro analógico e foram digitalizados para serem correlacionados. O produto final da correlação de determinados poços foi a geração de seções litológicas da sub-superfície, tendo como referência para a descrição das litologias, as informações contidas nas descrições dos poços selecionados.

### CATALOGAÇÃO DE POÇOS TUBULARES

Nesta etapa foram reunidos dados de perfilagens geofísicas de poços tubulares de abastecimento do município de Salinópolis, de propriedade do Laboratório de Prospecção Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, que realizou as perfilagens geofísicas às empresas de perfuração. Um total de 14 poços foi disponibilizado para este trabalho.

Posteriormente, por intermédio da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), obteve-se acesso aos relatórios construtivos de 10 poços dentro dos 14 já selecionados. Estes relatórios são pertencentes à COSANPA, que detém a concessão do abastecimento de água em Salinópolis.

Na captação COSANPA Guaxini, não há poço com perfilagem geofísica disponível. Porém, por se tratar de uma das principais fontes de abastecimento de água para a população de Salinópolis, utilizou-se o perfil litológico de um poço do local para servir de referência na correlação dos perfis geofísicos selecionados. Portanto, os dados dessa Captação configuram uma exceção perante os demais.

Para facilitar o manejo das informações obtidas, foi atribuída uma letra do alfabeto a cada poço e gerou-se uma tabela. Os nomes dos poços usados para referência são os mesmos encontrados no registro analógico das perfilagens geofísicas. As coordenadas foram obtidas em loco com um aparelho GPS de mão. Dados como “Data” e “Operador” também foram retirados do registro analógico das perfilagens. As cotas de altitudes foram obtidas a partir da base cartográfica cedida pela COHAB. Não foi possível definir o nome da empresa construtora de todos os poços, portanto, campos em branco nesta coluna significam a incerteza ou desconhecimento, contudo esta informação não é de grande relevância para a realização do presente trabalho. Os perfis litológicos encontrados são oriundos dos relatórios da COSANPA. (Tabela 1)

TABELA 1: POÇOS SELECIONADOS

Poços	Nome	Local	Profundidade	Perfis	Data	Operador
A	CosanpaFemac PT-03	Captação COSANPA Sete de Setembro	135m	RG/SP/RE	05/07/1997	Geraldo
B	Cosanpa P-2	Captação COSANPA Dom Bosco	133m	SP/RE	29/12/2003	Geraldo
C	CosanpaFemac 02	Captação COSANPA Sete de Setembro	130m	RG/SP/RE	11/06/1997	Geraldo
D	Cosanpa Barreiros P3 Femac	Captação COSANPA Barreiro	158m	RG/SP/RE	20/06/2001	Geraldo
E	Poço Sete de Setembro 4	Captação COSANPA Sete de Setembro	150m	RG/SP/RE	25/05/1996	Geraldo
F	Barreiro (Cosanpa-Pa) P2	Captação COSANPA Barreiro	158m	RG/SP/RE	29/10/1988	Gouvêa
G	Femac/Cosanpa/Barreiros 2	Captação COSANPA Barreiro	150m	RG/SP/RE	31/10/1991	Gouvêa
H	Salinópolis Açai-I	Captação COSANPA Açai	140m	RG/SP/RE	23/05/1991	Gouvêa
I	39-98	Captação COSANPA Farol	80m	RG/SP/RE	26/06/1998	Verma
J	P-3	Captação COSANPA Bairro Amapá	125m	SP/RE	05/06/2003	Verma
K	P-2	Captação COSANPA Jardim Atalaia	149m	SP/RE	28/06/2003	Verma
L	30-98	Captação COSANPA Jardim Atalaia	108m	RG/SP/RE	26/06/1998	Verma
N	Cosanpa-Escritório	Captação COSANPA Escritório	150m	SP/RE	25/05/2001	Gouvêa
O	Açai-Femac-P3	Captação COSANPA Açai	130m	SP/RE	12/07/2004	Gouvêa
P	Guaxini P7	Captação COSANPA Guaxini	157m		12/10/1984	

Poços	Construtora	Perfilador	Latitude	Longitude	UTM-E	UTM-N	Altitude (m)	Perfil Litológico	Perfil Geofísico
A	FEMAC-GEOSOLO	MountSopris	-0,62434	-47,35879	237465	9930932	9	Sim	Sim
B	FEMAC-GEOSOLO	Widco 1200	-0,62642	-47,34806	238660	9930702	19	Sim	Sim
C	FEMAC-GEOSOLO	MountSopris	-0,62572	-47,35886	237457	9930779	4	Sim	Sim
D	FEMAC-GEOSOLO	MountSopris	-0,63966	-47,33894	239676	9929238	21	Sim	Sim
E	FEMAC-GEOSOLO	MountSopris	-0,62434	-47,3578	237575	9930932	9	Sim	Sim
F	FEMAC-GEOSOLO	MountSopris	-0,63984	-47,33901	239670	9929218	21	Não	Sim
G	FEMAC-GEOSOLO	MountSopris	-0,64082	-47,33991	239568	9929110	21	Sim	Sim
H		MountSopris	-0,61906	-47,35873	237472	9931516	9	Sim	Sim
I		MountSopris	-0,61597	-47,35653	237716	9931858	24	Não	Sim
J		MountSopris	-0,62195	-47,34975	238472	9931197	11	Não	Sim
K	FEMAC-GEOSOLO	MountSopris	-0,62345	-47,34152	239388	9931031	12	Sim	Sim
L		MountSopris	-0,62355	-47,34166	239373	9931020	12	Não	Sim
N	FEMAC-GEOSOLO	MountSopris	-0,62166	-47,35468	237923	9931229	25,5	Sim	Sim
O	FEMAC-GEOSOLO	MountSopris	-0,61892	-47,35864	237481	9931531	10	Sim	Sim
P	FEMAC-GEOSOLO		-0,63575	-47,34056	239496	9929671	10	Sim	Não

## DIGITALIZAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS

De cada perfil analógico disponível obteve-se uma imagem (*scan*) que foi encaixada em uma escala padrão gerada no software Surfer para a digitalização. Desse modo, as escalas dos dados de amplitude nos registros de Raios Gama (RG[cps]), Potencial Espontâneo (SP[mV]), Resistência (RE[ohm]) e profundidade (metro), ficaram uniformizadas. Os dados numéricos advindos da digitalização foram plotados com o *software* Grapher. Os perfis litológicos foram encaixados na mesma escala de profundidade dos perfis geofísicos digitalizados, sendo, portanto, possível a determinação das litologias para a criação de seções litológicas da sub-superfície.

Após a imagem proveniente do *scan* do registro impresso ser encaixada na escala padrão (Figura 4), valores de X (RG, SP ou RE) e Y (profundidade) foram gerados pela ferramenta "*digitize*" do Surfer.

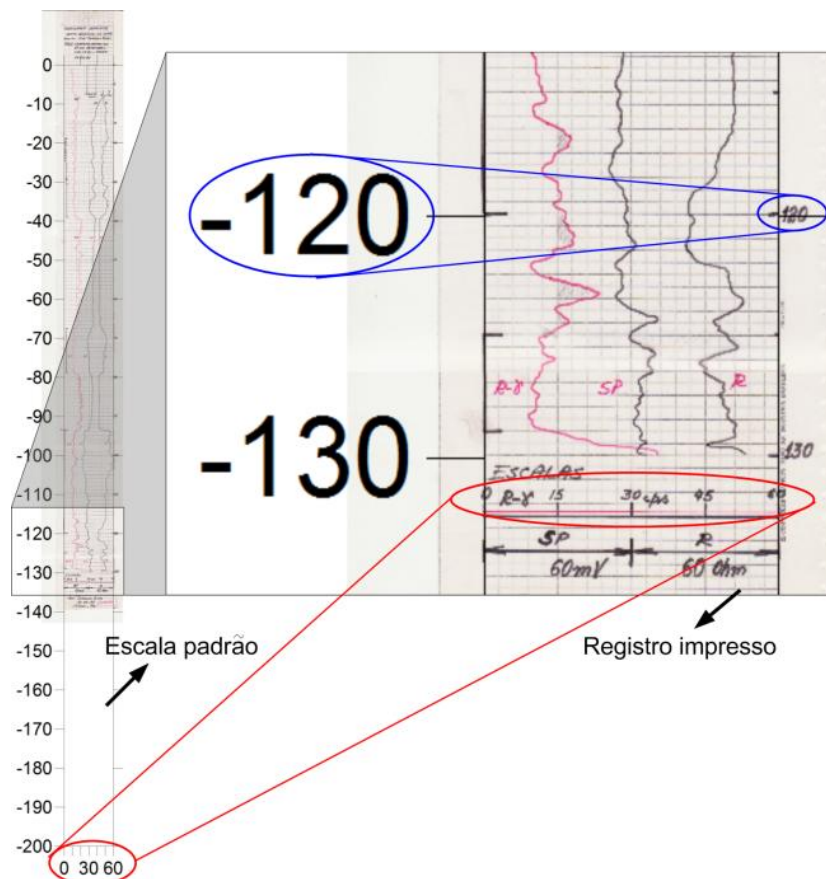


Figura 4: Exemplificação do método de digitalização dos perfis geofísicos.  
Figure 4: Exemplification of the digitization method of geophysical well logs.

## CORRELAÇÃO GEOFÍSICA POÇO A POÇO

Com os perfis geofísicos devidamente digitalizados com escalas uniformes e os perfis litológicos encaixados para referência, foi possível dar início à interpretação e correlação dos mesmos. A disposição habitual no "grid" da perfilagem apresenta da esquerda para a direita, Raios Gama, Potencial Espontâneo e Resistência Elétrica respectivamente. Para uma melhor identificação, esses registros foram codificados em cores, sendo vermelho (RG), azul (SP) e verde (RE).

O primeiro passo para realizar a correlação foi posicionar cada "boca de poço" na sua respectiva cota topográfica para referência geral de profundidade.

Os perfis geofísicos apresentam comportamentos característicos de acordo com a zona investigada. Nos registros apresentados pode-se observar que em zonas argilosas, impermeáveis, o comportamento é uniforme sem muitas variações na amplitude, seguindo, as linhas, quase que paralelas em relação à linha do folhelho (registro de SP). Já ambientes permeáveis, não argilosos, os perfis apresentam fortes deflexões em relação à linha que seguem no ambiente impermeável. Os valores de Raios Gama (RG) apresentam menor amplitude devido à baixa argilosidade. O mesmo comportamento é seguido pelo registro de Potencial Espontâneo (SP), já no registro de Resistência Elétrica (RE) ocorre uma deflexão positiva (para a direita) indicando um aumento na resistividade da formação. De um modo geral, as maiores deflexões de RG e SP para a esquerda e de RE para a direita indicam as zonas mais limpas (sem argila), o que corresponde a um aquífero de boa potencialidade.

Nesse comportamento, as alternâncias de camadas permeáveis (arenosas) e impermeáveis (argilosas), mostram um padrão semelhante a um "violão" (Figura 5),

o que pode ser observado pelos registros elétricos (SP e RE), onde camadas argilosas representariam o “braço” e zonas arenosas o “tampo”. Esse padrão serviu de guia para a correlação e é demonstrado na Figura 5 com exemplos de poços usados no trabalho..

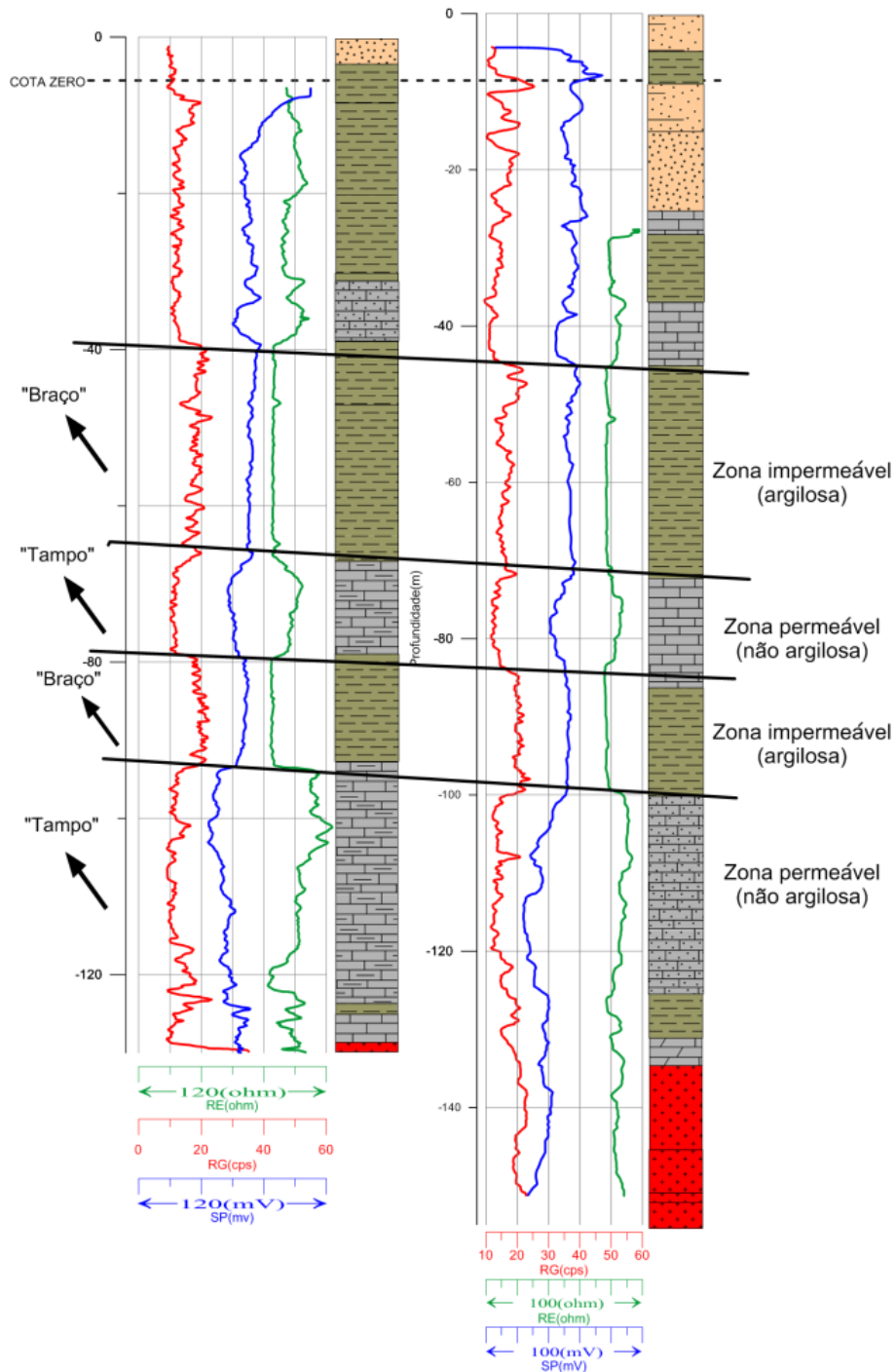


Figura 5: Representação do Padrão "Violão".  
Figure 5: Representation of the "Guitar" model.



Considerando a distribuição desses poços no mapa base, determinou-se quatro conjuntos de pelo menos três poços para o trabalho de correlação e posteriormente a construção de seções litológicas correspondentes. Os perfis geofísicos dos poços abrangidos por cada conjunto correlacionado foi postos lado a lado, obedecendo a suas cotas de altitude, procurando-se observar as continuidades laterais de comportamentos semelhantes das curvas. Limites de referência foram traçados entre os perfis para a posterior geração das seções litológicas com a ajuda da descrição dos perfis litológicos de cada poço.

## SEÇÕES LITOLÓGICAS PROPOSTAS

A partir da correlação geofísica poço a poço e a descrição litológica, foram propostas as seguintes seções litológicas (Figura 7), obedecendo o relevo e a relação espacial de distância entre os poços em cada um dos quatro conjuntos de poços (Figura 6) definidos no mapa base. Utilizou-se uma legenda unificada para todas as seções.



Figura 6: Legenda utilizada nas Seções Litológicas.  
Figure 6: Legend used in Lithological Sections.

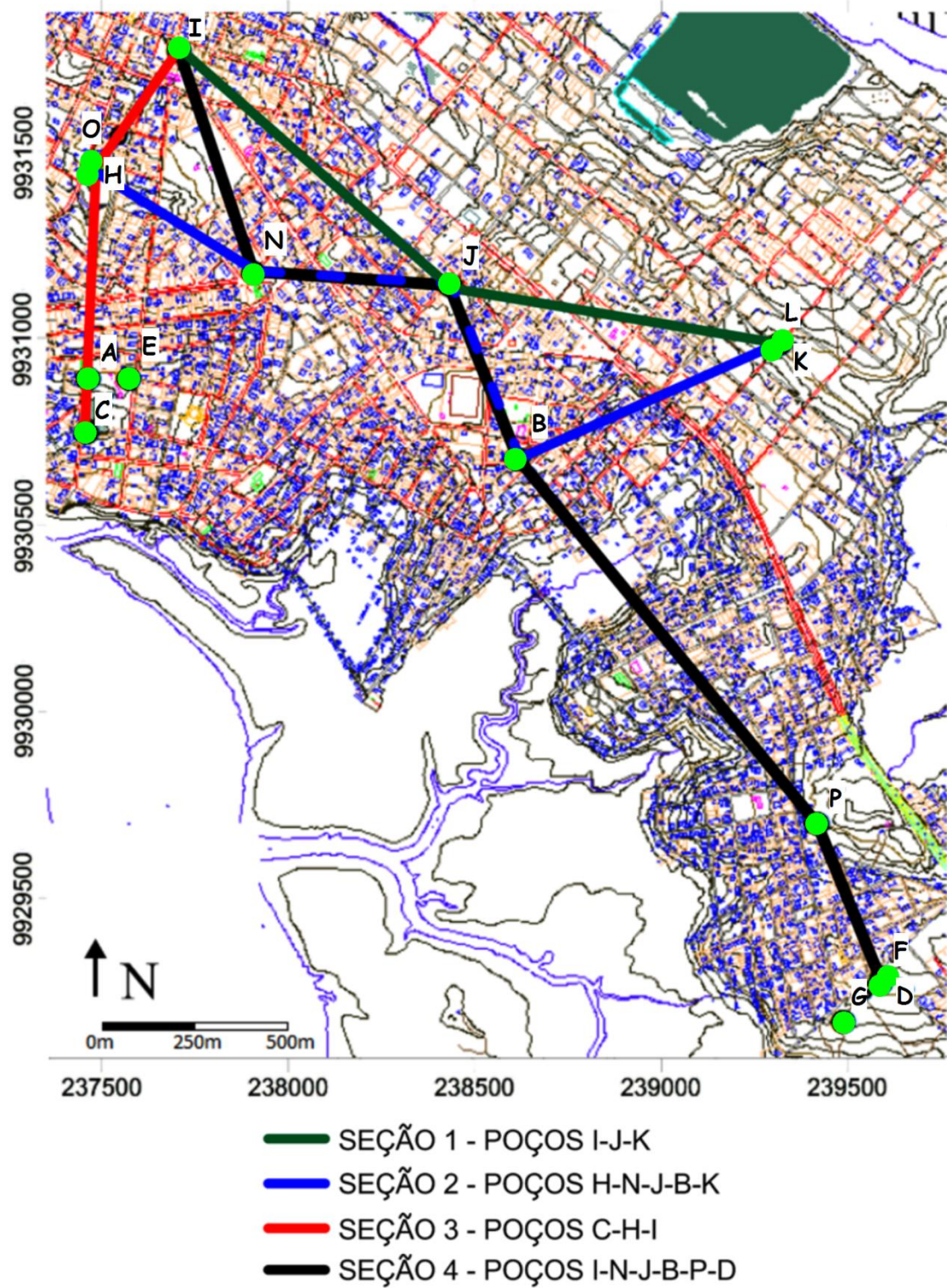


Figura 7: Os quatro conjuntos de poços definidos para a proposição das Seções Litológicas.  
 Figure 7: The four sets of wells defined for the proposition of the lithological sections.

## **Seção 1 – Poços I-J-K**

Esta Seção foi composta com as informações dos poços “I”, “J” e “K” (Figura 8). Na Captação COSANPA Jardim Atalaia, existem dois poços com dados geofísicos, “K” e “L”, porém o poço “K” foi escolhido (para todas as seções) por possuir maior profundidade e perfil litológico.

A correlação dos perfis geofísicos I-J-K mostra a presença das intercalações de camadas permeáveis e impermeáveis, apontando para a existência de quatro prováveis aquíferos nesse pacote sedimentar. As camadas permeáveis são constituídas de areias, arenitos, calcários e calcarenitos, conforme as descrições litológicas de amostra de calha contida no perfil litológico. Estes quatro aquíferos aparecem em torno dos horizontes de cota -15, -35, -75 e -100 metros. O primeiro aquífero, o mais raso, apesar da boa espessura, possui, no entanto, uma elevada argilosidade na porção mediana. É ainda o mais propenso à contaminação externa, pois seu topo ocorre em torno da cota -5 metros, o que deve corresponder aos afloramentos de calcário que ocorrem em alguns pontos em Salinópolis. O segundo aquífero mais raso é também o menos espesso e possui apenas uma delgada camada argilosa que o separa do aquífero superior, podendo, inclusive, ser interpretado como parte do primeiro. O terceiro e o quarto aquíferos são os dois mais profundos, têm menor argilosidade e são confinados por espessas camadas de material argiloso no topo e na base dos mesmos.

Como o topo do embasamento não foi alcançado pelas perfilagens geofísicas, não foram incluídos na seção proposta, ainda que a perfuração do poço “K” tenha alcançado o embasamento conforme seu perfil litológico.

Apesar do poço “I” não alcançar, em profundidade, os dois aquíferos mais profundos, pôde-se inferir a presença desses aquíferos através dos dados dos poços “J” e “K”.

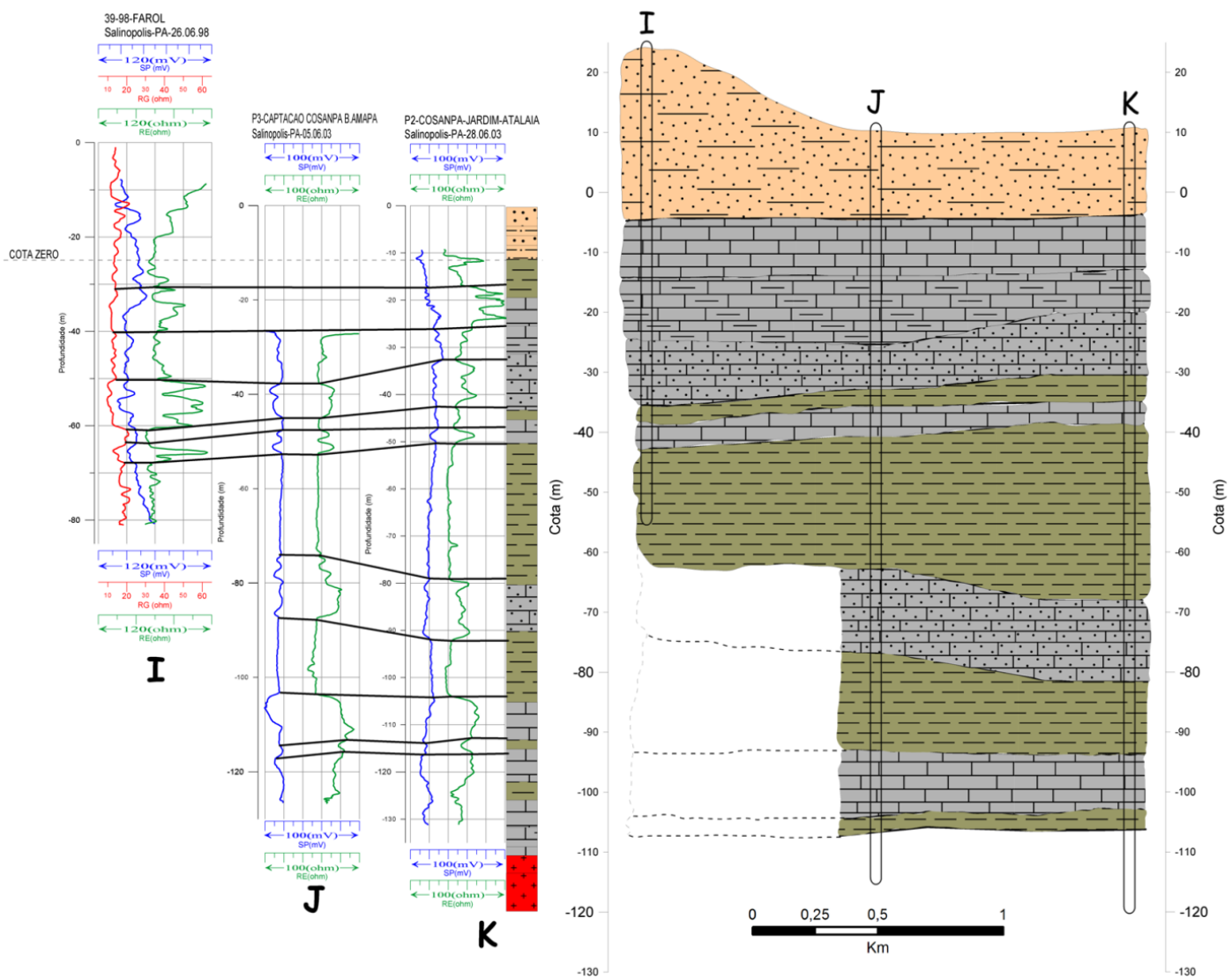


Figura 8: Seção 1 – Poços I-J-K.  
Figure 8: Section 1 - Wells I-J-K

## **Seção 2 – Poços H-N-J-B-K**

Esta seção foi composta com as informações dos poços “H”, “N”, “J”, “B” e “K” (Figura 9). Na Captação COSANPA Açaí existem dados geofísicos e litológicos em dois poços, “O” e “H”, porém o “H” foi escolhido por ter os três registros e maior profundidade.

Novamente, ficam evidentes as intercalações entre zonas permeáveis e impermeáveis neste pacote sedimentar. Nesta seção podem-se distinguir cinco prováveis aquíferos (zonas permeáveis) nos horizontes médios de cota -10, -30, -35, -70, e -100 metros, que conforme a descrição litológica são constituídos de calcários e calcarenitos. Os três aquíferos mais rasos são pouco espessos e apresentam camadas argilosas de isolamento entre si bastante delgadas, o que não descarta a possibilidade de se comunicarem em algum ponto além desta seção. O terceiro mais raso, em particular, não foi registrado nem na perfilagem geofísica e nem no registro litológico do poço “H”, indicando que possivelmente não exista mais nesse ponto ou que foi incorporado ao segundo mais raso. Igualmente à seção 1, os dois aquíferos mais profundos se apresentam bem isolados com espessas camadas argilosas que ocorrem acima e abaixo do quarto, sendo o mais profundo sobreposto ao embasamento (rocha cristalina). Além disso, nesta Seção 2, estes dois aquíferos mais profundos são os mais espessos, confinados e com continuidade lateral melhor definida, configurando assim, excelentes fontes de extração de água subterrânea.

O topo do embasamento se apresentou no horizonte mediano de cota -120 metros, sendo constituído basicamente, segundo a descrição litológica, por rocha granítica.

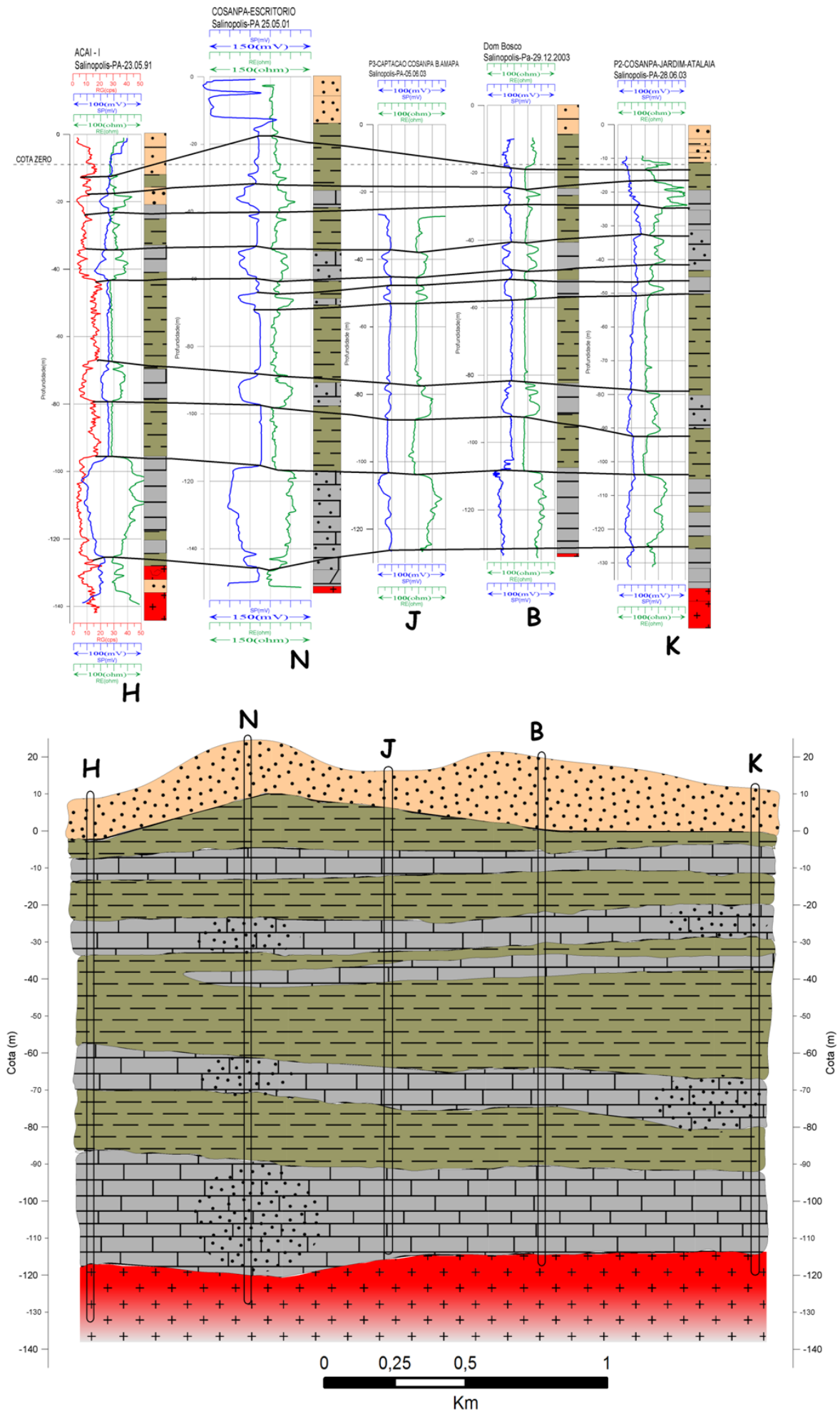


Figura 9: Seção 2 – Poços H-N-J-B-K.  
 Figure 9: Section 2 - Wells H-N-J-B-K.

### **Seção 3 – Poços C-H-I**

Esta seção foi composta com os dados dos poços “C”, “H” e “I” (Figura 10). A Captação 7 de Setembro possui três poços com dados geofísicos (“A”, “C”, “E”), contudo o poço escolhido para a proposição da seção foi o “C” por possuir dados mais coerentes.

Como nas outras duas seções já descritas, as intercalações entre materiais permeáveis e impermeáveis se mostra de forma clara no pacote sedimentar. Podem-se distinguir quatro prováveis aquíferos (zonas permeáveis) nos horizontes medianos de cota -15, -35, -70 e -105 metros. O primeiro aquífero, o mais raso, ocorre somente nos dados geofísicos e litológicos dos poços “I” e “H”, o que sugere que ele não exista mais no poço “C” ou que esteja aflorante, visto que o poço “C” encontra-se mais próximo da orla. Neste caso, esse primeiro aquífero estaria propenso à contaminações externas. O segundo aquífero apresenta boa continuidade lateral na seção e razoável confinamento, apesar de sua pouca espessura. O terceiro aquífero apresenta um estado de confinamento melhor que o segundo e espessura semelhante. O quarto aquífero, o mais profundo, é bastante espesso, encontra-se sobre o cristalino (embasamento) e abaixo de uma espessa camada argilosa, apresentando boa continuidade lateral e bom confinamento. Nota-se que pela descrição litológica do poço “C”, o terceiro e quarto aquíferos apresentam argilosidade. Porém, os registros geofísicos nestes poços não apresentam comportamentos que evidenciem tal fato, exibindo comportamentos similares em forma e amplitude. Portanto, essa informação foi desconsiderada na seção proposta, que apresenta o terceiro e o quarto aquíferos sem argilosidade. O topo do embasamento se apresentou no horizonte mediano de cota -125 metros, sendo constituído basicamente, segundo a descrição litológica, por rocha granítica.

Assim como na Seção 1, o poço “I” não alcançou os dois aquíferos mais profundos. Porém, pôde-se inferir a presença desses aquíferos com dados dos poços “C” e “H”.

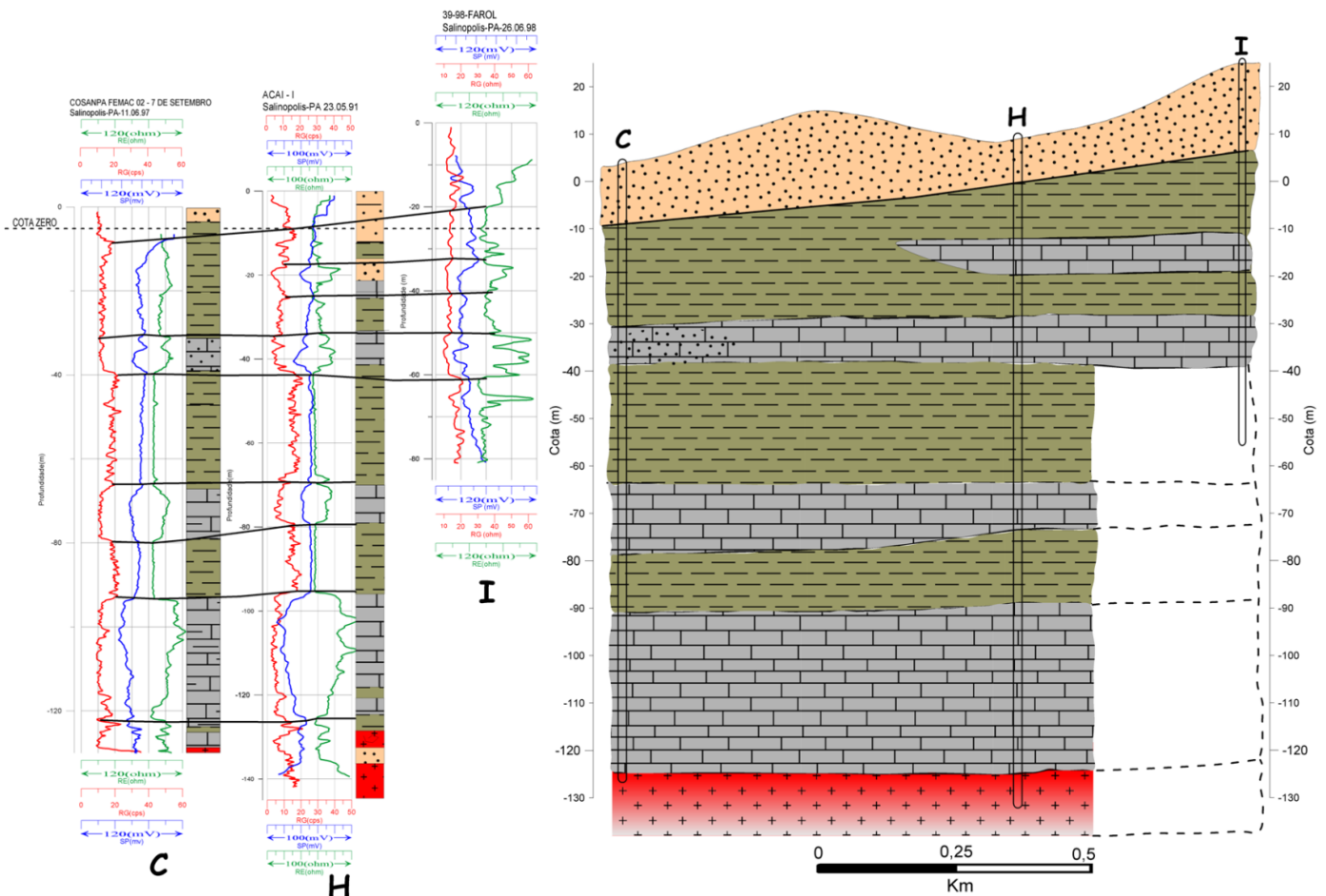


Figura 10: Seção 3 - Poços C-H-I.  
Figure 10: Section 3 - Wells C-H-I.

#### Seção 4 – Poços I-N-J-B-P-D

Esta seção foi composta com os dados dos poços “I”, “N”, “J”, “B”, “P” e “D” (Figura 11). A Captação COSANPA Barreiro possui três poços com dados geofísicos (“G”, “D” e “F”), porém o poço escolhido para a proposição da seção foi o “D”, devido possuir descrição litológica das amostras de calha.



O mesmo comportamento de intercalação entre litologias permeáveis e impermeáveis observados nos perfis anteriores, também se apresenta neste pacote sedimentar. Esta é a seção de maior extensão lateral e apresenta seis prováveis aquíferos (zonas permeáveis) nos horizontes médios de cota -10, -30, -40, -70, -85 e -105 metros. O primeiro aquífero, o mais raso, apresenta continuidade lateral bem definida e baixa argilosidade, porém é pouco espesso. O segundo e terceiro aquíferos apresentaram baixa argilosidade, pouca espessura e apenas uma delgada camada argilosa que os separam. Portanto, pode-se interpretar que em algum ponto fora desta seção, ou até mesmo, entre “B” e “P” esses aquíferos venham a apresentar comunicação entre si, representando assim, uma única feição. O quarto e sexto (mais profundo) aquíferos apresentam continuidades laterais bem definidas, baixa argilosidade e são os mais espessos. Ambos encontram-se confinados entre o cristalino (embasamento) e espessas camadas argilosas. O quinto aquífero aparece somente nos poços “P” e “D”. É bastante delgado e apresenta apenas finas camadas argilosas que o separam do quarto e sexto aquíferos. Portanto, pode-se interpretar que se trata apenas de uma feição local ou que faça parte de um dos aquíferos adjacentes.

O topo do embasamento se apresentou no horizonte mediano de cota -120 metros, sendo constituído basicamente, segundo a descrição litológica, por rocha granítica. Assim como na Seção 1 e 3, o poço “I” não alcançou os aquíferos mais profundos. Porém, pôde-se inferir a presença desses aquíferos através dos dados dos outros poços desta seção.



## SEV's E PRFILAGENS RECENTES

Foram realizadas quatro Sondagens Elétricas Verticais a fim de se ter um efeito comparativo sobre o pacote sedimentar encontrado em Salinópolis. Obteve-se, também, duas Perfilações Geofísicas de poços (Figura 13) furados recentemente (final de 2013). A perfilação do Poço Farol Velho (CPRM), próxima à Praia do Atalaia, foi realizada com o furo aberto tendo, portanto, todos os perfis aproveitados. Em contrapartida, a perfilação do Poço Atlântico (Município) foi realizada com o furo já revestido e portanto deve-se considerar apenas o perfil de Raios Gama. Ambos os dados (SEV's e Perfilações) encontram-se fora da área coberta pelas seções geológicas propostas, o que nos fornece informações mais detalhadas sobre a litologia da subsuperfície mais à sudeste (Trevo) e à nordeste (Atalaia) da cidade (Figura 12).

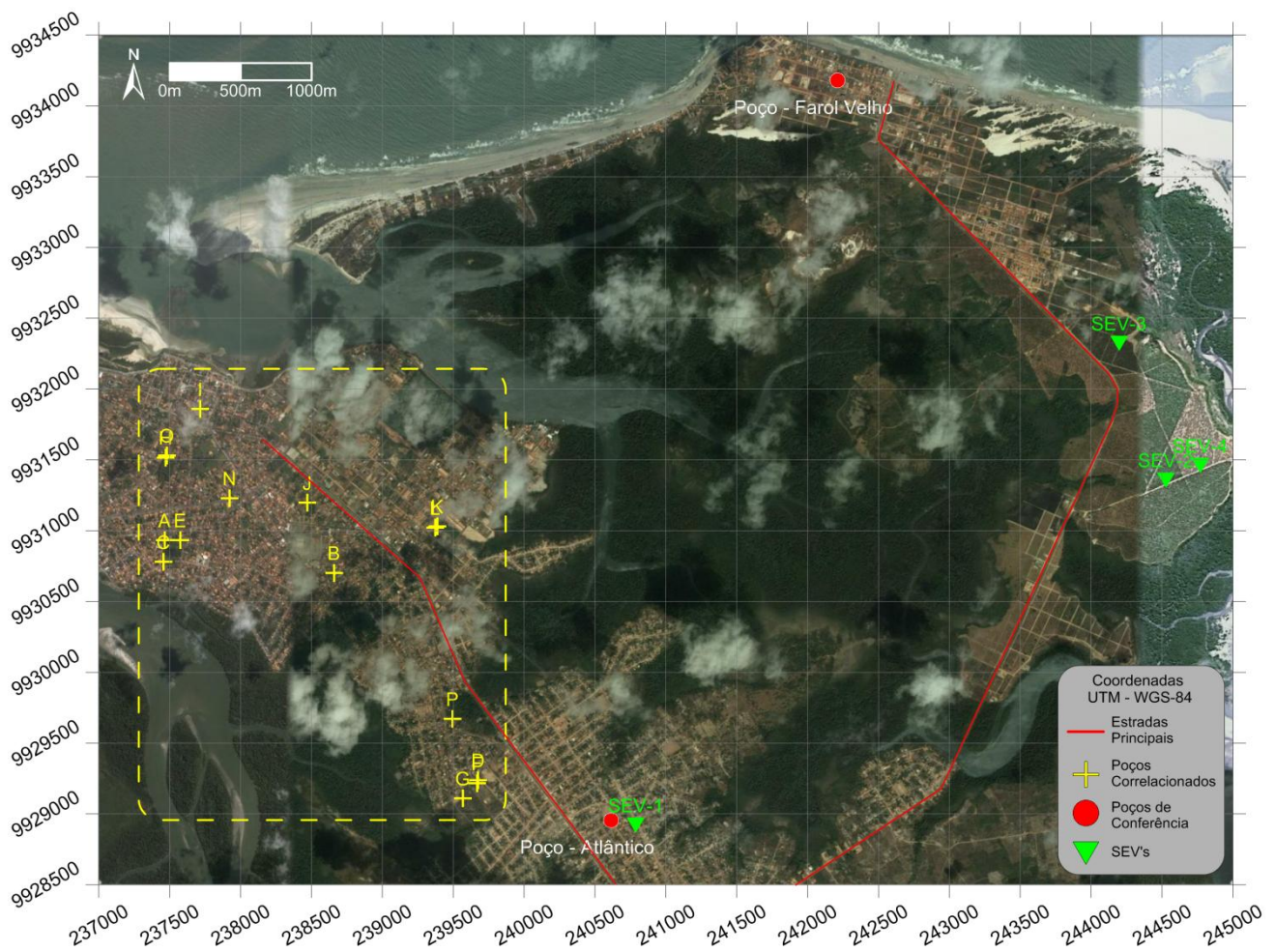


Figura 12: Mapa com a localização das SEV's e Poços recentes.  
Figure 12: Map with the location of the VES and the recent wells

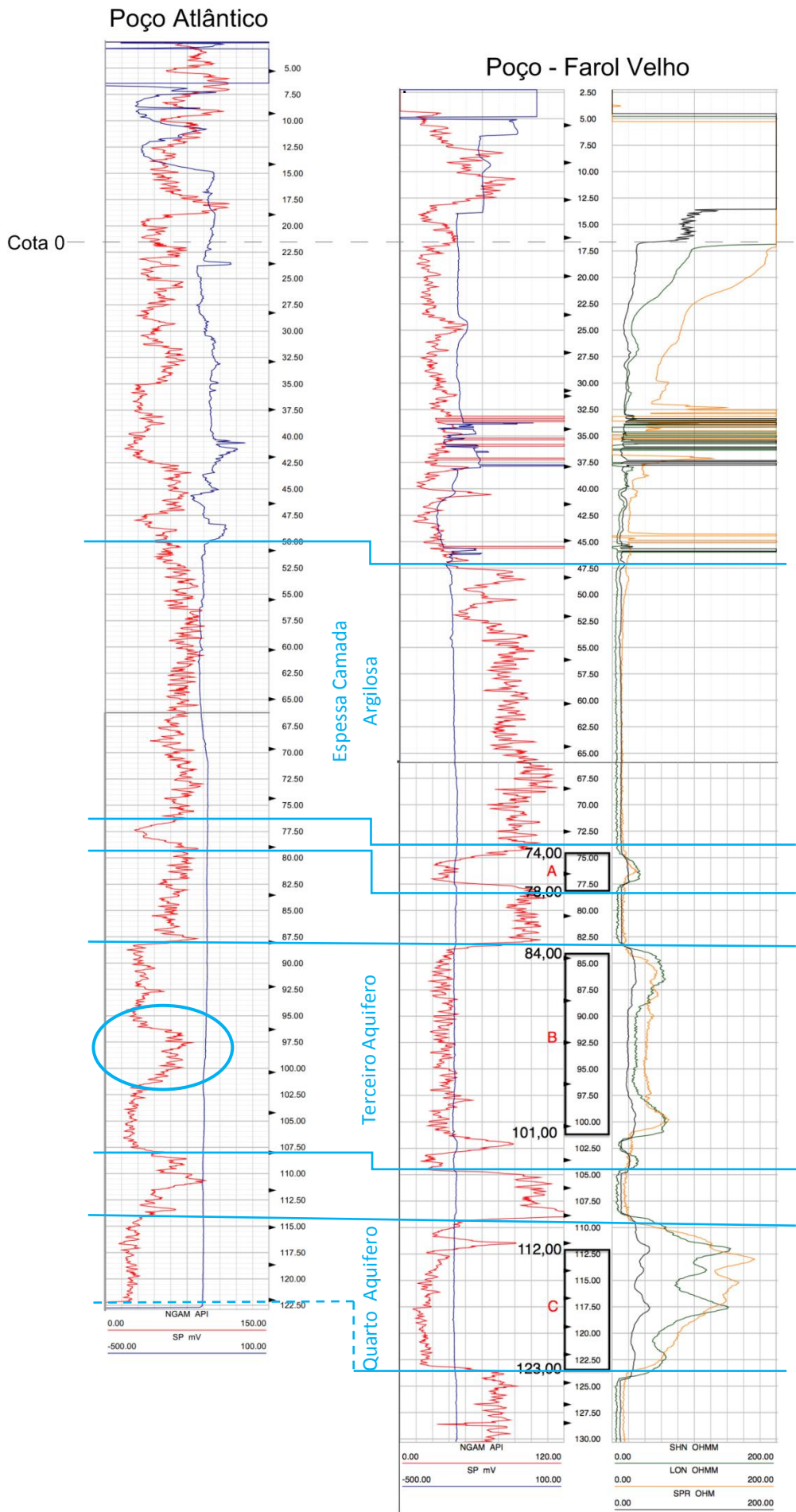


Figura 13: Perfilagens Geofísicas Recentes  
Figure 13: Recent Geophysical Well Logs

Analisando as duas perfilagens geofísicas observa-se que os poços mesmo a uma distancia de aproximadamente 6 km entre si apresentam as suas sequencias litológicas muito semelhantes no que diz respeito a Formação Pirabas, diferindo apenas em um pacote argiloso presente no Poço Atlântico no horizonte de cota -76 metros (assinalado com um circulo azul, Figura 13). O grande pacote argiloso e os dois ultimos aquiferos (terceiro e quarto) antes do embasamento granítico se apresentam claramente, assim como nas seções litológicas apresentadas. Portanto, é possível afirmar com bastante credibilidade que a continuidade lateral das camadas componentes da Formação Pirabas apresenta-se bem preservada para além da área englobada pelas seções litológicas propostas chegando a alcançar o trevo de entrada da cidade e a Praia do Atalaia.

### **Resultado das SEV's**

As curvas de sondagem observadas seguem o mesmo padrão (Figura 14). É possível observar uma ligeira subida de resistividade nos primeiros metros de investigação, um máximo, uma queda abrupta em seguida e uma discreta subida no final, o que indicaria a presença do embasamento resistivo. As quatro SEV's realizadas foram primeiramente interpretadas sem levar em consideração as informações a priori fornecidas pelas perfilagens geofísicas. O ajuste inicial foi realizado de forma direta; mudando os parâmetros dos modelos e observando o comportamento das curvas. Após o ajuste das curvas, foi feita uma inversão. O *software* utilizado para todo o processo foi o *IPI2WIN*.

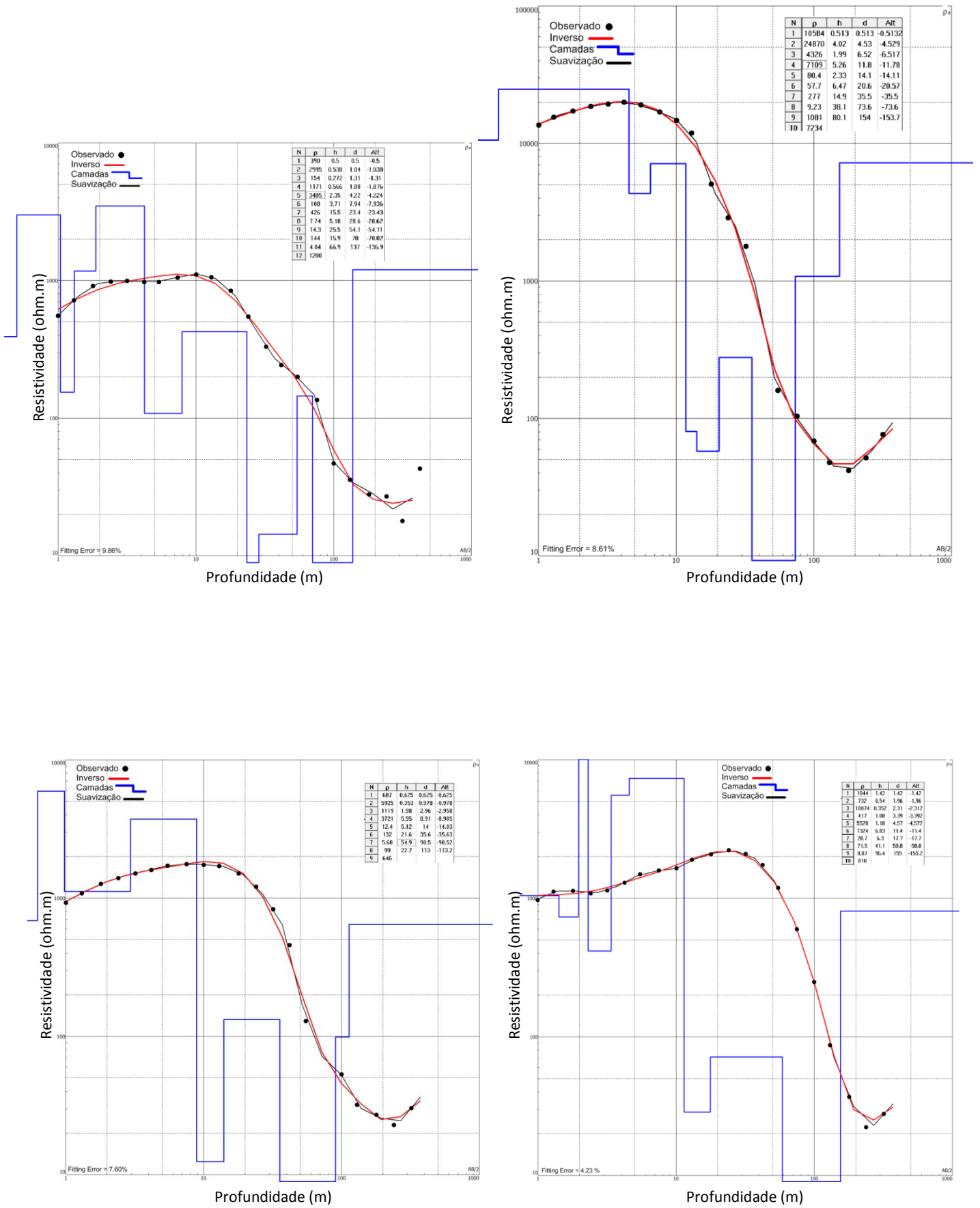


Figura 14 : Interpretação das SEV's. De 1 a 4 respectivamente  
 Figure 14: Interpretation of VES. 1 through 4 respectively

Em uma segunda etapa da interpretação das SEV's aplicou-se informações a partir das perfilagens geofísicas de Poços. Devido à proximidade geográfica (figura 12). A SEV 1 contou com as informações do Poço Atlântico e as SEV's 2, 3 e 4 contaram com as informações do Poço Farol Velho.

A partir do perfil de Raios Gama foi possível definir três pacotes e o embasamento. O Pacote II corresponde a espessa camada argilosa presente em todas as perfilagens geofísicas. O Pacote III corresponde aos dois aquíferos de maior potencial hídrico que, também, é observado em todas as perfilagens geofísicas. E o pacote I deve corresponder aos dois primeiros aquíferos. Essa geometria foi aplicada para modificar os modelos das SEV's anteriormente obtidos. O resultado após os ajustes, de forma direta e inversa, são apresentados na figura 15. As curvas admitiram as modificações e os novos modelos obtidos apresentam uma boa correlação entre si (Figuras 16 e 17), significando uma boa continuidade lateral no pacote sedimentar.

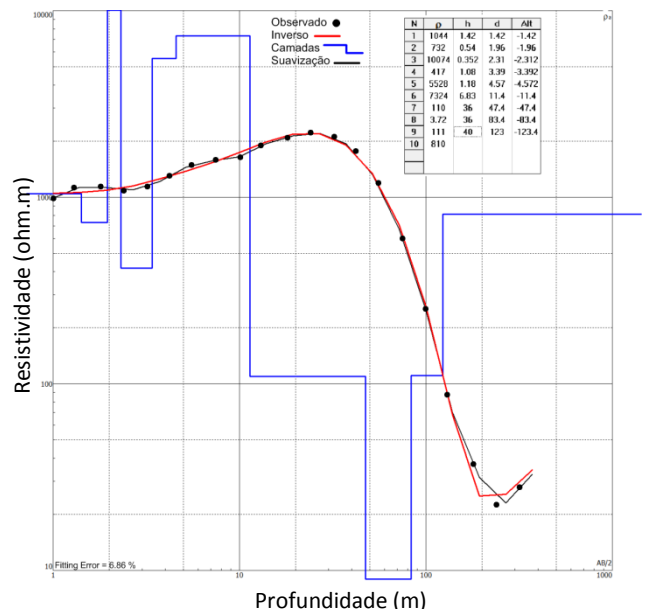
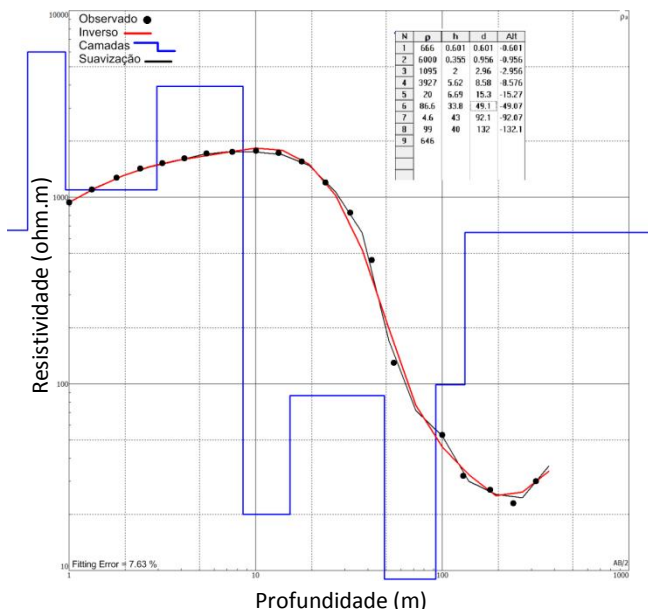
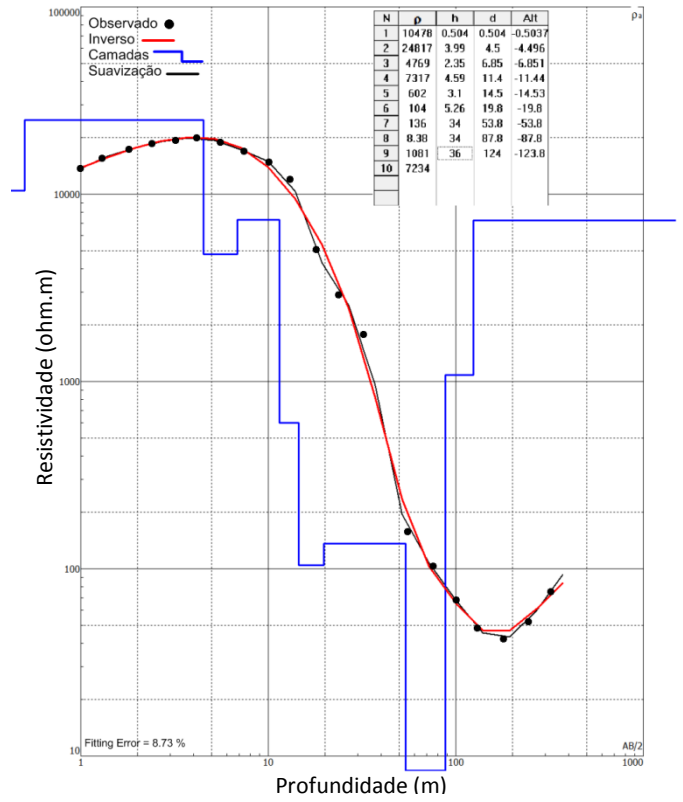
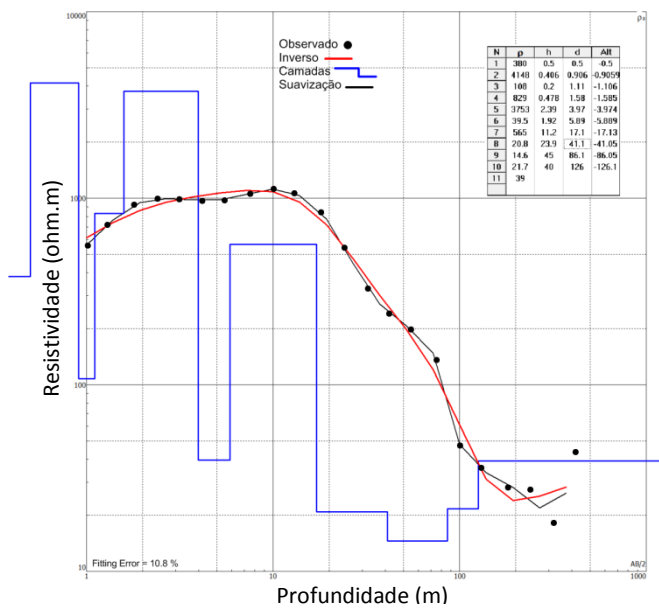


Figura 15 : Interpretação das SEV's utilizando parametrização. De 1 a 4 respectivamente  
 Figure 15: Interpretation of VES using parameterization. 1 through 4 respectively



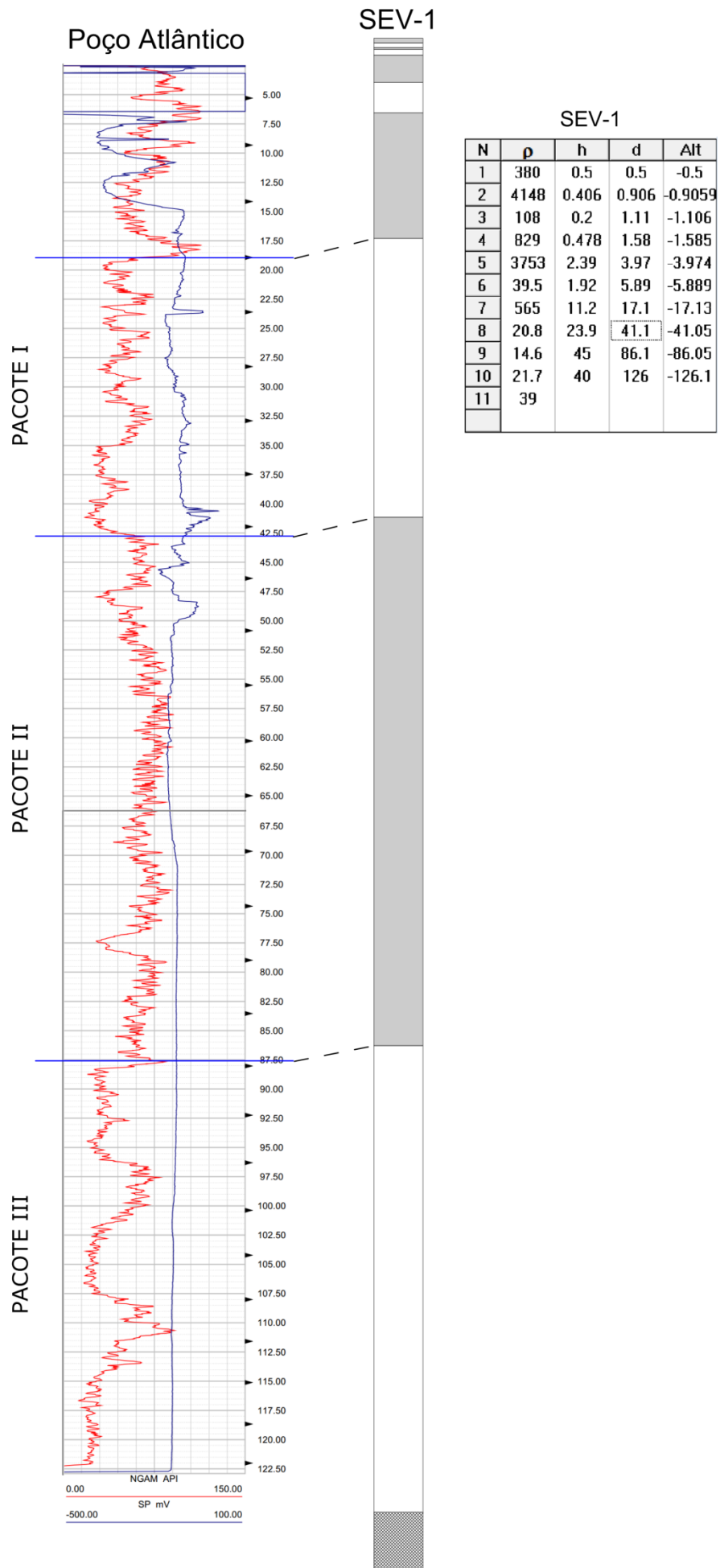


Figura 16 : Correlação da SEV 1 com o Poço Atlântico.  
 Figure 16: Correlation of VES 1 with well Atlântico.

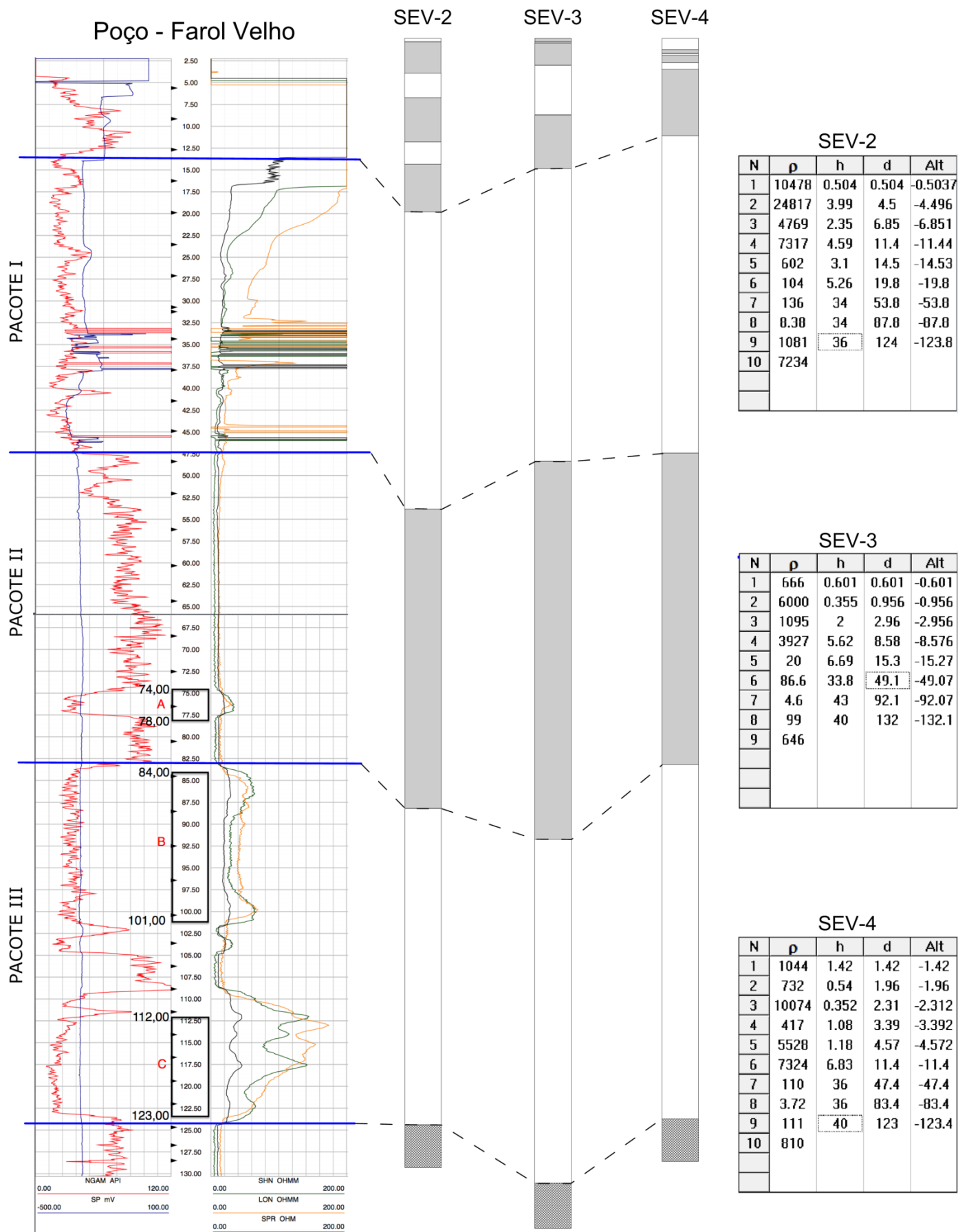


Figura 17 : Correlação das SEV's 2, 3 e 4 com o Poço Farol Velho.  
 Figure 17: Correlation of VES 2, 3 and 4 with well Farol Velho.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pode-se concluir que os aquíferos subterrâneos na área de Salinópolis situam-se em um pacote carbonático que deve iniciar na cota aproximada de -5m. Através das seções litológicas propostas, pode-se afirmar a existência de quatro aquíferos potencialmente viáveis para a exploração de água subterrânea para abastecimento local.

Os dois aquíferos mais rasos (situados acima da cota -50 metros) tendem a ser menos espessos e apresentam argilosidade em alguns pontos. O aquífero superior é mais propenso à contaminação externa, visto que deve aflorar nos baixos topográficos, fatores que diminuem a sua potencialidade exploratória.

Os dois aquíferos mais profundos (situados abaixo da cota -50 metros) apresentam boa espessura em todas as seções, possuem baixa argilosidade e continuidade lateral bem definida, representando, assim, os aquíferos de maior potencialidade exploratória de água subterrânea no município de Salinópolis.

É importante observar a existência de uma espessa camada argilosa entre os horizontes de cota -40 e -70 metros. Em todas as perfilagens geofísicas e perfis litológicos essa camada se faz presente. Em consequência disso, nas quatro seções propostas é marcante a presença dessa camada com continuidade lateral bem definida e espessura média de 30 metros, isolando os aquíferos rasos dos profundos.

O topo do embasamento foi alcançado por vários dos poços estudados. Observa-se um nível no horizonte de cota em torno de -125 metros. Ou seja, o pacote sedimentar da sub-superfície de Salinópolis deve alcançar no máximo 145 metros de espessura.

A aplicação da eletrorresistividade através de Sondagem Elétrica Vertical (SEV) mostrou que é possível através deste tipo de sondagem identificar os pacotes definidos nas perfilagens, gerando uma opção mais acessível, econômica e rápida para ampliação do estudo hidrogeológico da região.

De um modo geral, o pacote sedimentar presente na sub-superfície de Salinas apresenta um excelente potencial hídrico. As quatro seções propostas e a horizontalidade das camadas indicam que este deve ser o padrão na sub-superfície de Salinópolis. Consequentemente, a solução para o abastecimento local só depende da locação adequada de poços em que a perfuração alcance o embasamento (em torno da cota -125 metros) e que se faça a exploração dos dois aquíferos mais profundos. Conforme testes de vazão, os poços que exploram água desses aquíferos profundos oferecem vazão de até 160 m<sup>3</sup>/h, como no caso do poço Açai Femac-P3 da Captação COSANPA Açai (Figura 18).

FEMAC-GEOSOLO			
FICHA RESUMO DO POÇO			
CLIENTE: COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ.		CONTRATO: Nº 48/04-COSANPA	
LOCAL: CAPTAÇÃO DO AÇAI, SALINÓPOLIS		INÍCIO: 12/07/04	
POÇO: AÇAI - FEMAC P3		TÉRMINO: 14/08/04	
REVESTIMENTO	PROF. (m)	PERFIL LITOLÓGICO	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS
10" X 70,29m	1,00		AREIA FINA, SILTOSA, AMARELADA.
	4,00		CONGLOMERADO DE AREIA GROSSA CINZA COM SEIXO MÉDIO, COM PEDREGULHOS DE ARENITO FERRUGINOSO DISSEMINADOS.
	7,00		ARGILA PLÁSTICA, VARIEGADA (VERMELHA, AMARELA E CINZA), COM ALGUNS PEDREGULHOS DE ARENITO FERRUGINOSO.
	10,00		ARGILA PLÁSTICA, ORGÂNICA, CINZA ESCURA.
	12,00		ARGILA VARIEGADA (VERMELHA E CINZA), COM PEDREGULHOS DE ARENITO FERRUGINOSO.
	19,00		ARGILA ORGÂNICA, CINZA ESCURA.
	24,00		CALCÁRIO FOSSILÍFERO, CINZA.
	29,00		ARGILA CINZA ESCURA A ESVERDEADA.
	36,00		CALCÁRIO CINZA, COM PEQUENAS INTERCALAÇÕES ARGILOSAS.
	44,00		CALCÁRIO FOSSILÍFERO, CINZA ESBRANQUIÇADO, POROSO.
	70,00		ARGILA COM FOLHELHOS, CINZA ESVERDEADA, COM PEQUENAS INTERCALAÇÕES DE CALCÁRIO CINZA ESBRANQUIÇADO.
	82,00		CALCÁRIO/CALCARENITO FOSSILÍFERO, CINZA ESBRANQUIÇADO, POROSO.
88 X 16,83m	82,00		ARGILA COM FOLHELHOS, CINZA ESVERDEADA.
REDUÇÃO 10" X 8" X 0,40m	88,00		CALCÁRIO FOSSILÍFERO, CINZA ESBRANQUIÇADO.
8" X 12,52m (0,75mm)	99,00		CALCÁRIO FOSSILÍFERO, CINZA ESBRANQUIÇADO.
8" X 19,67m (0,75mm)	119,00		CALCÁRIO POUCO POROSO, CINZA ESBRANQUIÇADO, COM INTERCALAÇÕES DE ARGILA CINZA ESVERDEADA.
8" X 2,49m	128,00		ARGILA CINZA ESVERDEADA, COM INTERCALAÇÕES DE CALCÁRIO DURO CINZA ESCURO.
	130,00		
PROFUNDIDADE DO POÇO: 122,20 m		TIPO DE FILTRO: AÇO INOX AISI 304	
DIÂMETROS DE PERF.: 12 1/4", 17 1/2" E 24"		COMPRIMENTO DO FILTRO: 32,19	
DIÂMETROS DO REVESTIMENTO: 10" e 8"		RANHURA DO FILTRO: 0,75 mm	
MAT. DE REVEST.: AÇO CARBONO SCHEDULE 40		DIÂMETRO DO FILTRO: 8"	
NÍVEL ESTÁTICO: 29,80 m.		DURAÇÃO DO TESTE DE BOMBEAMENTO: 24 horas	
NÍVEL DINÂMICO FINAL DE TESTE: 52,68 m.		VAZÃO MÁXIMA DO POÇO: 165.000 lt/h.	
VAZÃO FINAL DE TESTE: 156.315 lt/h.		PROFUNDIDADE DE INSTALAÇÃO DA BOMBA SUBMERSA: 66 m.	

COORD. JTM  
237481  
9931531

Figura 18: Perfil construtivo do poço Açai Femac-P3  
Figure 18: Constructive profile of the well Açai Femac-P3

## REFERÊNCIAS

ARAI, M. A Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. Geologia USP. Série Científica, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2006.

ARAÚJO, P.P. **Aspectos gerais da hidrogeologia das regiões costeiras cidade de Salinópolis**. 1998. 11f. Monografia (Especialização em Geociências Aplicadas ao Meio Ambiente) - UFPA,CG, Belém, 1998.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em novembro de 2013.

FERREIRA, C.S. Notas estratigráficas sobre o Cenozóico marinho do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., 1982, Belém. **Anais**. Belém: SBG, 1982. p. 84-88.

MARTORANO, L. G.; PERREIRA, L. C.; CÉZAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. B. **Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (KÖPPEN) e deficiência hídrica(THORNTWHITE, MATHER)**. Belém: SUDAM/EMBRAPA, SNLCS, 1993. 53p

SAADI, A. et al. Neotectônica da plataforma brasileira. In: QUATERNÁRIO no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 211-230.

SOUZA, C.W.M.F. **Correlação de perfis geofísicos de poços da área de Belém. Universidade Federal do Pará**. 1993. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia, UFPA, CG, Belém, 1993.

SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. Revista Geociências, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 461-479, 1999.

VILAS BOAS, G. S. Sedimentos terciários e quaternários do interior. In: TEXTO explicativo para o mapa geológico do Estado da Bahia. Salvador: Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1996.

## ANEXO 1

ÉON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA			
FANEROZÓICO	CENOZÓICA	Quaternário		Holoceno	0,01	
				Pleistoceno		
		Terciário	Neógeno		Plioceno	1,8
					Mioceno	5,3
					Oligoceno	24
			Paleógeno		Eoceno	33
					Paleoceno	54
						65
		MESOZÓICA	Cretáceo			142
			Jurássico			206
	Triássico			248		
	PALEOZÓICA	Permiano			290	
		Carbonífero			354	
		Devoniano			417	
		Siluriano			443	
		Ordoviciano			495	
		Cambriano			545	
	PROTEROZÓICO				2.500	
	ARQUEANO				4.500	

Coluna do Tempo Geológico

(Ma)