



**DEFINIÇÃO DE TOPO E BASE DA REGIÃO CENTRAL DO AQUÍFERO
COXILHA DAS LOMBAS (MUNICÍPIO DE VIAMÃO/RS) ATRAVÉS DA
INTEGRAÇÃO DE DADOS GEOFÍSICOS E GEOLÓGICOS**

Porto Alegre, 2016

AUGUSTA BRIEBA BUSATA MORAES DE OLIVEIRA

Definição de Topo e Base da Região Central do Aquífero Coxilha das Lombas (Município de Viamão/RS) Através da Integração de Dados Geofísicos e Geológicos.

Trabalho de conclusão de curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadores:

Prof. Dr. Antonio Pedro Viero

Prof. Dr. Jairo Francisco Savian.

Supervisor:

Prof. Dr. Vagner Roberto Elis.

Porto Alegre, 2016

Catálogo na publicação

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

A Comissão examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “Definição de Topo e Base da Região Central do Aquífero Coxilha das Lombas (Município de Viamão/RS) Através da Integração de Dados Geofísicos e Geológicos”, elaborado por Augusta BriebaBusata Moraes de Oliveira, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Prof.Dr. Jair Weschenfelder

Prof.Dr. Léo AfrâneoHartmann

Prof.Dra. Maria Luiza C.C. da Rosa

.

Agradecimentos

Um trabalho dessa magnitude é formado de vários momentos de conquistas, problemas e soluções vividas durante toda a vida acadêmica. Essas dificuldades e as conquistas me mantiveram motivada a seguir na busca do conhecimento.

Agradeço a aqueles que sempre estiveram me dando conforto e me incentivando a seguir em frente nessa busca. Assim, agradeço a minha Vó Alda Brieba (*In Memoriam*) por sempre acreditar em mim. Ao meu vô, IdenyrBusata por sempre financiar os meus sonhos.

Ao meu noivo, companheiro, amigo, confidente Luciano Cardone por sempre estar presente em todos os momentos da minha vida acadêmica.

Aos meus professores orientadores Jairo Francisco Savian e Antonio Pedro Viero pela paciência e sapiência que me passaram e ao meu supervisor, Vagner Roberto Elis, que quando eu estava perdida, veio com todo seu conhecimento e humildade explicar-me e retirar todas as minhas dúvidas.

Aos meus colegas de graduação que sem o companheirismo deles não estaria aqui.

Á Corsan que sempre esteve com seus dados ao meu alcance fornecendo sempre tudo que fosse necessário.

Aos Geólogos da Corsan que encararam com seriedade, além da disposição para aprender e seguir em frente nesse projeto, em especial ao Felipe Rodrigues que desde o primeiro momento abraçou esse trabalho e se empenhou para tentar resolver as sondagens que nos davam muita dor de cabeça.

Ao meu Chefe, Paulo Cesar Cardoso Germano, que foi muito mais que chefe, foi um incentivador, um motivador um professor dentro do ambiente profissional e me propiciou muito aprendizado.

Aos meus Sogros Gylgleyty Brasileiro La banca Arantes e Paulo Tomás Velho Cardone que sempre estavam pronto para me ajudar e a tantas caronas oferecidas.

Ao meu amigo, Juliano Vieira Duarte Pereira, que sempre quebra todos os galhos que eu tenha.

Por fim, e não menos importante, aos meus pais Laura Olivia BrieBaBusata Moraes de Oliveira e João Homero Moraes de Oliveira.

RESUMO

O Aquífero Coxilha das Lombas, localizado em Viamão, na barreira pleistocênica I da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, foi estudado em parceria com a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). Esse estudo se deu a partir de métodos geofísicos, com o uso de eletrorresistímetro para fins de levantamento geoeletrico e obtenção de dados técnicos suficientes para auxiliar a empresa pública em suas tomadas de decisão concernentes a locação de poços para fim de abastecimento público e, assim, promover-se melhor gestão dos recursos hídricos da região. Utilizou-se o aparelho *SUPERSTING* e os dados foram trabalhados no Software *IPI2WIN*, o que viabilizou a determinação de topo e base do aquífero nos locais em que foram realizadas as sondagens elétricas verticais. Possibilitou-se, assim, definir que alguns pontos, como a SEV VIA 1b, apresentam espessura que comporta um bom volume de água, assim como contêm boa transmissividade, fatores importantes para estudo mais aprofundado sobre a locação do poço em suas proximidades. Analisou-se, também, que o aquífero não apresenta continuidade lateral clara, o que se constatou através da interpolação dos dados do SIAGAS com os dados das sondagens elétricas. Dessa forma, foi possível concluir que a parte central do aquífero apresenta um provável padrão de mergulho da camada saturada, que varia para profundidades menores de oeste para leste. Para a locação exata dos pontos a serem feitos os poços com o fim de abastecimento público, são necessários estudos de capacidade específica. No entanto, o método geofísico da eletrorresistividade mostrou-se um útil para a prospecção de água subterrânea na região estudada.

Palavras-Chave: Aquíferos, Geofísica, Hidrogeologia, Eletrorresistividade.

ABSTRACT

The Coxilha das Lombas aquifer located in Viamão (Rio Grande do Sul state, southernmost Brazil) at the first pleistocenic barrier of the Coastal Plain of of the Rio Grande do Sul, was studied in partnership with Sanitation Company of Rio Grande do Sul (CORSAN). This study brings the geophysical method of electrical resistivity to obtain sufficient technical data to assist the public sanitation company's decisions concerning the location of wells to public supply and thus promote a better water management in that region. To do this we used the Supersting equipment, which data were worked on IPI2WIN Software, which enabled the aquifer top and base determination's at the places where the electrical drillings were made, allowing, in some points, like SEV VIA 1b that presents nice values for thickness, water volume and transmissivity, Some discrepancies between each electrical drillings and wells data collected on SIAGAS made it possible to point out that the aquifer is not homogeneous. Thus, it was possible to conclude that the central part of the aquifer presents a presumable diving saturated layer pattern, varying depths ranging from west to east. Specific capacity studies are needed in order to public supply well location. However the method of electrical resistivity provides useful information for groundwater prospecting and investigation.

Keywords: Aquifer, Geophysical, Hydrogeology, Electrical Resistivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do Aquífero Coxilha das Lombas (ACL), no município de Viamão, RS.	18
Figura 2 - Imagem SRTM do Aquífero mostrando a localização como divisor da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí e do Litoral Médio.....	19
Figura 3 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí com as principais cidades.....	20
Figura 4 - Localização da Bacia Hidrográfica do Litoral Médio.....	22
Figura 5 - Mapa das Formações Geológicas para o Aquífero Coxilha das Lombas..	25
Figura 6 - Seção Geológica do sistema Laguna Barreira com a Barreira I.	25
Figura 7 - Aquífero Coxilha das Lombas para o mapa hidrogeológico da CPRM Formação qe3.	27
Figura 8 - Gráfico de variação Pluviométrica para a estação Lombas em Viamão. ..	29
Figura 9 - Localização das Sondagens elétricas verticais.	30
Figura 10 - Eletrorresistímetro SUPERSTING em campo.	32
Figura 11- Representação gráfica do modelo teórico para a passagem de eletricidade por um meio.	33
Figura 12 - Arranjo dos eletrodos do tipo Schlumberger da Sondagem Elétrica Vertical.	36
Figura 13 Estrutura Cristalina Cúbica de face centrada com os átomos por onde o raio X passará e sofrerá a difração.	40
Figura 14 Difração do raio X pelos átomos na superfície cristalina.....	41
Figura 15 - A) Amostra de Calha do Poço de código do SIAGAS 4300017814. B) Imagem do Poço código 4300017814.	42
Figura 16 - Ilustração do esquema de separação das frações.....	43
Figura 17 - Procedimento de suavização das curvas de campo (linha preta) e da curva teórica (curva vermelha) utilizando o software IPI2WIN.	45
Figura 18 - Levantamento dos dados no Ponto da SEV Via 1/ Via 1b.	47
Figura 19 - Levantamento de Campo da SEV Via 17.....	47
Figura 20 - Levantamento dos dados na SEV Via 16.....	48

Figura 21 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 1B com o uso do IPI2WIN. Em preto a curva com os dados de campo e em vermelho a curva teórica suavizada. Em azul a discriminação das camadas calculadas.	49
Figura 22 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 4 com o uso do IPI2WIN.....	50
Figura 23 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 6 com o uso do IPI2WIN.....	51
Figura 24 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 7 com o uso do IPI2WIN.....	51
Figura 25 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 8 com o uso do IPI2WIN.....	52
Figura 26 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 14 com o uso do Software do equipamento.	53
Figura 27 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 16 com o uso do IPI2WIN.....	54
Figura 28 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 17 com o uso do IPI2WIN.....	54
Figura 29 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 2b com o uso do IPI2WIN.....	55
Figura 30 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 3b com o uso do IPI2WIN.....	56
Figura 31 - Resultado da difratometria para a amostra a 24 metros de profundidade.	57
Figura 32 - Resultado da difratometria para a Amostra a 42 metros de profundidade.	57
Figura 33 - Resultado da difratometria para a amostra a 90 metros de profundidade.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Uso da água para a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.....	21
Tabela 2 - Uso da água para a Bacia Hidrográfica do Litoral Médio.	23
Tabela 3 – Caracterização Hidráulica das classes dos aquíferos de acordo com a capacidade específica.....	39
Tabela 4 – Tabela das Coordenadas das Sondagens.	67
Tabela 5 – Valores das SEVs utilizadas.....	69
Tabela 6 - Valores das SEVs utilizadas.	70
Tabela 7 - Valores das SEVs utilizadas.	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL - Aquífero Coxilha das Lombas.

ANA – Agência Nacional de águas.

CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil.

PCRS- Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

RS - Rio Grande do Sul.

SEV- Sondagem Elétrica Vertical.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Caracterização do Problema/ Hipótese	15
1.2 Justificativa	15
1.3 Premissas	16
1.4 Objetivos e Metas	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Localização.....	17
2.2 Uso da água na região.....	19
2.3 Contexto Geológico	23
2.4 Aspectos Hidrogeológicos	26
3. MÉTODOS E TÉCNICAS	30
3.1 Análise de Poços do SIAGAS.....	30
3.2 Sondagens Elétricas Verticais	31
3.3 Difração de Raio X.....	40
3.4 Interpolação dos dados dentro de perfis de correlação	44
3.5 Manipulação dos dados utilizando geoelétricos utilizando o software IPI2WIN	44
4. RESULTADOS	46
4.1. Geoelétrica	46
4.2. Difratometria	56
5. DISCUSSÃO	59
6. CONCLUSÕES	62
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	65
Anexo I.....	66

Anexo II.....68

Anexo III.....72

1. INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos hídricos no Brasil segue farto arcabouço legal que delimita, interpreta e dão padrões a quantidade, qualidade e usos das águas. Uma das normas a que os Órgãos gestores desse recurso devem atentar é a Moção Nº 0.38, de 7 de dezembro de 2006, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que recomenda o uso do Sistema de Informações de águas Subterrâneas – SIAGAS. O presente trabalho teve como propósito a análise e interpretação dos padrões geofísicos da região central do Aquífero Coxilha das Lombas (ACL), no município de Viamão, RS. O intuito é de contribuir com uma análise técnica que instrua e oriente as tomadas de decisão da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) no que atine a locação de poços para a melhor exploração de água, a partir dos dados de transmissividade e espessura do aquífero.

Esses dados são adquiridos através da interpretação de valores geoeletricos medidos a partir de distanciamento de AB e resistências transversal unitária correlacionados aos dados do SIAGAS. Possibilita-se, então, determinar se estes poços comportam exploração compatível com a demanda de abastecimento público da região, bem como interpretar os limites verticais do aquífero através do comportamento do substrato, para análise de surgência e outros parâmetros hidrológicos e hidrogeológicos necessários ao estudo de potencialidade do poço.

Levantaram-se dados dos poços existentes na região através do SIAGAS e das amostras existentes dos poços da CORSAN, planejando-se o trabalho de campo e realizando-se quatro campanhas com as Sondagens Elétricas Verticais (SEV) nos locais mais apropriados para a locação do poço, em virtude de sua facilidade de acesso, bem como outros fatores, alheios à Geologia e à Hidrogeologia.

O Aquífero Coxilha das Lombas encontra-se em uma região populosa, em sedimentos eólicos da barreira I do sistema Laguna-barreira da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. O ACL é o divisor de duas Bacias Hidrográficas, a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí e a Bacia Hidrográfica do Litoral Médio. A região a Oeste do Aquífero, que compreende a Bacia do Rio Gravataí, é uma região baixa, plana e de grande concentração urbana. Assim sendo, a demanda de água é elevada, tanto para abastecimento público quanto para irrigação, visto se tratar de região rizicultora.

A região carece de água em momentos de estiagem, principalmente no verão, o que gera frequente reclamação da população, sendo necessário que se empreendam estudos mais aprofundados sobre os corpos hídricos regionais. A geoeletricidade tem sido intensamente empregada em estudos hidrogeológicos desde a segunda metade do século passado. O estudo que segue busca a melhor compreensão desse bem natural a partir da análise de dados indiretos obtidos através de Geoeletricidade, fazendo-se uso de eletrorresistivímetro e da técnica da SEV, bem como posterior auxílio de softwares. Foram realizadas neste trabalho 19 SEVs na área de estudo que permitiram, juntamente com dados geológicos e hidrogeológicos de poços tubulares profundos. Os resultados foram interpretados para fins de definição de topo e base dos locais onde cada SEV foi locada.

1.1 Caracterização do Problema/ Hipótese

O questionamento que fundamenta a pesquisa surgiu da necessidade de dados publicamente disponíveis dos recursos hídricos regionais, o que viabilizaria aos órgãos públicos tomar decisões mais bem informadas no que concerne ao uso de água, o que propiciaria eficiência e economicidade. Levantou-se o seguinte questionamento, visando a melhorar as estratégias no momento de locação e exploração das águas: “de que modo a geofísica pode subsidiar a locação de poços para abastecimento público?” A resposta dar-se-á através das propriedades geoeletricas do substrato, a partir das quais obter-se-ão as delimitações de topo e base do aquífero, para que se possa fazer a locação de novos poços em locais de surgência menor, porém sem a influência de poços já existentes e concentrados na zona de maior gradiente hidráulico do aquífero.

1.2 Justificativa

O estudo do presente trabalho vem auxiliar a locação e exploração de água do Aquífero Coxilha das Lombas na região de Viamão para fins de abastecimento público dos municípios de Viamão e Alvorada, populosos, industrializados e que

sofrem com a falta de água potável.

1.3 Premissas

Ao se fazer a cobertura da área através das SEVs as diferentes litologias apresentam diferentes comportamentos em resposta a corrente induzida. As SEV dão uma boa resposta em terrenos estratificados e homogêneos lateralmente.

1.4 Objetivos e Metas

O presente estudo intenta auxiliar os esforços técnicos de otimização do uso dos recursos hídricos do Aquífero Coxilha das Lombas na região de Viamão (RS) para abastecimento público dos municípios de Viamão e Alvorada, com o propósito de atingir as seguintes metas:

- Auxiliar na tomada de decisão quanto à locação do poço a ser instalado;
- Gerar dados que os órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos possam fazer uso;
- Elaborar, a partir dos dados obtidos, determinar a geometria e estimar os parâmetros geoeletricos do aquífero no local de estudo.

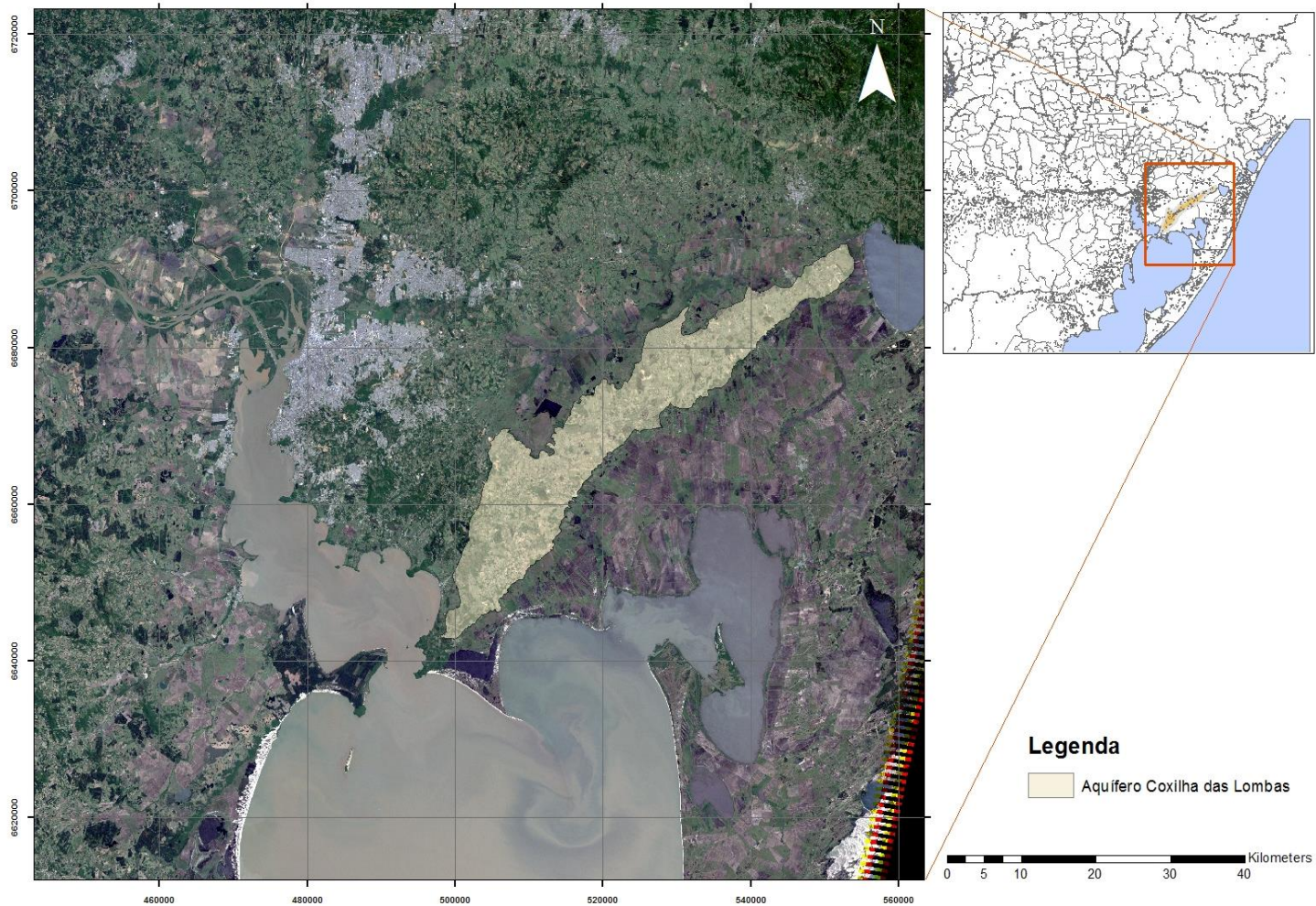
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Localização

A área de estudo localiza-se entre a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, que apresenta uma área de 1.977,39 km², limitada pelas Bacias hidrográficas do Rio dos Sinos, Litoral Médio e Lago Guaíba, entre as coordenadas geográficas 29°45' a 30°12' de latitude Sul e 50°27' a 51°12' de longitude Oeste (Figura 1). A Bacia Hidrográfica do Litoral Médio abrange uma área de 6.108,03 km² e é limitada pela Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba e pelo oceano Atlântico (Figura 2), entre as coordenadas geográficas 29°51' a 32°11' de latitude Sul e 50°15' a 52°05' de longitude Oeste.(SEMA, 2008).

O Aquífero Coxilha das Lombas tem uma forma elíptica, de orientação NE-SW. Ocupa uma faixa com orientação NE-SW, com cerca de 250km de extensão e uma largura média entre 5 e 10km.

Mapa de Localização do Aquífero Coxilha das Lombas

**Figura 1** - Mapa de localização do Aquífero Coxilha das Lombas (ACL), no município de Viamão, RS.

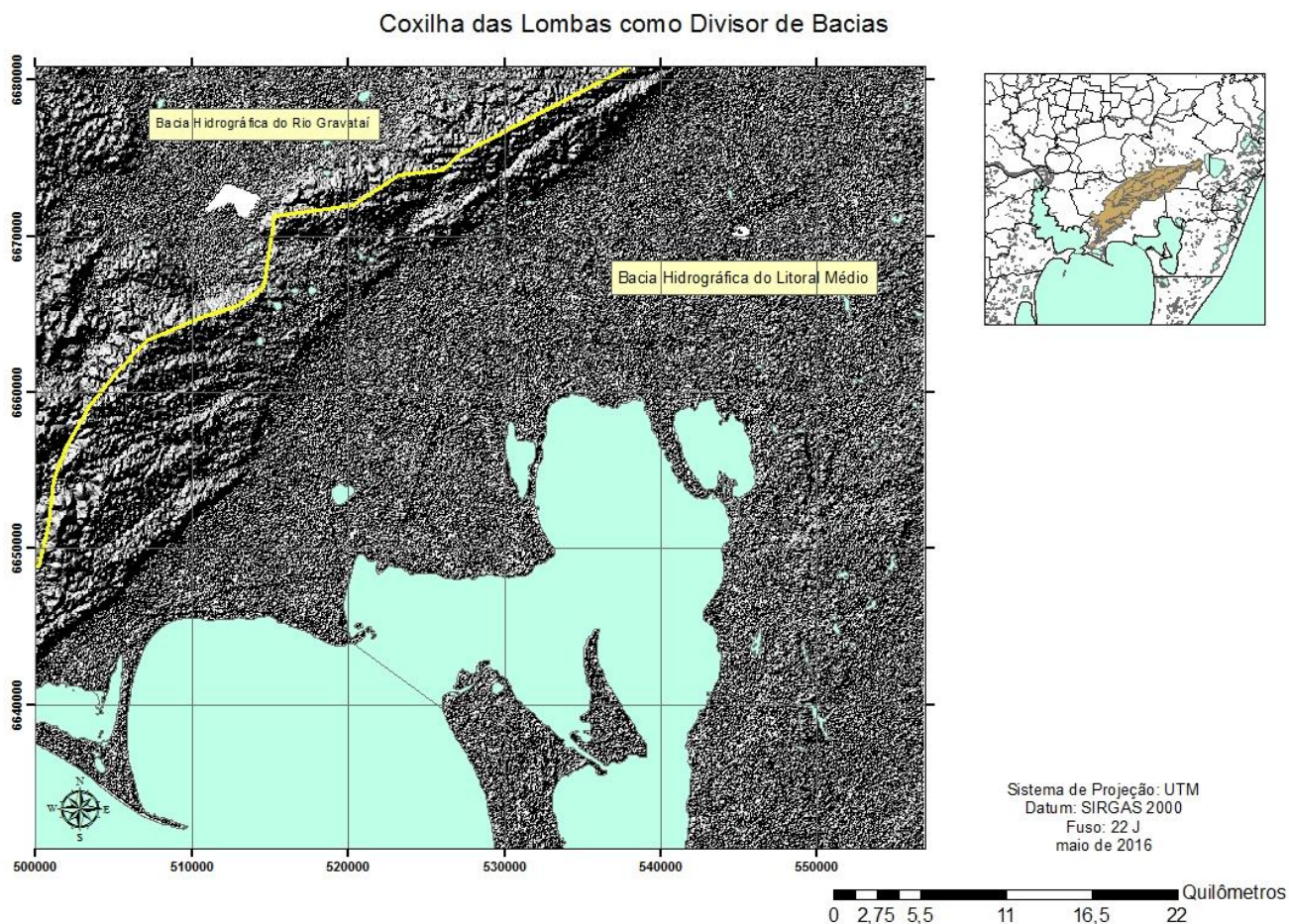


Figura 2 - Imagem SRTM do Aquífero mostrando a localização como divisor da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí e do Litoral Médio.

2.2 Uso da água na região

Os principais corpos hídricos que cortam a região da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí são o Rio Gravataí, o Banhado Grande e o Arroio Veadinho (Figura 3). O principal corpo hídrico é o Rio Gravataí, que, segundo a Resolução do Consema nº 91/2011, em seu artigo 3º, trata-se de Bacia Especial, definida na Lei Estadual 10.350/94 no artigo 31, pois a disponibilidade hídrica aproxima-se e por vezes ultrapassa a demanda hídrica da região, razão pela qual é necessária a captação de água em outros locais, como o Arroio das Garças.

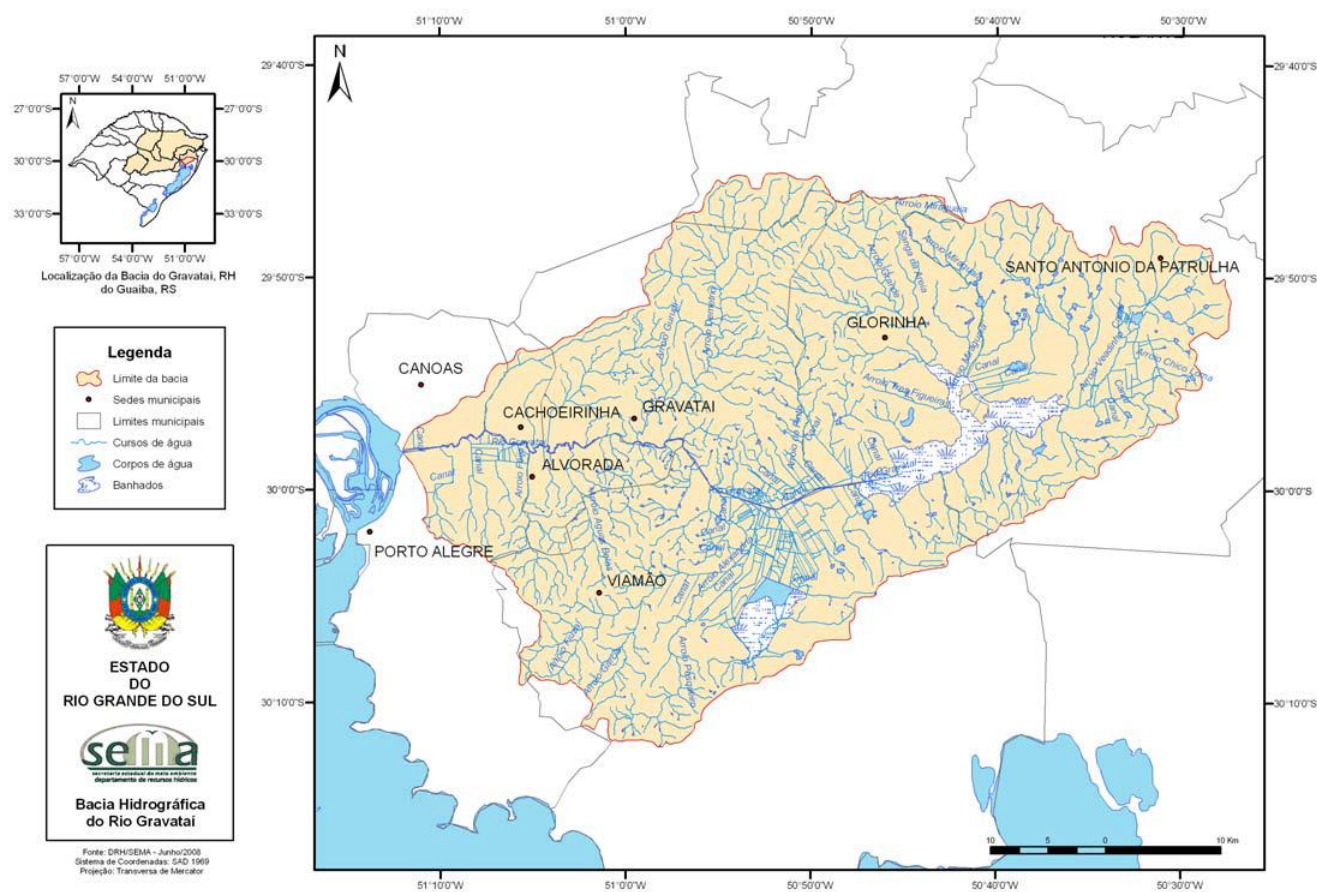


Figura 3 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí com as principais cidades.

Fonte: SEMA, 2008.

A população urbana é de 1.253.564 habitantes e a população rural é de 44.482 habitantes, o que totaliza 1.298.046 habitantes distribuídos por 11 municípios, dos quais os mais populosos são os de Porto Alegre, Alvorada, Canoas, Gravataí e Viamão (SEMA, 2008).

O uso da água foi analisado do ponto de vista da demanda hídrica e diferenciado entre águas superficiais e subterrâneas, conforme Tabela 1. Atente-se a que o uso de maior expressividade da região, apesar das grandes concentrações populacionais, ainda é para fins de irrigação, devido ao fato de ser a região do Banhado Grande de prevalência de cultivo de arroz.

Tabela 1 – Uso da água para a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí.

	Abastecimento Industrial (hm ³ /ano)	Abastecimento Público (hm ³ /ano)	Irrigação (hm ³ /ano)	Dessedentação Animal (hm ³ /ano)
Superficial	11.54	103.85	203.11	2.84
Subterrânea	1.45	14.63		

Fonte: Sema (2008) *apud* Ecoplan Engenharia Ltda (2007).

A segunda bacia na qual o Aquífero está inserido, a Bacia Hidrográfica do Litoral Médio (Figura 4), tem as Lagoas dos Barros e do Peixe como seus principais corpos d'água. (SEMA, 2008).

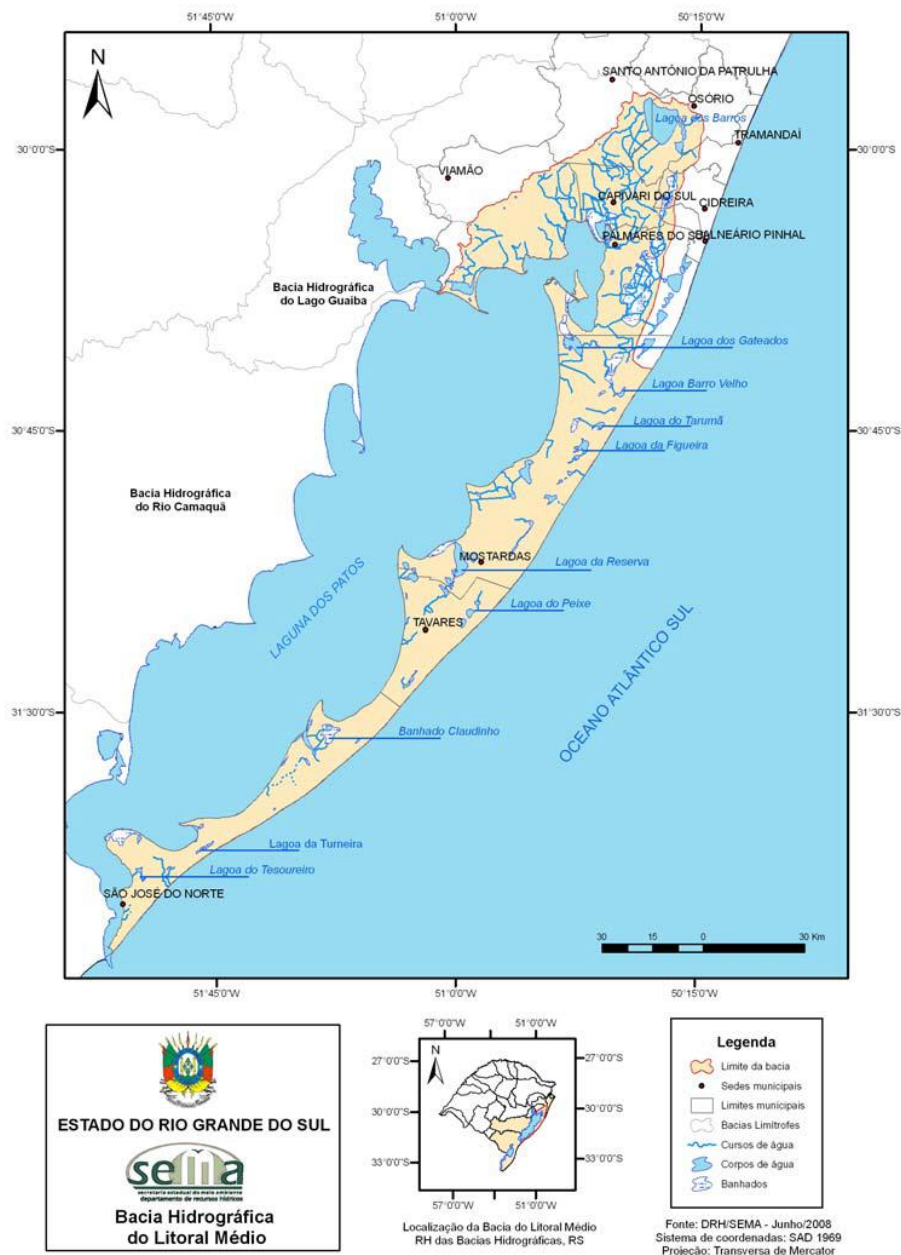


Figura 4 - Localização da Bacia Hidrográfica do Litoral Médio.

Fonte: SEMA, 2008.

A região apresenta baixo índice populacional. Contudo, ocorrem movimentos migratórios sazonais que aumentam a população em caráter transitório, principalmente na estação do verão. A população total da região é de 67.838 habitantes, sendo dividida em 39.247 habitantes urbanos e 28.592 habitantes rurais.

O uso da água pela Demanda Hídrica mostrou que a quase totalidade da água é para irrigação, conforme atestam os valores constantes da Tabela 2.

Tabela 2 - Uso da água para a Bacia Hidrográfica do Litoral Médio.

	Abastecimento Industrial (hm ³ /ano)	Abastecimento Público (hm ³ /ano)	Irrigação (hm ³ /ano)	Dessedentação Animal (hm ³ /ano)
Superficial	0.91	1.99	1202.08	5.77
Subterrânea	0.98	2.93		

Fonte: Sema (2008) *apud* Ecoplan Engenharia Ltda (2007).

2.3 Contexto Geológico

O ACL insere-se no contexto geológico da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS) e divide as bacias hidrográficas do Rio Gravataí e do Litoral Médio (Figura 5). Na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí inserem-se as províncias geomorfológicas da Depressão Central, Planalto Meridional, Escudo Sul Rio-Grandense e Planície Costeira Interior. Na Bacia Hidrográfica do Litoral Médio insere-se a província geomorfológica da Planície Costeira. A PCRS é amplamente estudada e conhecida pela comunidade geocientífica (Vilwock & Tomazelli (1986, 1995, 2000), Dillenburg (2005), Lima, Almeida, Toldo Jr (2001)), sobretudo no que se refere a sua gênese, seus ciclos transgressivos e regressivos, variações eustáticas, dinâmica costeira e ocupação do solo. No entanto, do ponto de vista hidrogeológico, particularmente, o reservatório em questão carece de trabalhos acadêmicos, restringindo-se aos trabalhos de Herlinger & Viero (2004), Rubbo (2004) e Herlinger & Viero (2007), que estabeleceram a zona de recarga do aquífero através do método de balanço decloretos e o potencial hidrogeológico da bacia do Rio Gravataí.

A PCRS corresponde à porção emersa da Bacia de Pelotas. Com uma área de 33.000 km², constitui-se na mais ampla planície litorânea do território brasileiro (*e.g.*, Villwock & Tomazelli, 2000). A atual linha de costa é limitada pelos derrames da Serra Geral em Torres, ao norte, e pela desembocadura do arroio Chuí ao sul, totalizando cerca de 620 km de extensão de orientação NE-SW (*e.g.*, Villwock & Tomazelli, 2000).

Essa bacia teve sua gênese nos eventos geotectônicos que causaram a fragmentação do Gondwana e, conseqüentemente, conduziram à abertura do

Atlântico Sul a partir do Cretáceo Inferior. Ainda durante esse tempo e principalmente ao longo do Cenozóico, os sedimentos erodidos das terras altas adjacentes compuseram sistemas deposicionais continentais, transicionais e marinhos (Villwock & Tomazelli, *op. cit.*). Através de variações glacioeustáticas deu-se o sistema deposicional do tipo laguna-barreira (Villwock & Tomazelli, *op. cit.*). As barreiras foram criadas no máximo dos *lags* transgressivos e graças a elas foi possível o represamento da água e a formação das lagoas dos Patos, Mirim e Mangueira. Na PCRS existem quatro barreiras. A área de estudo localiza-se na Barreira I (Figura 5), a mais antiga, com aproximadamente 400 ka (e.g., Villwock & Tomazelli, 2000). Os autores apresentam as fácies sedimentares dessa barreira como sendo “areias quartzo-feldspáticas avermelhadas de granulação fina a média, muito bem arredondadas, semi consolidadas e que, normalmente, apresentam elevado conteúdo em matriz síltico-argilosa de origem diagenética (Villwock & Tomazelli, *op.cit.*).

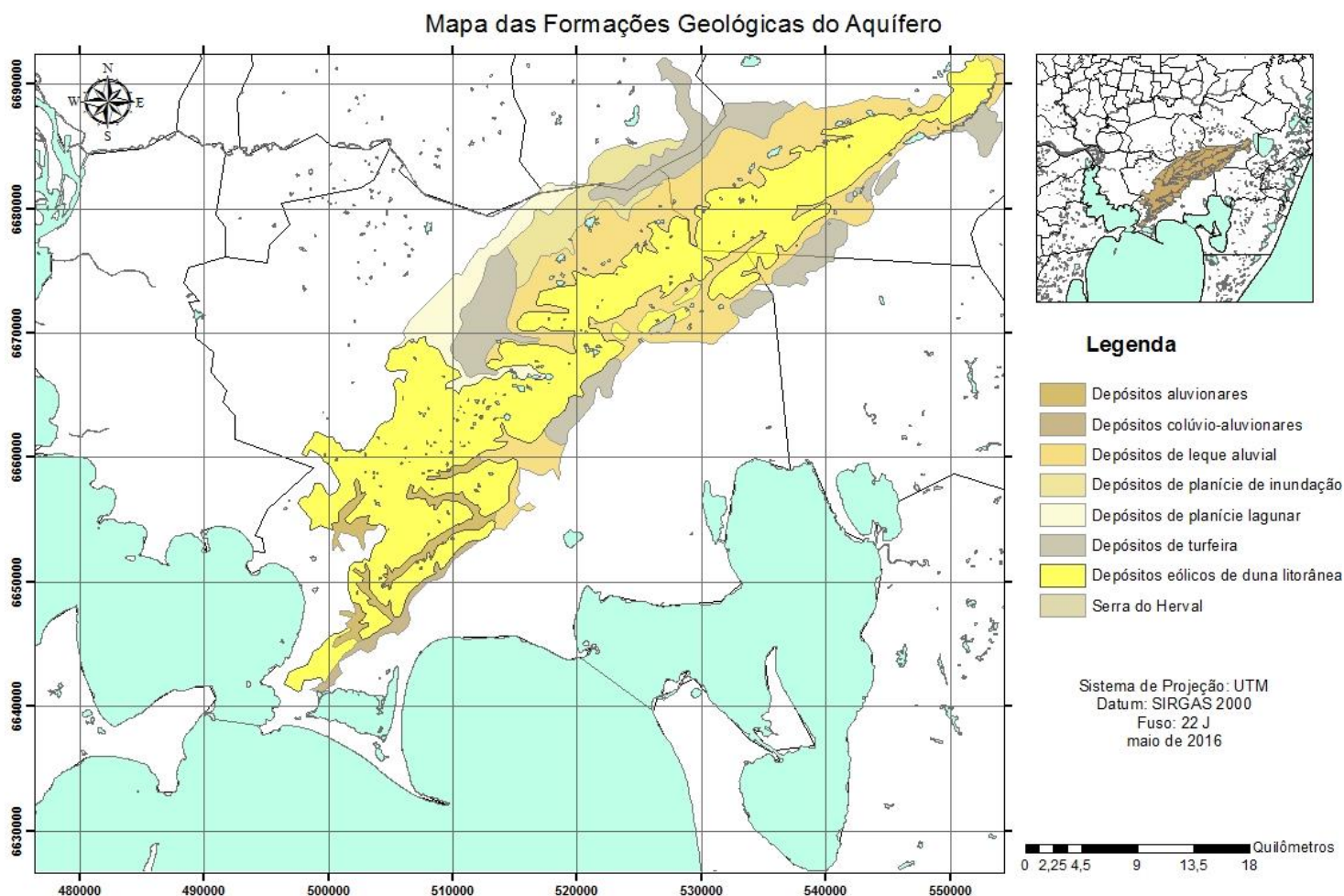


Figura 5 - Mapa das Formações Geológicas para o Aquífero Coxilha das Lombas.

Fonte: Imagem do autor.

O Aquífero Coxilha das Lombas está inserido na Barreira I, nos depósitos eólicos que serviram como rocha reservatório, e confinado por camadas de argilas diagenéticas (Figura 6).

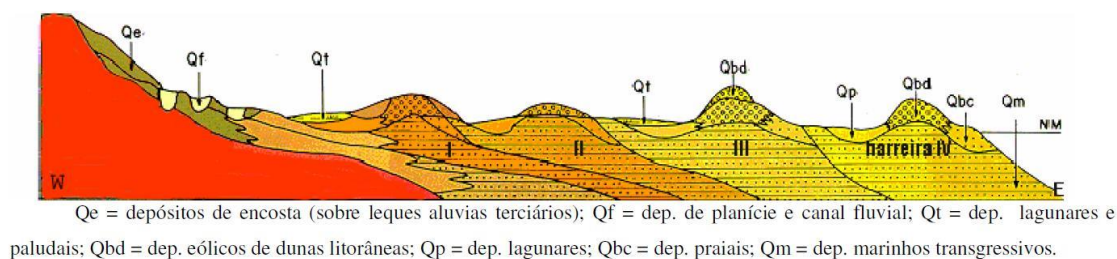


Figura 6 - Seção Geológica do sistema Laguna Barreira com a Barreira I.

Fonte: Collischonn e Kirchheim, 2006.

O material formador desta barreira é composto por areias bem selecionadas, quartzosas, de cores claras e quantidades variáveis de silte e argila, que conferem ao sedimento uma cor predominantemente avermelhada e castanho-amarelada (Ariente, 1986 *apud* Tomazelli&Villwock, 2000). Os solos dos altos do embasamento sobre os quais as dunas se ancoraram provavelmente contribuíram para o fornecimento do material siltico-argiloso constituinte da matriz. A mistura de areias eólicas com grânulos do embasamento envoltos numa matriz siltico-argilosa maciça indica que em muitas vezes houve um processo de redeposição dos sedimentos eólicos que, misturados aos solos locais, foram retransportados ao longo das encostas do embasamento (Tomazelli e Villwock, 1995 *apud* Rubbo, 2004).

2.4 Aspectos Hidrogeológicos

Segundo a CPRM (2005), o Aquífero Coxilha das Lombas é representado pelo Sistema aquífero *bm*, que tem como característica ser uma estreita faixa de direção nordeste que vai da Barra do Ribeiro a oeste do Lago Guaíba até Santo Antonio da Patrulha. Composto por areias inconsolidadas, de granulometria fina a média, vermelho-claro a esbranquiçadas, pouca matriz argilosa. As capacidades específicas são altas, ultrapassando 4m³/h/m. Os sólidos totais dissolvidos são poucos em média menor que 50 mg/L conforme Figura 7.

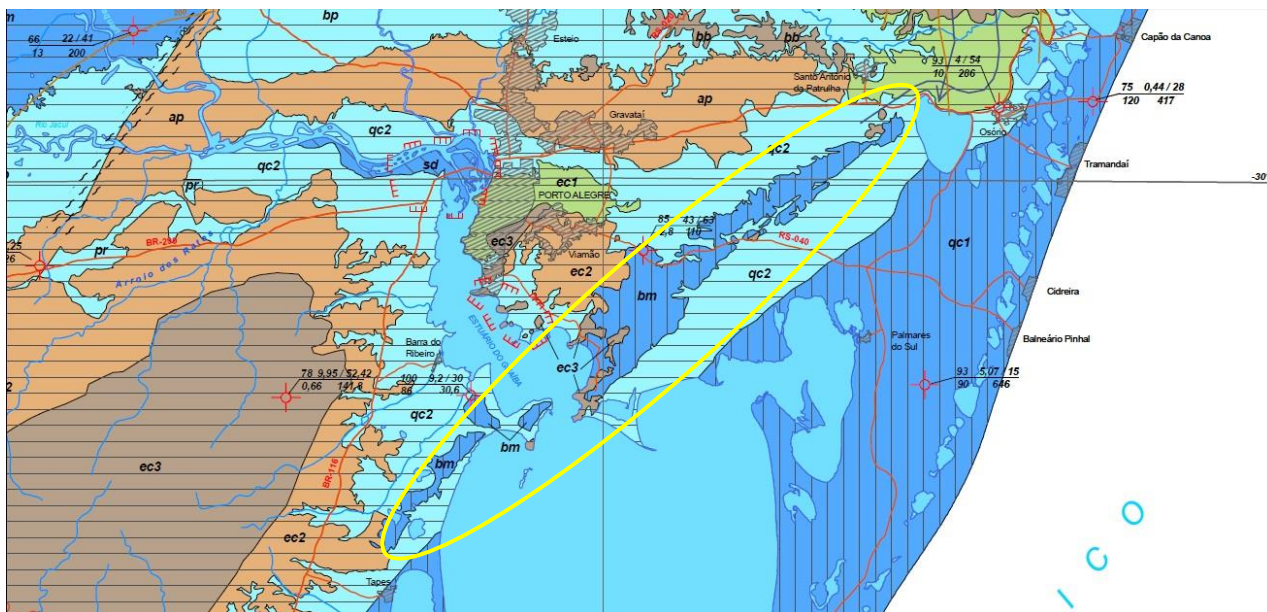


Figura 7 - Aquífero Coxilha das Lombas para o mapa hidrogeológico da CPRM Formação bm.

Fonte: Modificado de CPRM, 2005.

O Aquífero Coxilha das Lombas é considerado um aquífero livre, uma vez que se encontra nos sedimentos inconsolidados pleistocênicos. Há, contudo, regiões com intercalações de camadas de argilas, que ocasionam o confinamento e, assim, o nível piezométrico localmente fica acima do nível de contribuição (Freitas, 2002).

Os estudos hidrológicos para a realização de modelagem computacional da região, realizados por Freitas (2002), indicaram, através de dados de 8 poços, que o pH dessas águas é de aproximadamente 6,0, com condutividade hidráulica em torno de 1,03 m/d. Os valores de transmissividade (T) e armazenamento (S), calculados pelo método de Theis, são de 4,0 m³/h/m e 0,007, respectivamente.

A partir de um ensaio de bombeamento realizado no poço 8 constatou-se a alta potencialidade do aquífero. No que se refere a qualidade química dessas águas, trata-se de águas com conteúdo salino muito baixo. O total de sólidos dissolvidos raramente atinge valores superiores a 100 mg/L, sendo mais comuns valores entre 20 e 60 mg/L, obedecendo aos padrões de potabilidade (Freitas, 2002). A classificação dessas águas, segundo o diagrama de Piper, é de cloretadas a bicarbonatadas. A partir da análise química das coletas de água, foi possível constatar que a condutividade elétrica dessas águas é baixa, em torno de 45 µS/c. (SIAGAS).

Segundo Tomazzeli e Villwock (2000), o elevado conteúdo de matriz síltico-argilosa (às vezes superior a 15%) é uma das características marcantes dos

sedimentos da Barreira I. Sua origem, claramente pósdeposicional, parece estar associada à alteração diagenética dos minerais, especialmente os feldspatos, e a processos de infiltração (iluviação) das argilas. Arienta (1986) demonstrou referido comportamento ao verificar aumento progressivo do conteúdo de argilas com a profundidade.

Para Hausman (1995), as capacidades específicas chegam a valores acima de $2,0 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ e podem chegar até $30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. A transmissividade, por sua vez, varia de 1 a $16 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (Freitas 2002, *apud* Hausman, 1995).

Freitas (2002) concluiu que, pela transmissividade calculada, o aquífero demonstra a condição de fornecedor de água em altos valores de volume de água para a exploração.

Segundo Freitas (2002), a maioria dos poços não penetra totalmente no aquífero. Para tanto, os poços têm que atingir profundidades superiores a 150 metros, dado referendado por sondagens elétricas e caminhamentos.

Ventos

Tomazelli (1993) revela que o vento dominante provém de NE e, embora sobre ao longo de todo o ano, é mais ativo nos meses de primavera e verão. O vento de W-SW, secundário, é mais eficaz nos meses de inverno. Em resposta à ação destes ventos, as dunas migram no sentido SW. A taxa média de migração, determinada em fotografias aéreas, variou de $10 \text{ m}/\text{ano}$ a $38 \text{ m}/\text{ano}$. As medidas diretas, no terreno, feitas em intervalos trienais, revelaram uma migração média de $26 \text{ m}/\text{ano}$. Estes valores refletem a grande eficiência do vento como agente transportador de areia na região costeira estudada.

Clima

Segundo Sistema definido por Köppen, a região encontra-se sob influência do tipo climático CF com a variedade específica CFa, que significa dizer que o clima é subtropical úmido sem estiagens, com observação de anomalias eventuais. As temperaturas mais elevadas chegam a 22°C e as mais frias oscilam entre 3 e 18°C ,

com médias registradas pela estação metereológica de Viamão em torno de 19,2°C (Freitas, 2002). A precipitação anual é de em torno de 1.372mm segundo a estação Lombas (03050008), locada no Município e operada pela CPRM, de posse da ANA em Viamão. A média de precipitação para essa estação foi medida através dos valores obtidos de 1991 a 2006, que podem ser visto na Figura 8.

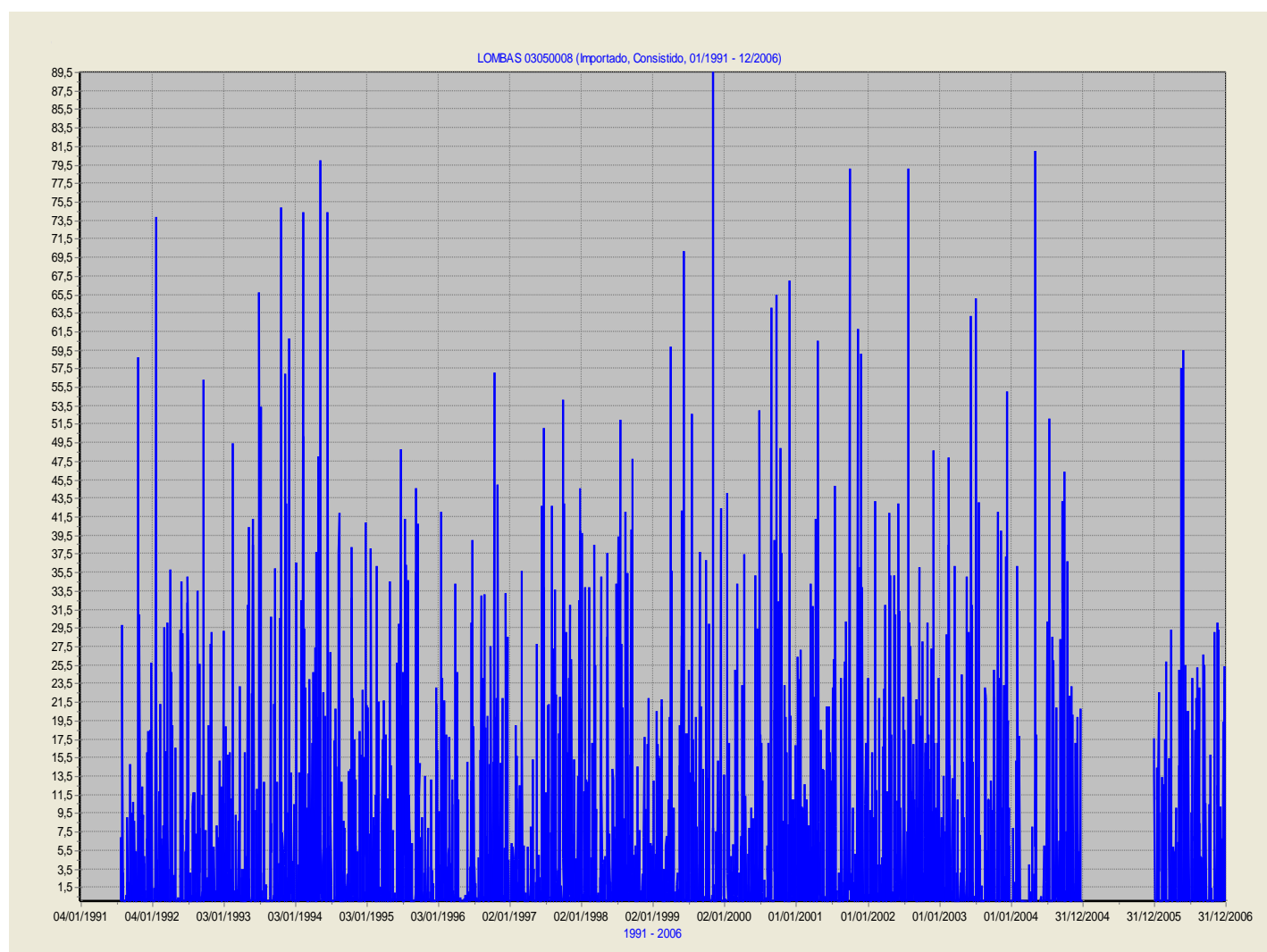


Figura 8 - Gráfico de variação Pluviométrica para a estação Lombas em Viamão.

Fonte: Hidroweb, ANA. 2016.

3. MÉTODOS E TÉCNICAS

A partir dos dados já obtidos por trabalhos anteriores de perfis estratigráficos de poços, correlacionados às sondagens elétricas verticais realizadas em parceria com a Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), chegou-se à determinação de topo e de base para dadas regiões do aquífero, conforme a Figura 9.

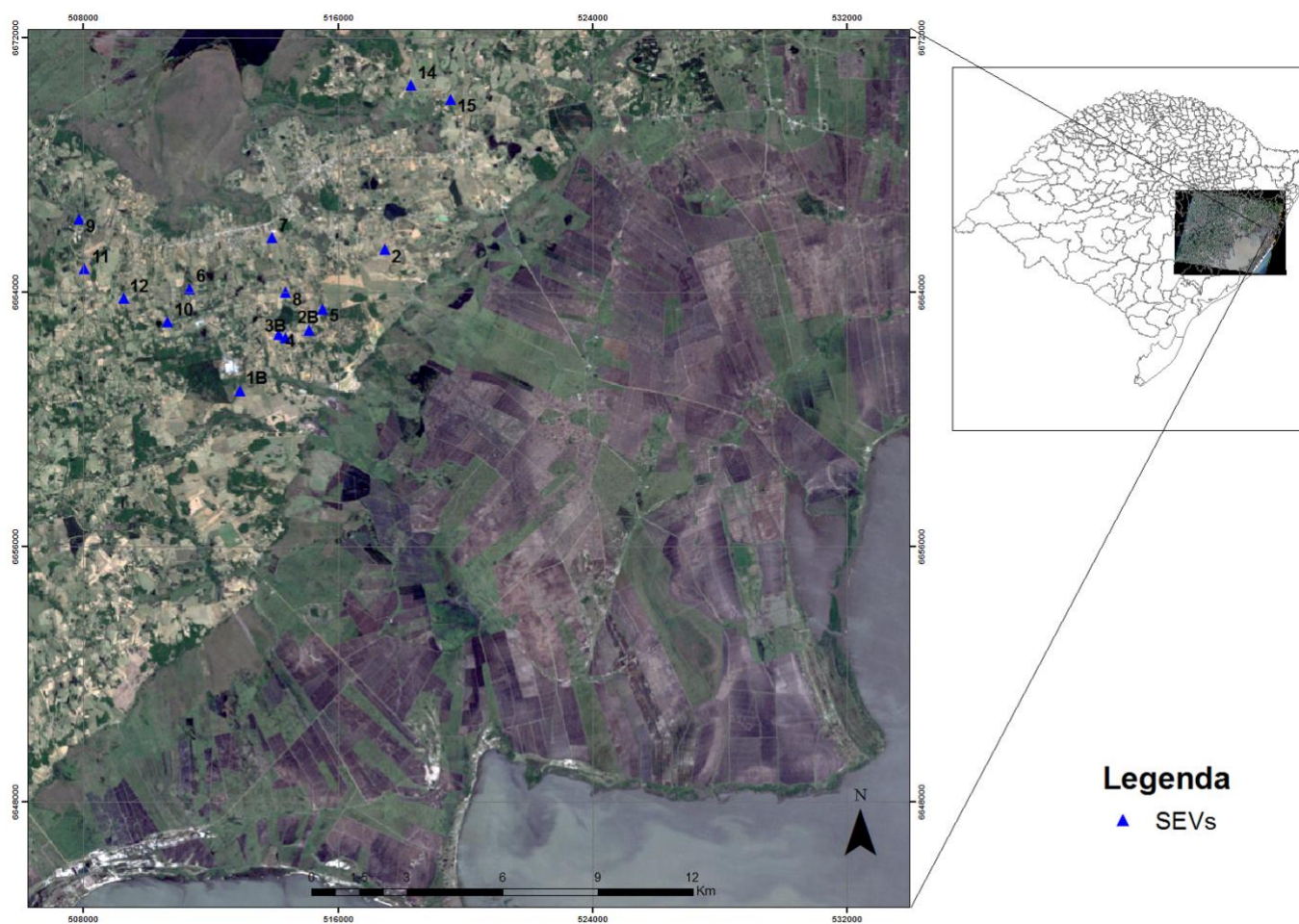


Figura 9 - Localização das Sondagens elétricas verticais.

3.1 Análise de Poços do SIAGAS

Realizou-se o levantamento de todos os poços cadastrados no SIAGAS/CPRM do Município de Viamão e, a partir da plotagem dos poços, foram selecionados aqueles que se encontravam dentro da barreira I e levantadas

as informações de estratigrafia, geoquímica, dados hidrológicos, construtivos e testes de bombeamento daqueles que eram disponíveis.

A partir do inventário dos poços e locação dos mesmos, foram correlacionados os poços com as SEVs próximas.

3.2 Sondagens Elétricas Verticais

Segundo Borges (2002), os métodos geoeletricos possuem sua origem no século XVIII com a descoberta da resistividade das rochas por *Gray&Wheeler* (1720 *apud* Orellana, 1972) e da condutividade do solo por Watson, em 1746 (*apud* Orellana, *op.cit.*). Os métodos que podem ser utilizados seguem uma das três propriedades fundamentais:

- a) Resistividade: método em que se define a quantidade de corrente elétrica que atravessa uma camada quando aplicada uma diferença de potencial;
- b) Constante dielétrica: caracterizado pela capacidade de armazenamento de cargas elétricas nos materiais geradas pela introdução de corrente alternada de alta frequência;
- c) Atividade eletroquímica da rocha: mede o comportamento natural das rochas, ou seja, capta os fluxos de correntes elétricas naturais do substrato.

Ao longo do presente trabalho, a propriedade eleita foi a resistividade, a partir dos levantamentos geoeletricos realizados em campo através do eletrorresistivímetro da *SUPERSTING R1 1P*, de propriedade da CORSAN, com a técnica de sondagem elétrica vertical (SEV) para a investigação do solo capturando as propriedades geoeletricas do subsolo.



Figura 10 - Eletrorresistivímetro SUPERSTING em campo.

A eleição dos métodos, aliada à técnica, assim como suas definições, foi baseada no livro “Métodos Geométricos para Hidrogeologia”. Contemplou-se a vantagem de que a técnica permite um recobrimento de largas áreas com precisão e de maneira rápida, bem como versatilidade em termos de profundidade de investigação, o que torna possível que se determinem topo e base do aquífero. Essas características foram aliadas ao prévio levantamento de dados de áreas em que há óbices ao emprego da tecnologia empregada, tais como fios de alta tensão, formigueiros e cupinzeiros. Esses fatores foram importantes para a definição da SEV como a melhor técnica para o recobrimento da área.

O método geométrico tem por fundamento a identificação de diferenças potenciométricas de energia elétrica através de pulsos elétricos gerados a partir de aparelho que os emite em dois eletrodos de corrente (AB) e capta a resposta desses pulsos, ou seja, a diferença de potencial resultante (DV), em dois eletrodos receptores (MN). O pulso elétrico passa pelo subsolo e sofre interferências das diferentes resistividades competentes a cada solo e rocha.

A propagação das correntes elétricas pode ser de dois tipos: o primeiro é da condutividade elétrica, para metais e semicondutores, em que o transporte de elétrons dá-se pelo modo de agregação dos minerais e grau de impurezas. O segundo, ora estudado, destina-se a eletrólitos sólidos e líquidos e dá-se através do

transporte dos íons presentes nas águas que preenchem os poros dos solos, sedimentos inconsolidados ou fissuras de rochas. Assim, estabelecida a relação de resistência (R) pela lei de Ohm com a resistividade (ρ) através de um condutor (Figura 11) temos equação 1:



Figura 11- Representação gráfica do modelo teórico para a passagem de eletricidade por um meio.

$$\rho = R \frac{S}{L} \quad (\Omega\text{m}) \quad \text{eq. 1}$$

Em que:

ρ é a resistividade;

R é a resistência;

S compreende a área da seção;

L representa o comprimento da seção.

Entretanto, a resistividade é dada pela equação 2, pois, em qualquer material tridimensional terrestre, a corrente elétrica propaga-se em uma semiesfera a partir do ponto de descarga. Segundo essa interpretação, a equação 1 altera a representação da propagação do condutor cilíndrico para as equações 2 e 3.

$$R = \frac{\rho r}{2\pi r^2} \quad \text{eq. 2}$$

$$R = \frac{\rho}{2\pi r} \quad \text{eq. 3}$$

A partir da primeira lei de Ohm, equação 4, substitui-se a resistência, como na equação 5.

$$V = R I \quad \text{eq. 4}$$

$$V = \frac{\rho l}{2\pi r} I \quad \text{eq. 5}$$

Assim, conclui-se que a resistividade para um material tridimensional terrestre é dada conforme a equação 6.

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad \text{eq. 6}$$

Em que:

r é a distância entre os eletrodos de corrente e o eletrodo de potencial;

V é a diferença de potencial;

I é a intensidade da corrente.

b) Definição do parâmetro K

O parâmetro K foi definido a partir da evolução da fórmula da resistividade. Supondo-se que seja o meio investigado homogêneo e isotrópico, uma vez que a medição em campo faz-se através do uso de dois eletrodos de corrente e dois eletrodos de potencial, é possível concluir que a resultante de campo elétrico nos pontos de captação M e N dar-se-ão segundo as equações 7 e 8, respectivamente.

$$V_M = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) I \quad \text{eq. 7}$$

$$V_N = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) I \quad \text{eq. 8}$$

Assim, é possível concluir-se que a diferença de potencial na posição MN será segundo a equação 9.

$$\Delta V_{MN} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) I \quad \text{eq. 9}$$

Assim, denomina-se K o coeficiente geométrico que representa a distância e diferença entre as disposições dos eletrodos sendo definido como equação 10, a partir da qual dá-se a equação da resistividade no meio terrestre equação 11.

$$K = 2\pi \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) I \quad \text{eq. 10}$$

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad \text{eq. 11}$$

Uma vez compreendido o parâmetro geométrico, parte-se para a aplicação do método em campo. Para tanto, é necessário que se faça a escolha do arranjo, para que se eleja a disposição dos eletrodos.

c) Arranjo Schlumberger

A escolha dá-se, principalmente, pela forma da superfície do terreno, sendo o arranjo mais utilizado o Schlumberger, escolhido, por este motivo, para o presente trabalho.

O arranjo Schlumberger tem os eletrodos dispostos de maneira que todas as partes ficam dispostas linearmente. Os eletrodos receptores fixam-se a uma distância conhecida e os eletrodos de corrente distanciam-se em sentidos opostos a cada pulso elétrico emitido e captado a uma distância conhecida e média do centro do MN (Figura 12). Ao se afastarem os eletrodos, a varredura do subsolo rebaixa, sendo possível assim fazer a captação dos dados de maior profundidade e montando, dessa forma, a sondagem elétrica entre MN. Visto isso, é necessário, “para que haja um bom uso da técnica, que os terrenos sejam lateralmente homogêneos, compostos de camadas estratificadas, plano-paralelas”.



Figura 12 - Arranjo dos eletrodos do tipo Schlumberger da Sondagem Elétrica Vertical.

Fonte: Dobrin, 1976.

Para se entender o arranjo Schlumberger é necessário entender algumas premissas do método. A existência de dois pares de eletrodos faz com que o coeficiente geométrico (K) varie conformedemonstrado na equação 12:

$$\rho = \left(L^2 - \frac{a^2}{4} \right) \frac{\Delta V}{Ia} \quad \text{eq. 12}$$

Em que:

L é a distância do eletrodo de corrente ao centro de MN;

a é a distância dos eletrodos de potencial ao centro de MN.

Como a distância entre M e N mantém-se fixa e tende a zero, vez que os eletrodos de corrente A e B afastam-se em sentido oposto, a equação tem a relação $(a^2/4)$ desprezada, transformando-sena equação 13. Vez que essa relação é desprezada, cria-se erro nos cálculos de campo que é compensado ao se adotar a norma para a validação da SEV de MN AB/5. Assim, o erro relativo será de 4%, visto que MN é igual a e 2L é igual a AB.

$$\rho = \pi L^2 \frac{\Delta V}{Ia} \quad \text{eq. 13}$$

Com o aumento da distância no espaçamento AB, a diferença de potencial (DV) reduz-se gradativamente, principalmente após atingir camadas menos resistivas. Para evitar essa variação de DV é necessário que se mudea intensidade da corrente (I) ou que se faça uma técnica de campo chamada embreagem, em que, após uma sequência de medidas com abertura de AB, faz-se a abertura de MN, sempre com a última medida de AB dupla para os dois valores de MN. O expediente possibilita a geração de curva de campo mais próxima da realidade através dos vários segmentos.

No estudo do Aquífero Coxilha das Lombas, tem-se intercalação das argilas e areias. Já que se trata de terreno estratificado com essa conformação do material, apresenta comportamento distinto quanto à capacidade de transmitir o pulso elétrico, uma vez que as areias presentes são quartzosas e não conseguem conduzir bem o pulso elétrico, devido à ausência de íons trocáveis e, conseqüentemente, apresenta baixa capacidade de troca de cargas elétricas. Todavia, estando os poros entre esses grãos de areias preenchidos com água, obtém-se um baixo resistivo, uma vez que a solução eletrolítica que pode preencher os poros facilita a passagem da corrente elétrica e aumenta a condutividade elétrica, gerando uma anomalia. Já as argilas apresentam alta capacidade de troca iônica, tratando-se, assim, de ótima condutora elétrica, se analisada isoladamente. Entretanto, no sistema aquífero, analisar-se-ão as argilas juntamente com areias com poros preenchidos e saturados por água, podendo a argila ser, assim, interpretada como um alto resistivo. Além da corrente ser guiada pelas cargas e estruturas dos minerais e rochas, outra característica física importante das rochas que determina a passagem da corrente elétrica é a textura.

Rochas sedimentares mal graduadas apresentam número maior de vazios e, desta forma, maiores permeabilidade e porosidade, o que leva a que, se preenchidas por uma solução com sais, vejam aumentar sua condutividade elétrica. Segundo o Livro Geologia de Engenharia (1998), a resistividade elétrica é, dentre todas as propriedades físicas das rochas e dos minerais, a que apresenta o maior intervalo de variações, podendo atingir valores pequenos como 10^{-5} ohm/m para minerais metálicos, assim como valores como 10^7 ohm/m para sedimentos extremamente secos ou rochas como Gabro. (Geologia de Engenharia, p.168). A partir dessas máximas, seguir-se-á com a interpretação dos dados coletados em campo, utilizando o Software do equipamento e o IPI2WIN para manipulação e interpretação dos dados.

A condutividade hidráulica (K) e a transmissividade (T) de uma camada pode apresentar relação direta com parâmetros geoeletricos de resistividade (ρ) e espessura (E) das camadas processadas. A transmissividade em aquíferos arenoargilosos é dada através da resistência transversal unitária que trabalha com a relação da transmissividade como visto na equação 14 e 15.

$$T_{DV} = E \rho \quad \text{eq.14}$$

$$T = E K \quad \text{eq. 15}$$

O enquadramento da produtividade de um aquífero segue algumas regras. A CPRM, segundo DINIZ (2012), avalia a produtividade pela capacidade específica (qs) do poço que segue a Tabela 3 e estabelece outros fatores como padrões, como Transmissividade(T), coeficiente hidráulico (k) e a vazão (Q). Desta forma, classificam-se os poços dos quais o consumo será apropriado. Assim, a partir dos dados obtidos com as sondagens e sua comparação a essa tabela, será possível determinar a potencialidade do aquífero.

Tabela 3– Caracterização Hidráulica das classes dos aquíferos de acordo com a capacidade específica.

$qs(m^3/h/m)$	$T(m^2/s)$	$k (m/s)$	Vazão Q (M ³ /H)	PRODUTIVIDADE	Classe
≥ 4	$\geq 10^{-2}$	$\geq 10^{-4}$	≥ 100	Muito Alta: Fornecimentos de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações). Aquíferos que se destacam em âmbito nacional.	1
$2,0 \leq Q/s < 4,0$	$10^{-3} \leq T < 10^{-2}$	$10^{-5} \leq T < 10^{-4}$	$50 \leq Q < 100$	Alta: Características semelhantes à classe anterior, contudo situando-se dentro da média nacional de bons aquíferos.	2
$1,0 \leq Q/s < 2,0$	$10^{-4} \leq T < 10^{-3}$	$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	$25 \leq Q < 50$	Geralmente baixa, porém localmente moderada: Fornecimento de água para abastecimentos locais em pequenas comunidades, irrigação em áreas restritas.	3
$0,4 \leq Q/s < 1,0$	$10^{-5} \leq T < 10^{-4}$	$10^{-7} \leq K < 10^{-6}$	$10 \leq Q < 25$	Geralmente baixa, porém localmente moderada: Fornecimentos de água para suprir abastecimentos locais ou consumo privado	4
$0,04 \leq Q/s < 0,4$	$10^{-6} \leq T < 10^{-5}$	$10^{-8} \leq K < 10^{-7}$	$1 \leq Q < 10$	Geralmente baixa, porém localmente muito baixa: Fornecimentos contínuos dificilmente são garantidos.	5
$< 0,04$	$< 10^{-6}$	$< 10^{-8}$	$< 1,0$	Pouco produtiva ou não aquífera: Fornecimentos Insignificantes de água. Abastecimentos restritos ao uso de bombas naturais.	6

Fonte: Stuckmeir & Margat (1995). Modificado em Diniz (2012).

3.3 Difração de Raio X

Utilizou-se a difração de raio X para possibilitar que se classificassem as argilas quanto a sua estrutura cristalina, uma vez que o feixe de raio X emitido pelo aparelho SIEMENS BRUKER AXS Modelo D5000 é difratado pelos átomos dentro do mineral (Figura 13). A partir dos ângulos de difração é possível calcular a distância interatômica e definir as faces dos minerais. Viabiliza-se, dessa forma, que se distingam as argilas presentes, uma vez que o padrão de difração de raio X é único para cada estrutura cristalina.

A difração de raio X utiliza o caráter ondulatório dos raios X e a regularidade do espaçamento entre os planos de um cristal para identificar a fase cristalina, conforme Figura 14 (Senna, 2003).

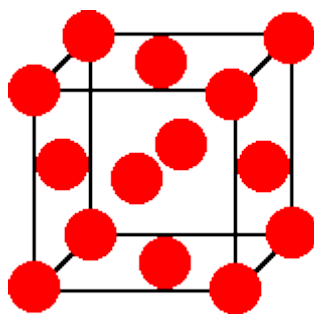


Figura 13 Estrutura Cristalina Cúbica de face centrada com os átomos por onde o raio X passará e sofrerá a difração.

Fonte: Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016.

Ao se fazer incidir o raio num objeto, este sofrerá difração se for de tamanho próximo ao do comprimento da onda. A partir desta análise, percebeu-se, em níveis atômicos, que a incidência de radiação causa dois tipos de interferências, que podem ser de sorte construtiva ou destrutiva. Este experimento foi realizado por Young através da dupla fenda, em que se constataram as duas espécies de interferência. Com isso, percebeu-se que a interferência será construtiva sempre que a diferença do caminho óptico entre os raios que saem das fendas for um número inteiro com comprimento de onda da luz incidente. Para que isso ocorra é necessário que seja obedecida a lei de Bragg:

$$\lambda = 2d \sin\theta \text{ eq. 14}$$

Em que:

λ representa o comprimento de onda da radiação utilizada;

d é a distância entre os feixes difratados;

θ é o ângulo do feixe emitido com a superfície estudada.

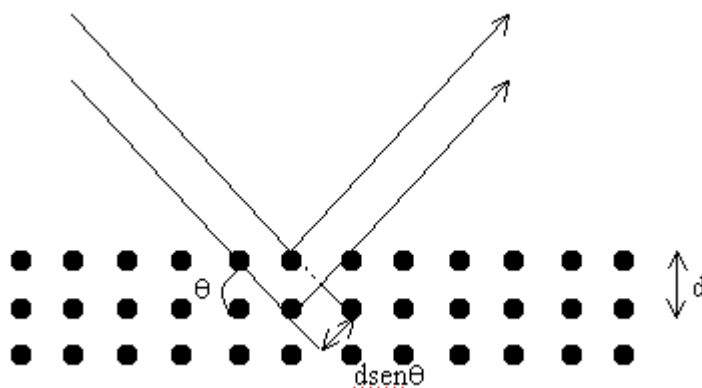


Figura 14 Difração do raio X pelos átomos na superfície cristalina.

Fonte: Site Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

A partir da coleta da amostra de calha dos poços já operantes da CORSAN, realizou-se o experimento e classificaram-se as argilas para o Poço de classificação do SIAGAS código 4300017814 (Anexo III), nas profundidades de 24 metros, 42 metros e 90 metros. A descrição granulométrica do Siagas e a amostra da CORSAN seguem a Figura 15.



Figura 15 - A) Amostra de Calha do Poço de código do SIAGAS 4300017814. B) Imagem do Poço código 4300017814.

Fonte: Modificado do Site da CPRM.

O Laboratório de difratometria da UFRGS utiliza os seguintes procedimentos e sistemáticas para preparação de amostras da fração fina ($4\mu\text{m}$):

- Quarteamento da amostra;
- Desagregação em gral de porcelana;
- Desagregação por Agitação durante 14 horas em agitador orbital;
- Desagregação por ultrassom de ponteira durante 5 min com amostra em solução;
- Com a amostra em solução, estabiliza-se a temperatura para controlar a viscosidade do fluido;
- De acordo com a planilha eletrônica baseada na *Lei de Stokes*, calcula-se o tempo de decantação respectivo de cada fração. O processo de decantação normal é utilizado para separar da amostra a fração $<4\text{mm}$. O tempo estipulado para essa fração é de 1h 22min em função da temperatura da solução e viscosidade segundo a Lei de Stokes (Figura 16).

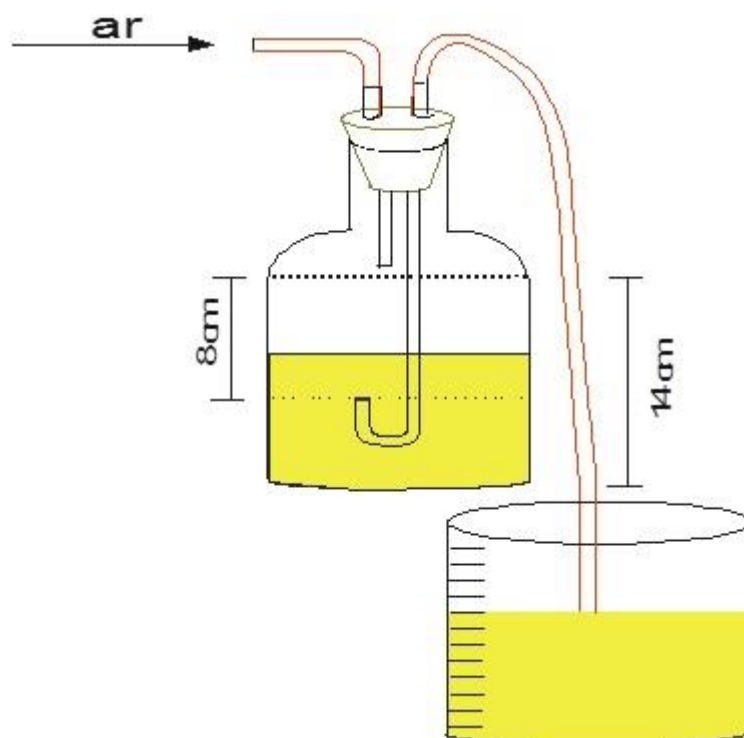


Figura 16 - Ilustração do esquema de separação das frações.

Fonte : Laboratório de Difractometria da UFRGS.

- Com a fração granulométrica separada, fazem-se lâminas especiais para análise por Difração de raios-X. Tem-se amostra orientada em lâminas; Repetição do processo para as demais amostras;
- De acordo com a necessidade, concentra-se a amostra para arquivamento e estudos posteriores;
- Após o processo acima descrito, ter-se-á a fração $< 4\mu\text{m}$ orientada. Desta forma, privilegiam-se as faces 001 para a identificação de argilominerais. Chama-se amostra *orientada natural*;
- A amostra *orientada natural* é saturada com etileno glicol para verificar a existência ou não de argilominerais expansivos. Para tanto, a amostra *orientada natural* é borrifada com etileno glicol e o excesso é retirado com papel absorvente. Chama-se amostra *glicolada*;
- A amostra *orientada natural* também é aquecida a 550°C durante duas horas para avaliar argilominerais que colapsam a sua estrutura nestas condições (ex.: argilominerais do Grupo das Caolinitas), permitindo uma identificação mais precisa. Chama-se amostra *calcificada*.

Condições Analíticas

- O equipamento utilizado é um difratômetro SIEMENS BRUKER AXS Modelo D5000 com goniômetro θ - θ . A radiação é $K\alpha$ em tubo de Cobre nas condições de 40 kV e 25 mA.
- Amostra *Orientada Natural*: 2 segundos para $0,02^\circ$ de degrau do goniômetro de 2° a $28^\circ 2\theta$.

3.4 Interpolação dos dados dentro de perfis de correlação

Com os dados coletados em campo, mediante emprego das SEVs, plotados na *shapefile*, foi possível definir um polígono na superfície do terreno em que há maior concentração de dados diretos e indiretos dentro da região de interesse para a locação do poço. A partir da distribuição das SEVs e dos poços, definiram-se linhas horizontais de interpolação (linhas de correlação) com a orientação preferencial NE-SW, pois a migração das dunas deu-se em sentido WNW-ESSE. Assim, a deposição NE-SW foi temporalmente correlata e a estratigrafia nesses pontos podem ser correlacionados.

3.5 Manipulação dos dados geoeletricos utilizando o software IPI2WIN

Com os dados levantados e agrupados, o trabalho dirigiu-se à interpretação das informações, seguida de sua manipulação com softwares, para que houvesse a inversão matemática dos dados e que fosse possível, assim, chegar-se a uma curva teórica próxima à curva de campo. Realizou-se, dessa forma, um modelo geoeletrico da sondagem, interpretando-se as camadas geoeletricas.

Através dos dados de resistividade, aliados aos dados de abertura dos espaçamentos dos eletrodos de AB e MN, manipulou-se a curva de campo e se a comparou à curva teórica, estabelecendo o critério de confiança com uma margem de erro tendendo a ser menor que 10%. Assim, determinou-se a inflexão e os baixos

resistivos para montar o modelo geofísico do terreno através da interpretação da presença de água nos baixos resistivos no gráfico da relação $ab/2$ (abscissas) pela resistividade (ordenadas), que é bilogárítmico, uma vez que os dois dados são captados em logarítmicos, como por exemplo, a curva da Figura 17.

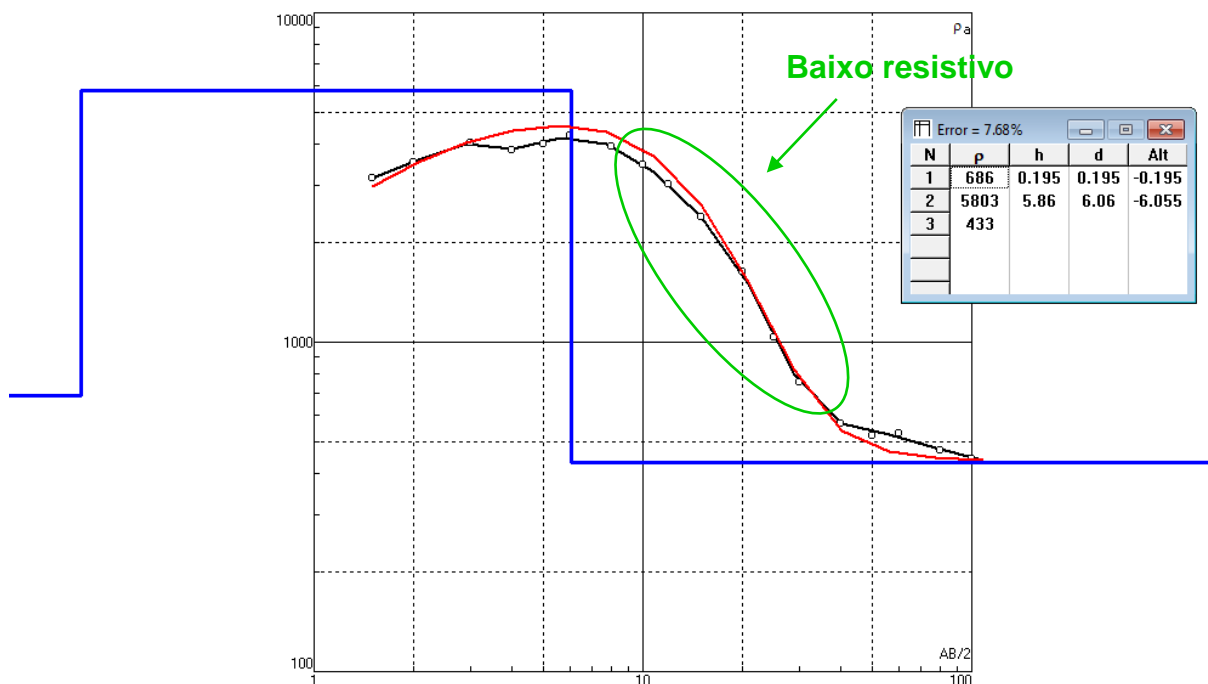


Figura 17 - Procedimento de suavização das curvas de campo (linha preta) e da curva teórica (curva vermelha) utilizando o software IPI2WIN.

4. RESULTADOS

4.1. Geoelétrica

Os levantamentos de campo primários e secundários realizados em parceria com a CORSAN geraram 19SEVs de locais distintos, e as coordenadas UTM dos pontos encontram-se no anexo I.

Realizaram-se quatro campanhas em parceria com a CORSAN para a coleta dos dados: a primeira campanha, de SEVs VIA 1 a 3 (Figura 18), foi realizada exclusivamente pela CORSAN. A segunda campanha, de SEVs VIA 4 a 13, foi realizada pela CORSAN em parceria com a UFRGS. A terceira campanha, de SEVs 14 a 17 (Figuras 19 e 20), foi realizada também pela CORSAN em parceria com a UFRGS. A quarta campanha, de SEVs VIA 1B a 4B, foi realizada com o Professor Doutor Vagner Roberto Elis, durante a realização do curso de Métodos Geoelétricos. Interpretaram-se as SEVs com o uso do Software IPI2WIN e a partir da interpolação com os poços existentes na sua proximidade correlacionados objetivando a maior correlação possível dentro do movimento migratório das dunas. Assim, foram descartadas aquelas SEVs que não obtiveram um resultado consistente com os resultados esperados para a técnica.

As SEVs da última campanha, realizadas com o Professor Dr. Vagner Roberto Elis foram realizadas segundo a disposição dos eletrodos de seis eletrodos de corrente a cada deca logarítmica, para, assim, possibilitar-se que nos primeiros metros se captassem as variações de resistividade causadas pela presença de solo e a zona de capilaridade. A metragem das sondagens encontra-se no anexo II.



Figura 18 - Levantamento dos dados no Ponto da SEV Via 1/ Via 1b.



Figura 19 - Levantamento de Campo da SEV Via 17.

Dessa forma, a SEV1 (VIA 1, VIA 3, VIA 14, VIA 1b) de UTM 6660862 m N e 512894 m E teve a sua interpretação como correlacionada ao poço de código 4300017814 do SIAGAS construído e operado pela CORSAN, em que foi possível realizar a calibragem do equipamento para o solo da região.



Figura 20 - Levantamento dos dados na SEV Via 16.

Os espaçamentos entre os eletrodos foram diferentes para cada campanha. Assim, nas três primeiras não foram identificadas as variações de comportamento do solo devido à presença de matéria orgânica, que já nas últimas SEV havia sido acompanhada, o que não gerou uma perda significativa na definição da espessura e transmissividade do aquífero para essas sondagens.

Na Figura 21, a partir da análise das curvas e com os valores de resistividade, é possível determinar que até a profundidade teórica de $AB/4$, 50 metros, há três camadas, provavelmente compostas por solo, matéria orgânica, uma areia mais seca e, próximo aos 5 metros de profundidade, inicia-se a camada menos resistiva, que contém água. O caimento da curva torna-se constante, o que inviabiliza a determinação da base dessa camada. Assim sendo, não é possível determinar a espessura nem a transmissividade desse ponto.

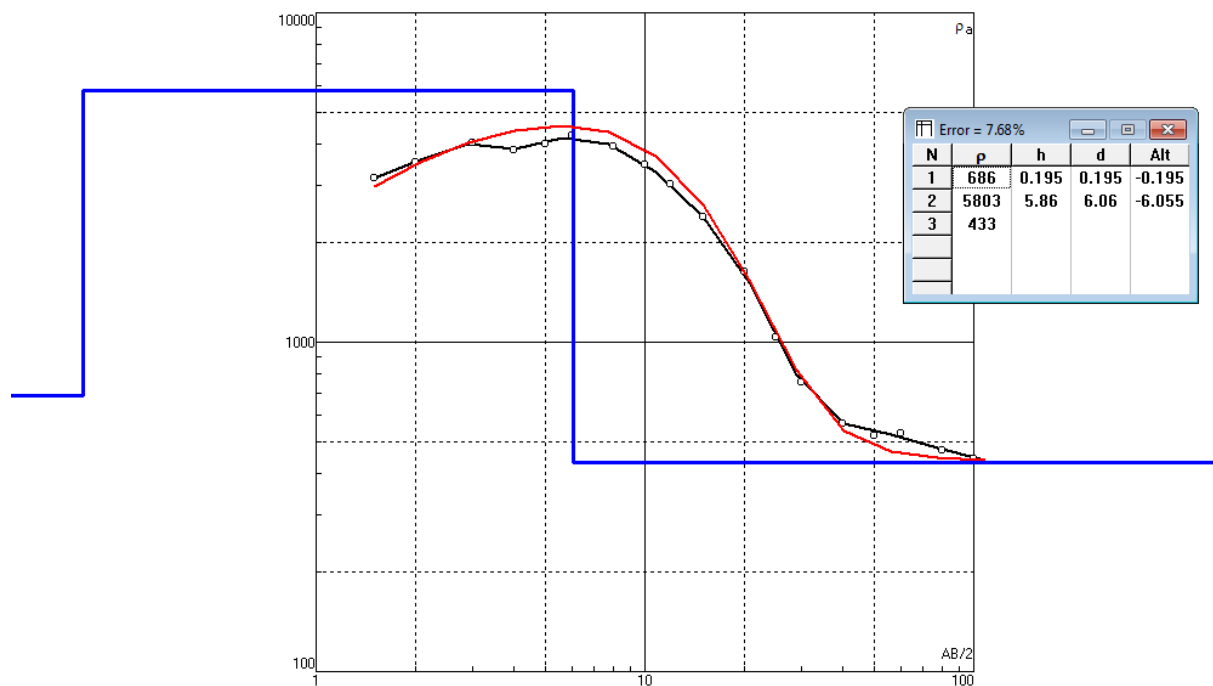


Figura 21 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 1B com o uso do IPI2WIN. Em preto a curva com os dados de campo e em vermelho a curva teórica suavizada. Em azul a discriminação das camadas calculadas.

A partir da interpretação da SEV VIA 4, foi possível definir osprováveis topo e base do aquífero, que se encontram, respectivamente, a 38 metros e a 95 metros de profundidade(Figura 22).

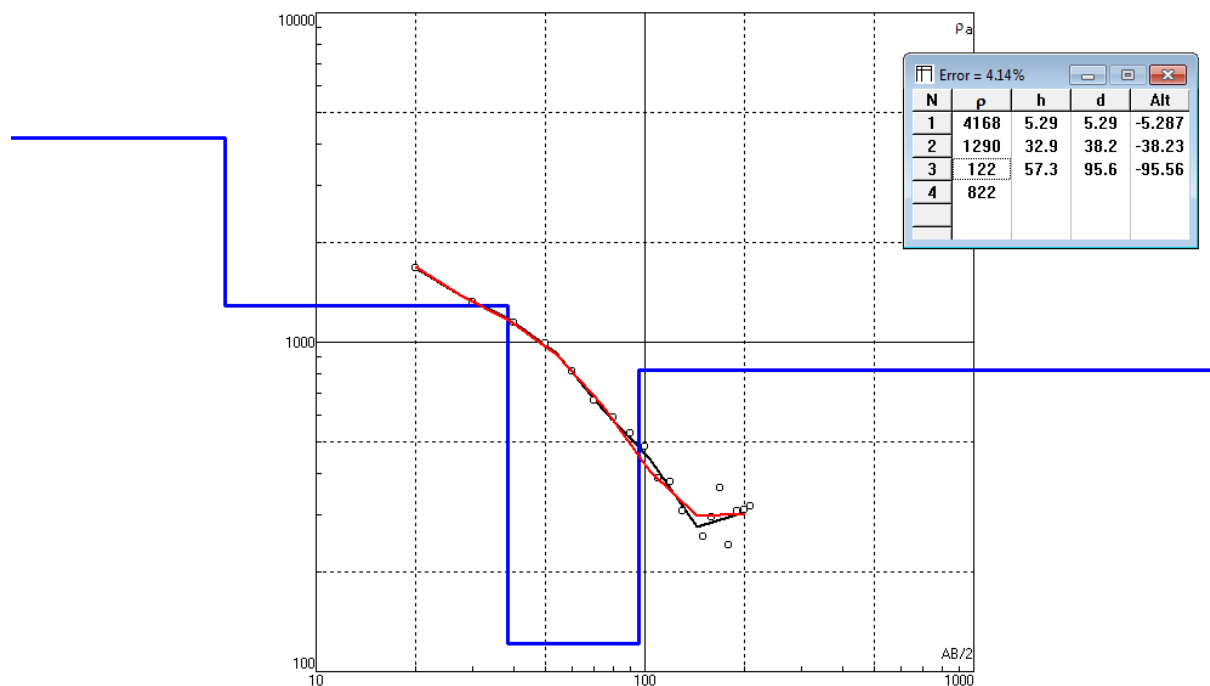


Figura 22 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 4 com o uso do IPI2WIN.

A SEV VIA 6 (Figura 23) A SEV VIA 6 não apresenta grandes contrastes de valores de resistividade o que pode gerar um erro quanto topo do aquífero, desta forma o seu topo não foi estipulado. Sua base encontra-se a 21 metros de profundidade. O que indica ausência de homogeneidade dentro do aquífero para a Formação da Barreira I.

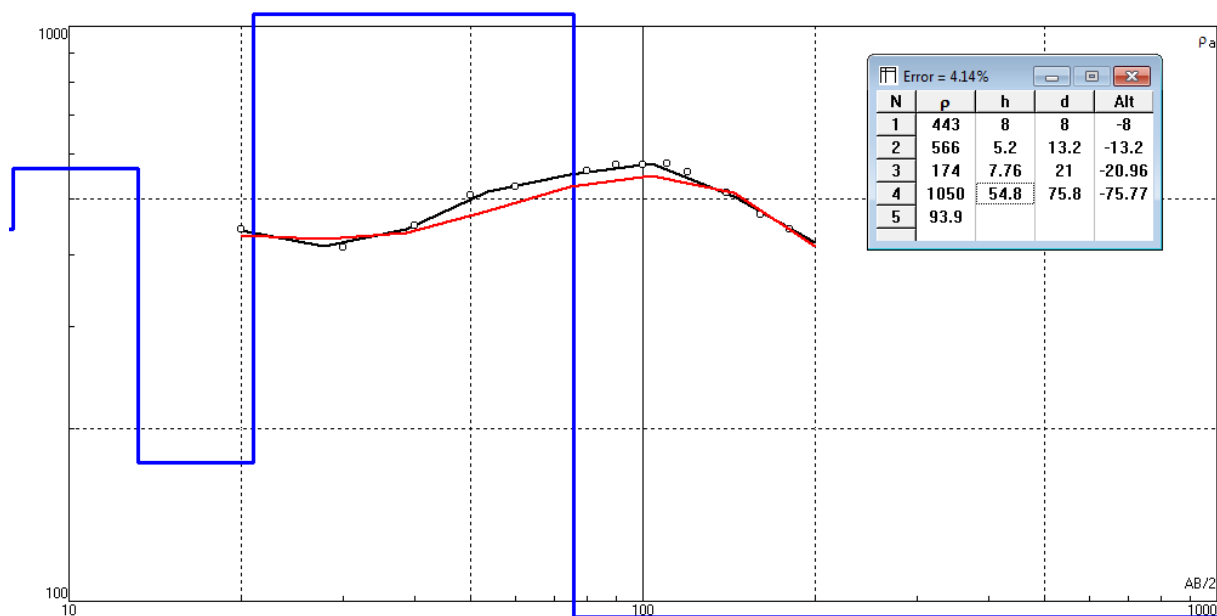


Figura 23 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 6 com o uso do IPI2WIN.

A SEV VIA 7 (Figura 24) demonstra que, neste ponto, há 4 camadas e a base do aquífero encontra-se em profundidades próximas aos 57 metros, enquanto o topo do aquífero situa-se aos 17 metros.

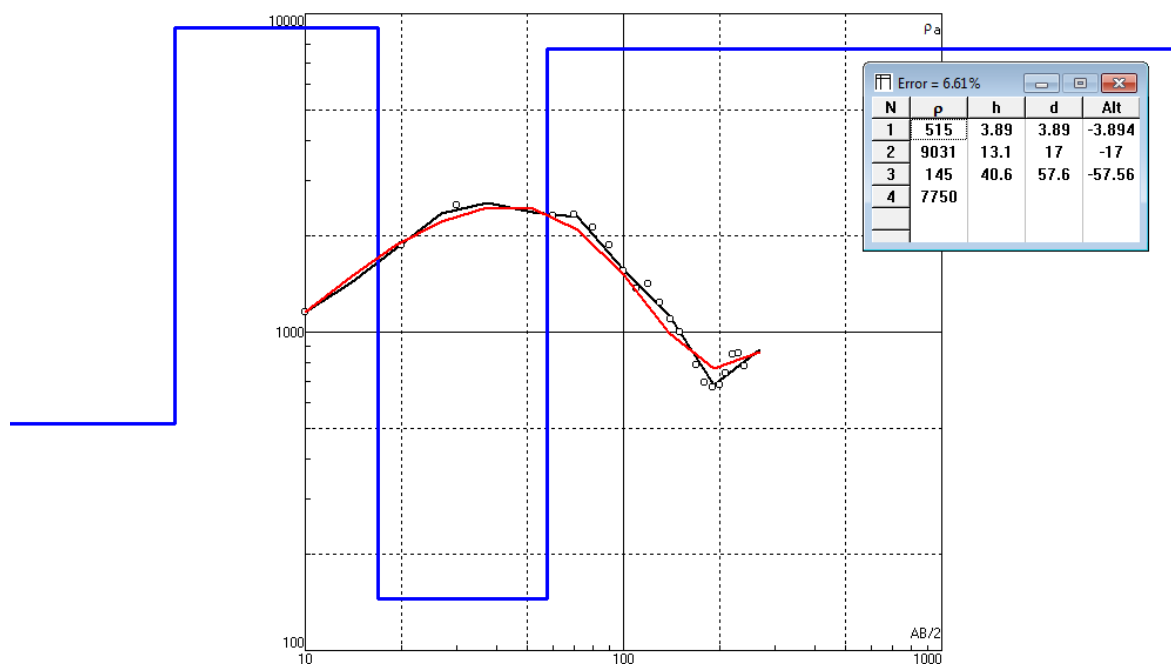


Figura 24 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 7 com o uso do IPI2WIN.

A SEV VIA 8 (Figura 25) indica que a profundidade inicial do aquífero é próxima aos 50 metros e aos 100 metros ainda não se chegou à profundidade de base do aquífero. Desta forma, a espessura do aquífero neste ponto ultrapassaria os 50 metros. Entretanto, devido à ausência de uma camada resistiva que indique a base, inviabiliza-se o cálculo da transmissividade.

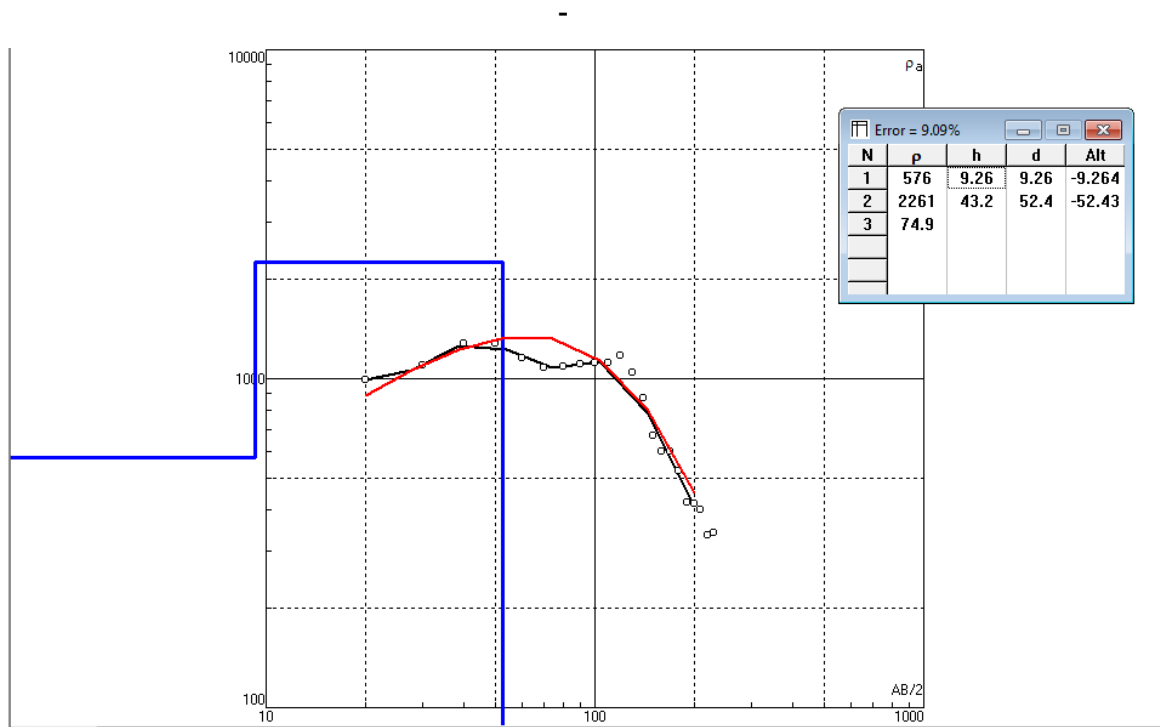


Figura 25 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 8 com o uso do IPI2WIN.

A SEV VIA 14 (Figura 26) mostra os possíveis topo e base do aquífero nas profundidades de 17 metros, indo até 38 metros de profundidade para encontrar sua base. Esta SEV permitiu o cálculo de transmissividade para esse ponto.

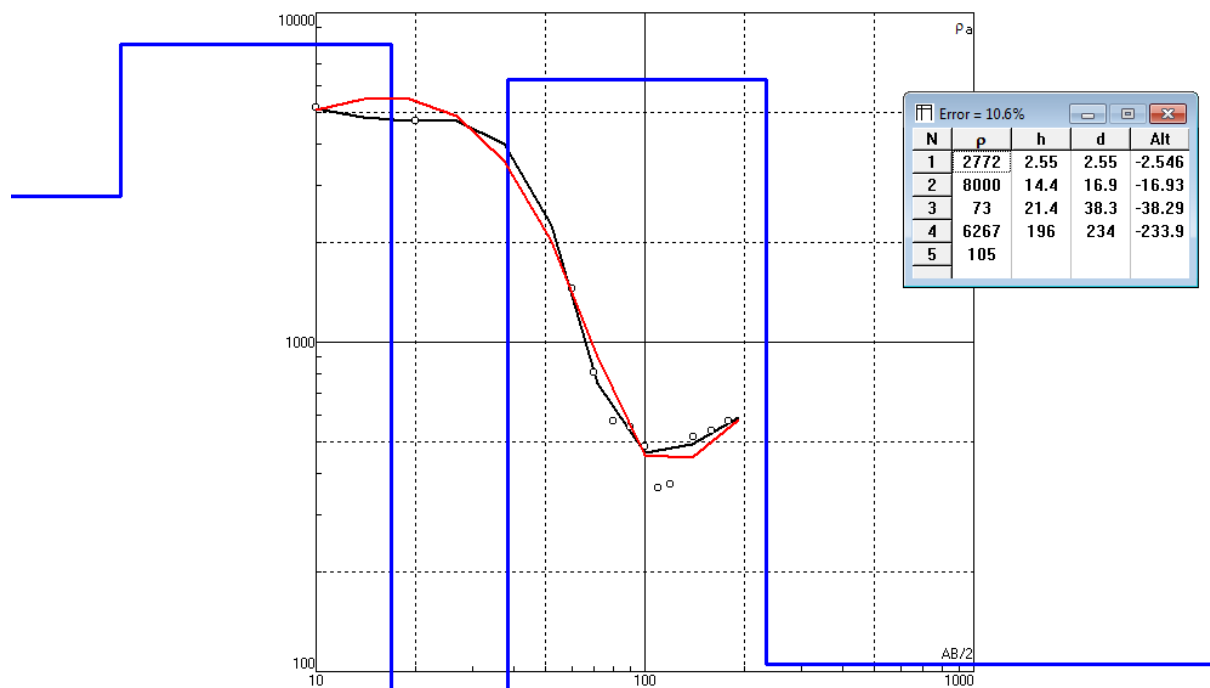


Figura 26 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 14 com o uso do Software do equipamento.

A SEV VIA 16 (Figura 27) apresenta resistividades compatíveis com a camada saturada desde a segunda camada. Ou seja, o aquífero nessa região encontra-se aflorante, apesar de conter uma camada que provavelmente contém argila, a camada três. Abaixo da camada de argila há uma camada pouco resistiva, o que indica que essa argila pode ser uma lente, ou uma concreção de laterita localizada, e que o aquífero pode continuar abaixo dela.

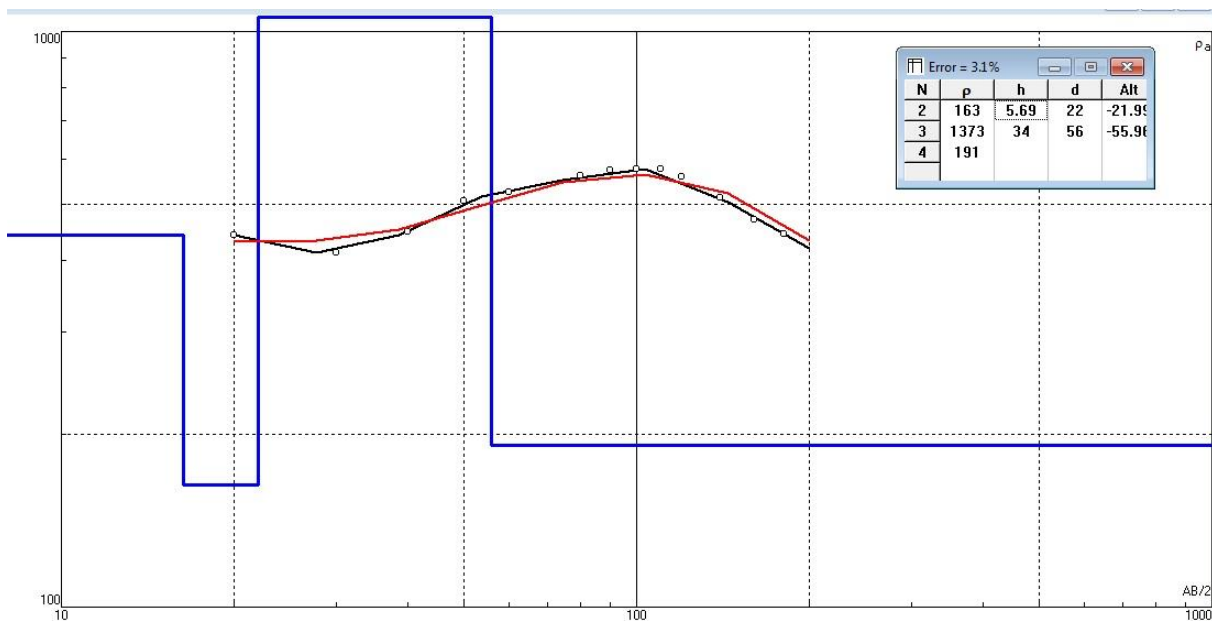


Figura 27 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 16 com o uso do IPI2WIN.

A curva da SEV VIA 17 (Figura 28) apresenta um declínio, indicando o início da camada saturada próximo aos 56 metros de profundidade, não sendo encontrado para essa SEV o final da camada.

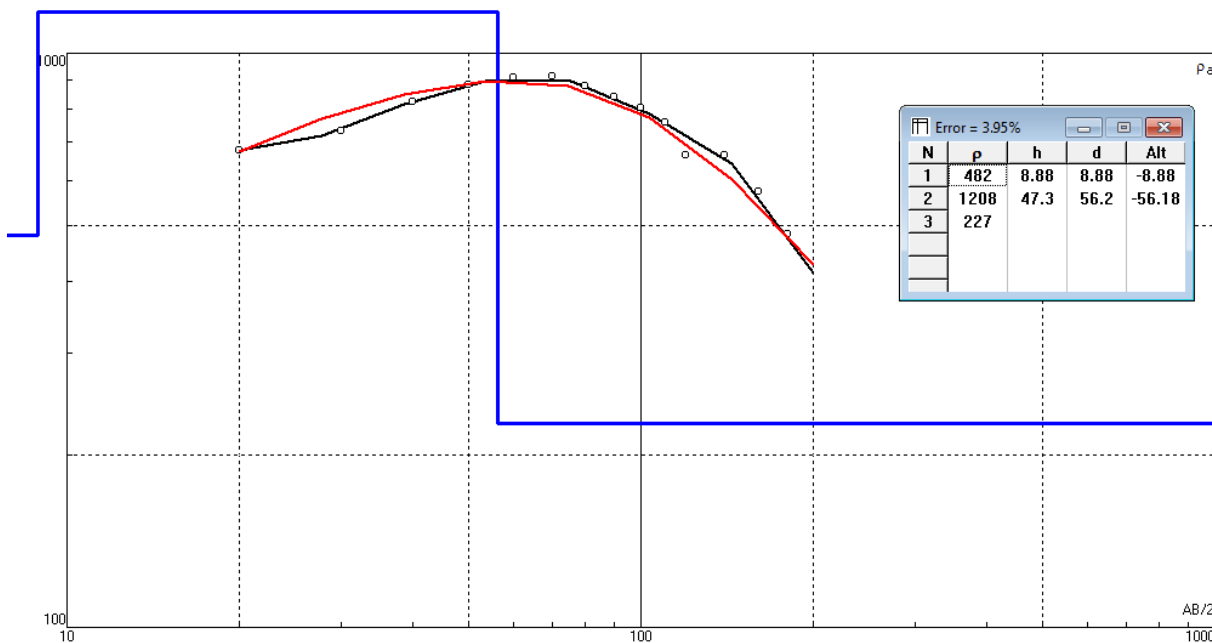


Figura 28 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 17 com o uso do IPI2WIN.

A Figura 29 mostra a SEV VIA 2b, que apresenta o início do aquífero bem próximo à superfície, aos 3,42 metros de profundidade. O solo nesses 3 primeiros metros demonstra comportamento muito resistivo.

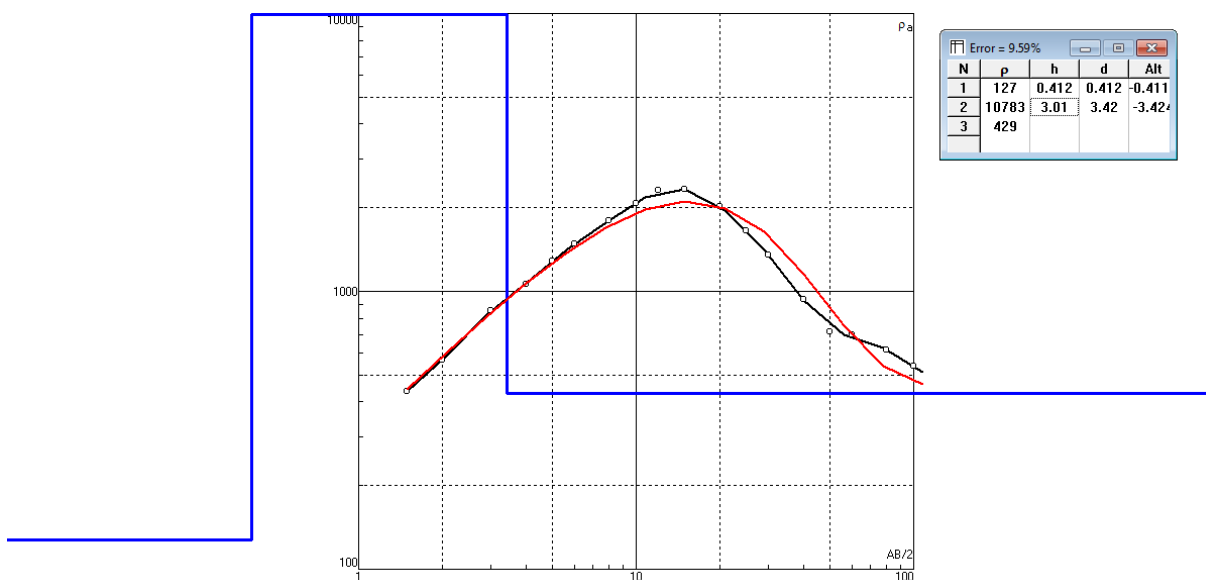


Figura 29 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 2b com o uso do IPI2WIN.

A SEV VIA 3b (Figura 30) apresenta os prováveis topo e base do aquífero para as profundidades de 11 metros e 20 metros de profundidade respectivamente.

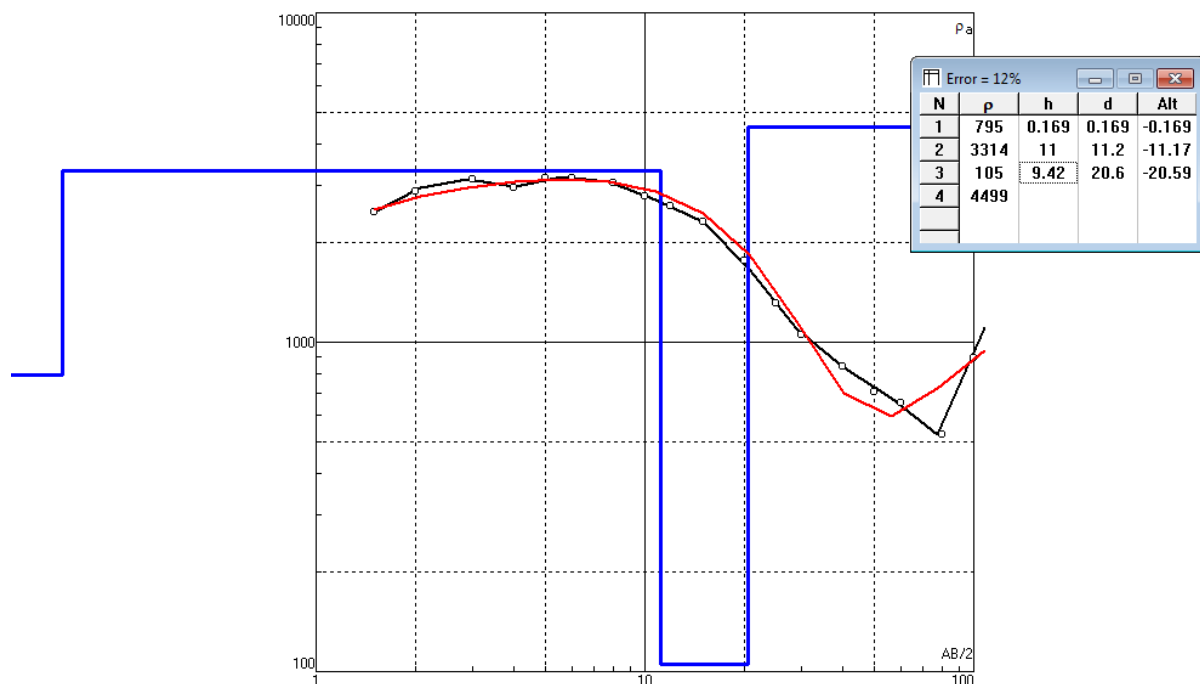


Figura 30 - Curva e dados de eletrorresistividades da SEV VIA 3b com o uso do IPI2WIN.

A partir da relação direta para aquíferos porosos da transmissividade e condutividade hidráulica, chegou-se aos valores de espessura (E) e resistência transversal correlacionável a transmissividade (T) para os pontos de SEV estudados de:

SEV 4 – 57,3 metros de espessura e ~6990,6 Ohm.m² de resistência transversal correlacionável a transmissividade.

SEV 7 – 40,6 metros de espessura e ~6932 Ohm.m² de resistência transversal correlacionável a transmissividade.

SEV VIA 14 – 21,4 metros de espessura e ~1562,2 Ohm.m² de resistência transversal correlacionável a transmissividade.

SEV VIA 3b – 39 metros de espessura e ~4950 Ohm.m² de resistência transversal correlacionável a transmissividade.

4.2. Difratometria

A difratometria indicou a presença das ilitas na amostra calcinada, ilita e caolinita nas amostras glicolada e natural para os sedimentos a 24 metros de profundidade, conforme Figura 31.

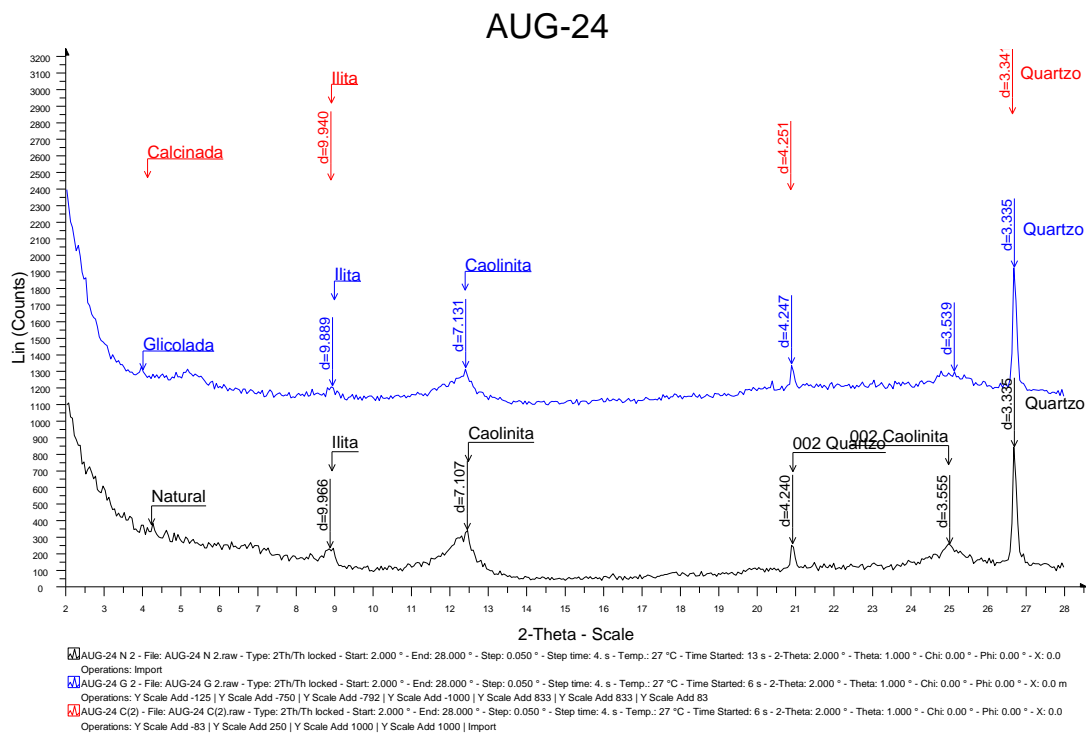


Figura 31 - Resultado da difratometria para a amostra a 24 metros de profundidade.

A amostra dos sedimentos que ocorrem em profundidade de 42 metros apresentou ilitas na amostra calcinada, ilita e caolinita nas amostras glicolada e natural para os sedimentos a 24 metros de profundidade, conforme Figura 32.

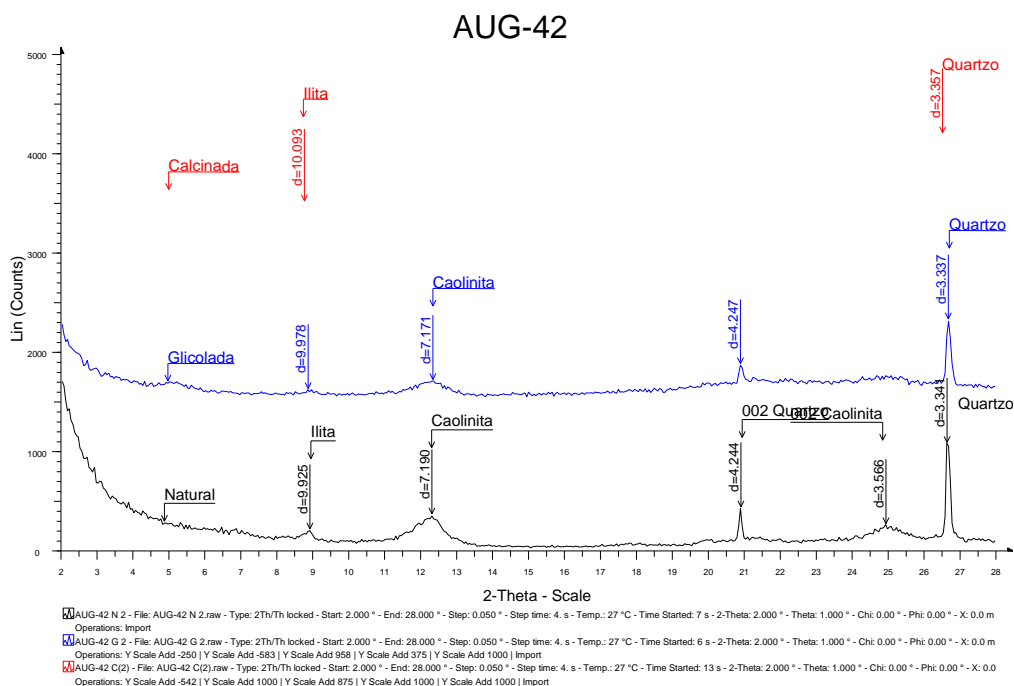


Figura 32 - Resultado da difratometria para a Amostra a 42 metros de profundidade.

Os sedimentos da amostra de 90 metros de profundidade obtiveram picos equivalentes a ilitas na amostra calcinada e ilita e caolinita nas amostras glicolada e natural, conforme Figura 33.

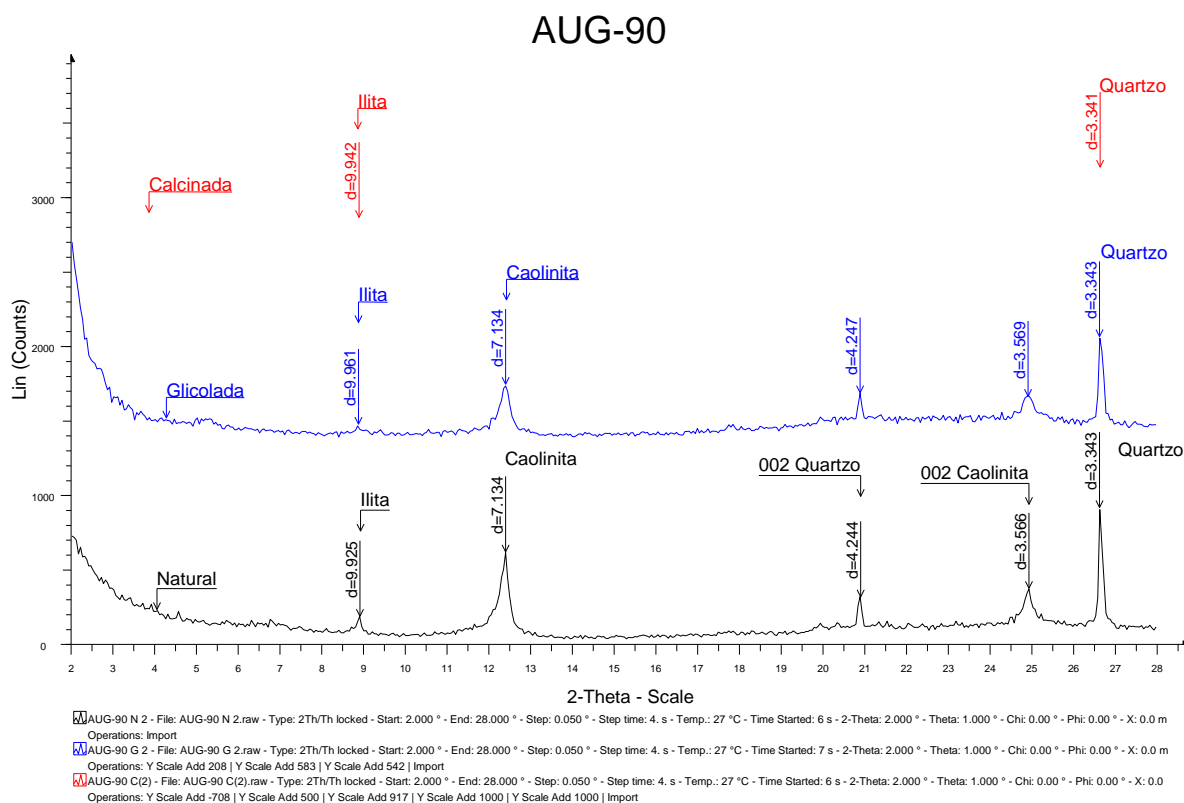


Figura 33 - Resultado da difratometria para a amostra a 90 metros de profundidade.

5. DISCUSSÃO

Diversos autores, como os citados nos capítulos anteriores deste trabalho, comprovam que estimativas das propriedades geoeletricas podem ser determinadas em superfície e fornecem informações a respeito do topo e base de aquíferos. No entanto, os aquíferos estudados por estes autores são pouco espessos e bastante homogêneos, ao contrário do ACL. Dessa forma, neste trabalho, lançamos o desafio de determinar os parâmetros geoeletricos do ACL e estabelecer uma correlação entre as diferentes SEVs através da determinação do topo e base do aquífero.

Para tanto, foram utilizadas 19 SEVs realizadas próximas aos poços previamente selecionados. Além dos dados prévios, foram realizadas medidas de difratometria de raio X em amostras representativas no intuito de melhor entender a composição das argilas que constituem as diferentes camadas. Estes dados são importantes para interpretar os valores de resistividade aparente obtidos pelo modelo.

Ao se analisar o gráfico manipulado pelo software IPI2WIN da SEV VIA 1B (Figura 21), foi possível interpretar um baixo resistivo (433 ohm.m) no modelo geofísico que possivelmente identifica o aparecimento da zona saturada. Comparam-se os dados obtidos, então, ao modelo geológico descrito pelo site do SIAGAS, que identifica a camada que contém água em condição de saturamento na profundidade de 5,48 metros no nível estático. A SEV identificou o início dessa camada aos 5 metros de profundidade, obtendo, assim, uma boa correlação com o início do baixo resistivo. Porém, a análise comparativa dos dados das difrações com a SEV não foi viável, uma vez que a SEV realizada no local que chegou a profundidades compatíveis com as amostras que tiveram difração mostrou-se insatisfatória, pois os dados de eletrorresistividade da SEV não apresentam um comportamento em forma de curva, mas uma nuvem de dados que compromete a fidedignidade. Assim, as argilas que passaram por difratometria e deveriam ser correlacionadas à SEV não o foram, pois a SEV que obteve um dado satisfatório não alcançou profundidade que a fizesse correlacionável.

Ao tentar correlacionar as Sondagens com os poços, foi possível identificar um padrão em que o topo da camada saturada tende a ficar mais próximo da

superfície na região central de oeste para leste. Os poços do SIAGAS códigos 4300009466, 4300009461, 4300021908 (Anexo III) indicam um nível estático por volta dos 20 metros, enquanto as sondagens SEV VIA 4, VIA 2B E VIA3B (Figuras Figura 22, Figura 29, e Figura 30) indicam que a camada saturada inicia-se próximo aos 10 metros de profundidade e, ainda mais para sudeste, o poço do SIAGAS código 4300017814 indica a presença de água próximo aos 5 metros de profundidade. Ou seja, a decisão da locação do poço, aliada a mais estudos quanto a sua capacidade específica pode obedecer a este padrão na região central do ACL.

A SEV 7 (Figura 24), que se deveria correlacionar com o poço de código do SIAGAS 4300022296 (Anexo III), em que o nível estático aparece aos 7 metros de profundidade, não apresentou boa resposta com o método geoeletrico, uma vez que a camada pouco resistiva encontra-se a 57 metros de profundidade. Contudo, a provável profundidade elevada dessa SEV para análise da camada saturada deve advir da separação inicial dos eletrodos, que não permitiu que a variação de eletrorresistividade inicial fosse captada. Por isso a importância da distância dos eletrodos obedecerem a um número mínimo por deca logarítmica. Desta forma, é possível que a base do aquífero esteja próxima aos valores obtidos nessa SEV, embora o seu topo não seja possível estimar. Devido a isto, a interpretação do solo ficou prejudicada nas primeiras coletas de dados, já que o espaçamento dos eletrodos não permitiu que a variação de eletrorresistividade do solo, devido à presença de matéria orgânica, fosse propriamente captada. Dessa forma, para a interpretação desses gráficos, lançou-se mão somente dos dados referentes à profundidade do solo.

As sondagens elétricas foram correlacionadas primeiramente com os dados de poços segundo o sentido preferencial de migração das dunas, sudoeste. Contudo, desta correlação percebeu-se inexistir clareza, sendo inviável a formação de um modelo para a região.

A amostra de calha dos poços existentes na área diverge das descrições presentes no banco de dados do SIAGAS. Assim sendo, é difícil estabelecer correlação direta do dado geofísico com o dado direto, constatada a inconfiabilidade do dado. Sendo assim, não foram colocadas as possíveis estratigrafias para as diferentes resistividades, visto que não há um padrão estabelecido para variações pequenas de granulometria, mas somente o comportamento da camada saturada.

Ao se compararem os valores obtidos de transmissividade com os valores da Tabela 3, pode-se ver que os poços apresentam transmissividade variante de 10^1 a 10^2 , compatível com um aquífero de muito alta produtividade, conformando-se, segundo classificação de Diniz (2012), à classe 1, com fornecimento de água de importância regional (abastecimento de cidades e grandes irrigações). Equipara-se, assim, a aquíferos que se destacam em âmbito nacional, ou seja, tratar-se-ia de aquífero apto ao fornecimento de água para abastecimento público das cidades, ainda que se façam necessários estudos aprofundados de capacidade específica, que é a norma pela qual essa tabela, de fato, avalia a produtividade.

As argilas que foram identificadas na difração não são pertencentes ao sistema de deposição e sim são provavelmente diagenéticas porque ficam de acordo com trabalhos anteriores publicados na área de Tomazzeli e Villwock (2000).

Este trabalho mostrou que o método da eletroresistividade é bastante eficiente para a determinação da base e topo do ACL. Além disso, os dados geofísicos integrados à dados de geologia através do SIAGAS permitiu avaliar a distribuição espacial das áreas mais favoráveis para extração de água do ACL. No entanto, para um levantamento mais regional serão necessários um maior número de SEVs espelhadas ao longo da área estudada, para que, dessa forma, seja possível uma análise quantitativa e distribuição espacial do aquífero. E assim, construir um modelo completo do ACL.

6. CONCLUSÕES

O conjunto de dados levantados e os resultados obtidos através de ensaios geofísicos aliados ao estudo das características geológicas e hidrogeológicas da área, possibilitam avaliar o Aquífero Coxilha da Lombas (ACL) no município de Viamão, RS.

O uso do método geofísico de eletrorresistividade para o Aquífero Coxilha das Lombas, apesar de teoricamente não poder ser plenamente aplicado, devido ao baixo tempo de permanência dessas águas (o que ocasiona uma baixa concentração de sais, que, por sua vez, culminam em uma baixa condutividade elétrica), não encontrou obstáculos para a realização do modelo dentro das SEVs. Isto porque o modelo foi calibrado a partir de uma SEV em que já havia um poço locado da CORSAN já muito estudado e com a sua geologia bem determinada. Ao se comparar e chegar a um resultado satisfatório quanto ao nível d'água para a ponto do poço de código do SIAGAS 4300017814, chega-se ao ponto de que a técnica utilizada rendeu um resultado satisfatório. Contudo, para a correlação em linhas, é necessário acompanhar a variação lateral desse aquífero através do caminhamento elétrico.

A partir da interpretação dos dados levantados em campo, viu-se que o comportamento da camada é disforme mesmo ao longo do eixo NE-SW, que é o sentido migratório preferencial das dunas. Desta forma, este corpo não apresenta uma continuidade lateral expressiva, apesar de aparecer como fonte de água de boa qualidade e com alto potencial, sendo impossível sua estimação em quantidade pelo dimensionamento total do corpo aflorante dos depósitos eólicos da Barreira I. Ainda, há um padrão na região central do Aquífero que mostra o nível estático variando de 20 a 5 metros de profundidade de oeste para leste, que merece mais estudos.

Os pontos que tiveram a transmissividade mensurada obtiveram bons valores se comparados à tabela de Diniz (2012). Dessa forma, elas podem ser usadas como guia para um estudo mais aprofundado que meça de fato a capacidade específica dos poços locados nesses pontos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. 2016. **Dados Pluviométricos Estação 03050008 - Lombas**. Hidroweb, ANA – Brasília, 2016.
- Arient, L.M. 1986. **Evolução Paleogeográfica da Bacia do Rio Gravataí**. Curso de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. 182p.
- Borges, W.R., 2002. **Investigações geofísicas na borda da bacia sedimentar de São Paulo, utilizando-se GPR e eletrorresistividade**. Cap.2. USP, São Paulo, 2002.
- BRAGA, Antonio Celso de Oliveira. **Métodos Geométricos em Hidrogeologia**. Oficina de Textos, São Paulo, 2016.
- BRASIL, 2006. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. **Moção nº 38**, de 7 de dezembro de 2006. Recomenda a adoção do Sistema de Informação de águas Subterrâneas – SIAGAS pelos Órgãos gestores e os usuários de informações hidrogeológicas.
- Collischonn B. Kirchheim R. 2006. **Quantificação da Recarga e das Reservas do Aquífero Coxilha das Lombas (RS) Através de Balanço Hídrico**. In: Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas, Anais, ABAS 2006. São Paulo.
- CORSAN. Companhia Riograndense de Saneamento. (2014). **Relatório Técnico Sobre o Aquífero Coxilha das Lombas**. Porto Alegre, CORSAN.
- CPRM. 2005. **Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Escala 1:750.000.
- DINIZ, J.A. Oliveira, 2012. **Proposta Metodológica para Elaboração de Mapas Hidrogeológicos**. Recife. CPRM In: Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas, 2012. Bonito, MS. Anais. ABAS.
- Freitas, M.A., Costa, C. T., Tedesco, M. A., Castro, M. A. H., 2002. **Estudo do Comportamento e potencialidade do aquífero relacionado à barreira marinha em Viamão – RS utilizando modelagem computacional**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Anais ABAS. 2002, São Paulo.
- Oliveira A. M. S, Brito S. N. A., editores. **Geologia de Engenharia**. Vários Autores. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.
- Governo do Estado do Rio Grande do Sul(2008). **Relatório Anual sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul**. In SEMA. Porto Alegre ,Ed. 2007/2008.
- Hausman, 1995. **Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul – RS**. São Leopoldo. Acta Geológica Leopoldensia, série mapas, mapa nº2, 127 p.
- Herlinger, R. Jr., Viero, A. P., 2004. **Estimativa da Recarga do Aquífero Coxilha das Lombas Através do Método Balanço de Cloretos**. In: Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas, 2004, São Paulo. Anais. São Paulo, ABAS.
- Lima S.F. Almeida L.E.S.B. Toldo Jr. E.E.. 2001. **Estimativa da capacidade do transporte longitudinal de sedimentos a partir de dados de ondas para a costa do Rio Grande do Sul**. Pesquisas em Geociências, Porto Alegre, 28(2):99-107.
- RIO GRANDE DO SUL, 1994. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Lei 10.350**. de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.

RIO GRANDE DO SUL, 2011. Secretaria Estadual do Meio Ambiente **Resolução 91** de 17 de agosto de 2011. Aprova os critérios para o uso de recursos hídricos e as vazões de derivação abaixo das quais a outorga poderá ser dispensada.

Rubbo, M. 2004. **Análise do Potencial Hidrogeológico do Aquífero Cenozóico da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí** – RS. Porto Alegre, 2004.

SENNÁ, Juliano Alves. **Caracterização de argilo-minerais de utilização na indústria cerâmica por espectroscopia de reflectância**/ Juliano Aves de Senna -Campinas, SP.: [s.n], 2003.

Tomazelli, L. J. e Villwock, J. A. (2000). **O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira**. In: Holz, M. e De Ros, L.F. (Ed.). Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS.

Tomazelli, L.J. **O Regime dos Ventos e a Taxa de Migração das Dunas Eólicas Costeiras do Rio Grande do Sul**, Brasil, Pesquisas, 20(1): 18-26.

Tomazelli, L.J. Villwock, J.A., 2000. **O cenozoico Costeiro do Rio Grande do Sul**. In: Holz, M. De Ros, L. F. (eds). Geologia do Rio Grande do Sul. P.375 -406.

Villwock J. A., Tomazelli L. J, Loss E. L., Deinhard E.A. Horn Filho N.O. Bachi F.A. Denhardt B.A..1986. **Geology of the Rio Grande do Sul coastal province**. In: J. Rabassa (ed.). Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. Rotterdam, 4:79-97.

Villwock J.A. & Tomazelli L.J. 1995. **Geologia costeira do Rio Grande do Sul**. Notas Técnicas, Porto Alegre, 8:1-45.

ANEXOS

Anexo I

Tabela das Coordenadas UTM das Sondagens Elétricas Verticais

Tabela 4 – Tabela das Coordenadas das Sondagens.

Coordenadas UTM (Sirgas 2000) das Sondagens elétricas verticais Fuso 22J		
SEV VIA 1 B	6660862 m N	512894 m L
SEV VIA 2	6665301 m N	517448 m L
SEV VIA 2 B	6662774 m N	515063 m L
SEV VIA 4B	6662521 m N	514333 m L
SEV VIA 5	6662637 m N	514125 m L
SEV VIA 6	6663431m N	515506 m L
SEV VIA 7	6664070 m N	511319 m L
SEV VIA 8	6665677 m N	513918 m L
SEV VIA 9	6663946 m N	514324 m L
SEV VIA 10	6666243 m N	507848 m L
SEV VIA 11	6663015 m N	510623 m L
SEV VIA 12	6664684 m N	508013 m L
SEV VIA 13	6663766 m N	509237 m L
SEV VIA 16	6670462 m N	518285 m L
SEV VIA 17	6670019 m N	519523 m L

Anexo II
Dados das Sondagens Eléctricas Verticais

Tabela 6 - Valores das SEVs utilizadas.

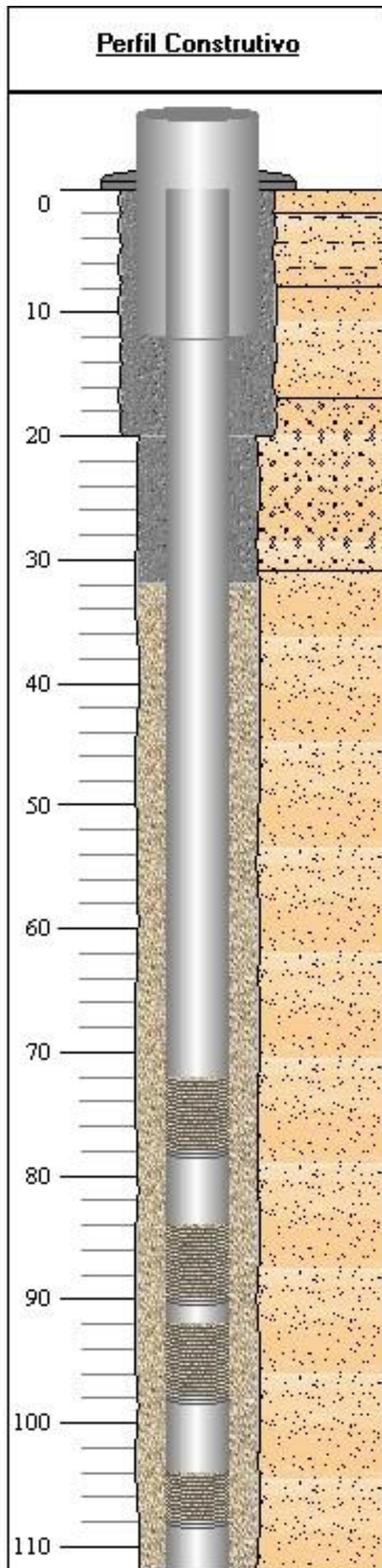
Sondagens Elébricas Verticais Utilizadas no trabalho											
SEV VIA 7				sev VIA 8				sev VIA 16			
ab/2	MN/2	K	Rho	ab/2	MN/2	K	Rho	ab/2	MN/2	K	Rho
10	2		1151.74	20	1		991.47	20	6		442.60
20	2		1876.09	30	1		1096.52	30	6		413.24
30	2		2494.80	40	1		1277.13	40	6		449.61
40	2		1966.11	50	1		1278.36	50	6		508.15
60	2		2319.79	60	1		1151.29	60	6		526.05
70	2		2331.07	70	1		1083.19	70	6		1247.93
80	2		2128.52	80	1		1087.71	70	12		1247.93
90	2		1877.20	90	1		1106.38	80	12		560.87
100	2		1558.40	100	1		1115.62	90	12		574.05
110	2		1370.43	110	1		1116.07	100	12		575.50
120	2		1412.42	120	1		1172.75	110	12		577.14
130	2		1233.76	130	1		1047.46	120	12		558.26
140	2		1094.78	140	1		873.80	140	12		514.38
150	2		1001.55	150	1		672.60	140	18		514.38
160	2		2347.24	160	1		602.32	160	18		471.24
160	4		2347.24	170	1		601.33	180	18		444.38
170	4		790.08	180	1		525.76				
180	4		692.57	190	1		419.72				
190	4		669.29	200	1		415.51				
200	4		684.47	210	1		399.72				
210	4		742.95	220	1		334.40				
220	4		850.61	230	1		339.85				
230	4		855.74	240	1		520.88				
240	4		782.63	20	1		991.47				

Tabela 7 - Valores das SEVs utilizadas.

Sondagens Elétricas Verticais Utilizadas no trabalho											
SEV VIA 17				SEV VIA 1				SEV			
ab/2	MN/2	K	Rho	ab/2	MN/2	K	Rho	ab/2	MN/2	K	Rho
20	6		679.22	10	0.5		3612.95				
30	6		735.33	15	0.5		2193.23				
40	6		827.88	20	0.5		1355.96				
50	6		881.36	25	0.5		623.26				
60	6		910.60	30	0.5		588.47				
70	6		913.39	35	0.5		728.99				
70	12		910.45	40	0.5		823.41				
80	12		877.69	45	0.5		540.49				
90	12		839	50	0.5		276.34				
100	12		802.83	55	1		951.72				
110	12		756.95	50	1		276.34				
120	12		664.84	60	1		634.93				
140	12		664.82	65	1		1359.19				
140	18		664.82	70	1		2014.62				
160	18		573.89	75	1		703.90				
180	18		483.01	80	1		233.87				
				80	1.5		233.87				
				85	1.5		554.90				
				90	1.5		734.43				
				95	1.5		1130.33				
				100	1.5		1131.07				
				105	1.5		1848.69				
				110	1.5		2875.04				
				115	1.5		1896.67				

Anexo III
Dados dos Poços do SIAGAS/CPRM

Poço código SIAGAS 4300009466,



Dados Gerais:

Nome:	10838-0500/02-9
Data da Instalação:	
Proprietário:	LATASA S/A
Natureza do Ponto:	Poço tubular
Uso da Água:	Abastecimento industrial
Cota do Terreno (m):	

Localização:

Localidade:	AGUAS CLARAS
UTM (Norte/Sul):	6663098
UTM (Leste/Oeste):	511816
Latitude (GMMSS):	300948
Longitude (GMMSS):	505238
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul-Sudeste
Subbacia Hidrográfica:	Lagoa dos Patos

Situação:

Data:	17/11/2003
Situação:	Bombeando

Feição Geomorfológica:

Descrição:

Formação Geológica:

Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:
0.00	112.00	Depositos marinhos e continentais costeiros

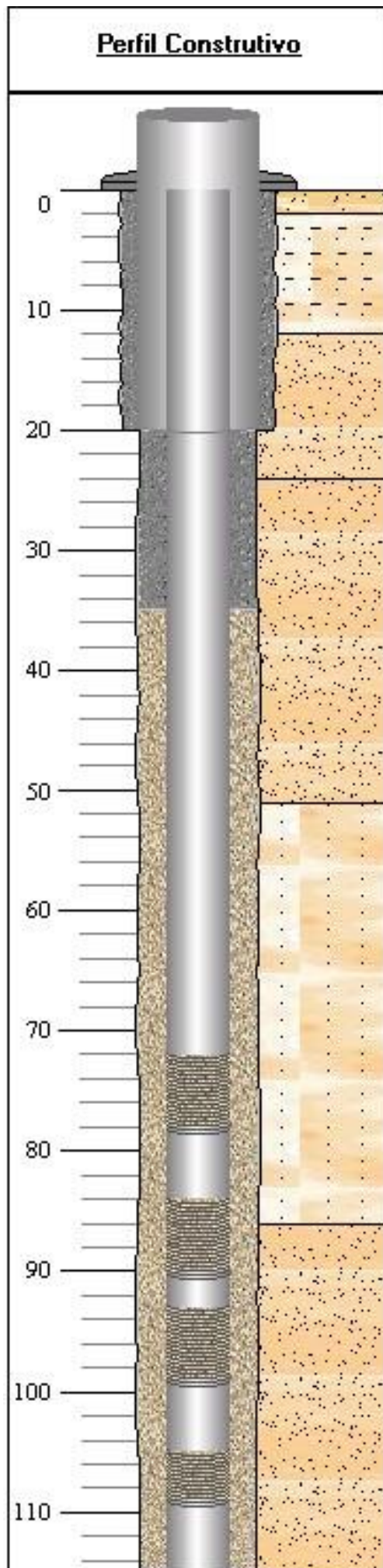
Dados Litológicos:

De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	2	Areia média	SEDIMENTO ARENOSO BEGE
2	8	Areia argilosa	SEDIMENTO ARENOSO ARGILOSO MARROM ESCURO
8	17	Areia média	SEDIMENTO ARENOSO MEDIO OCRE
17	31	Areia grossa	SEDIMENTO ARENOSO BEGE POUCO AMARELADO
31	112	Areia média	SEDIMENTO ARENOSO BRANCO A BEGE

Teste de Bombeamento:

Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
10/08/2001	N	19.60	24
Nível Dinâmico (m):	Vazão Específica (m ³ /h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m ³ /h):
30.86	5.48		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m ² /s):	Vazão Após Estabilização (m ³ /h):	Tipo do Teste:
	0.007483	61.7	Rebaixamento
Método:	Unidade:		
Theis	Bomba submersa		

Poço código SIAGAS 4300009461

**Dados Gerais:**

Nome:	10837-0500/02-6
Data da Instalação:	
Proprietário:	LATASA S/A
Natureza do Ponto:	Poço tubular
Uso da Água:	Abastecimento industrial
Cota do Terreno (m):	

Localização:

Localidade:	LATASA S/A - AGUAS CLARAS
UTM (Norte/Sul):	6662934
UTM (Leste/Oeste):	511498
Latitude (GMMSS):	300953
Longitude (GMMSS):	505250
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul-Sudeste
Subbacia Hidrográfica:	Lagoa dos Patos

Situação:

Data:	17/11/2003
Situação:	Bombeando

Teste de Bombeamento:

Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
16/08/2001	N	25.07	24
Nível Dinâmico (m):	Vazão Específica (m ³ /h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m ³ /h):
72.36	0.962		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m ² /s):	Vazão Após Estabilização (m ³ /h):	Tipo do Teste:
	0.000386	45.5	Rebaixamento
Método:	Unidade:		
Jacob	Bomba submersa		

Feição Geomorfológica:

Descrição:

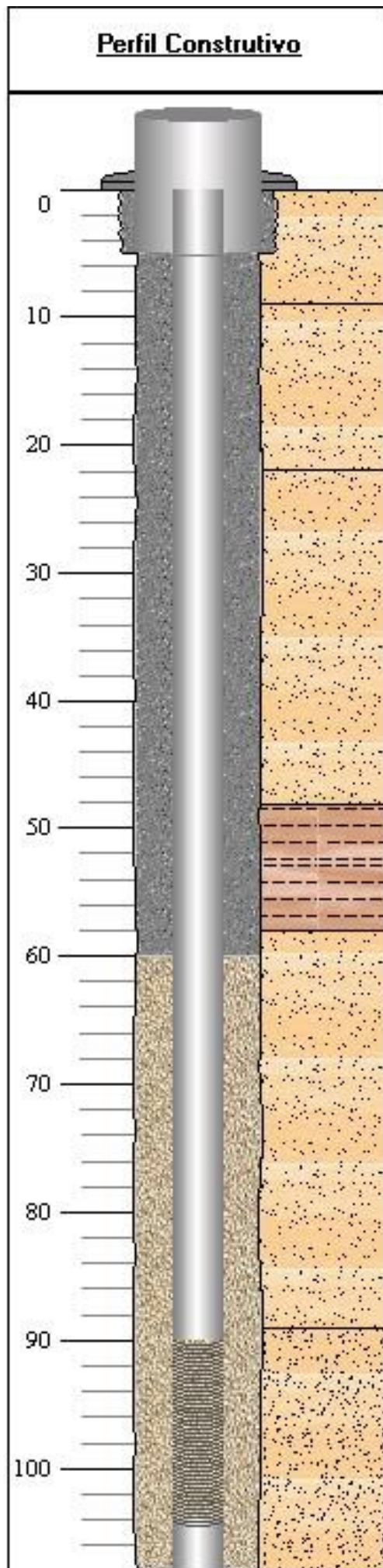
Formação Geológica:

Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:
0.00	115.00	Depositos litoraneos

Dados Litológicos:

De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	2	Solo	SEDIMENTO ARENOSO BEGE
2	12	Arenito argiloso	SEDIMENTO ARENO ARGILOSO VERMELHO ESCURO
12	24	Areia média	SEDIMENTO ARENOSO OCRE
24	51	Areia média	SEDIMENTO ARENOSO MEDIO AMARELO
51	86	Arenito médio	SEDIMENTO ARENOSO MEDIO BEGE
86	115	Areia média	SEDIMENTO ARENOSO MEDIO BRANCO

Poço código SIAGAS 4300021908

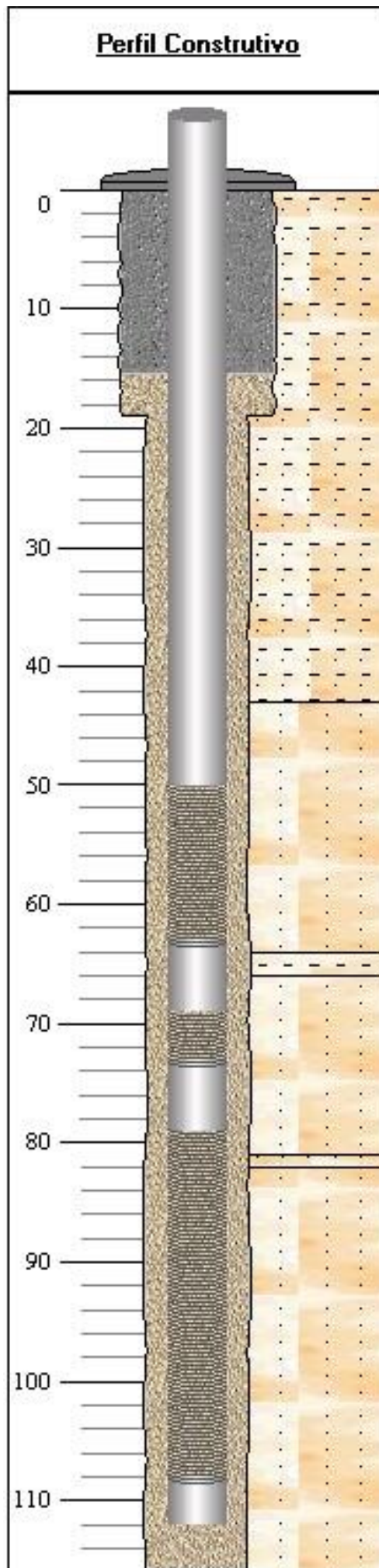


Dados Gerais:	
Nome:	2371 HIDROGEO
Data da Instalação:	
Proprietário:	JOSE FRANCISCO ALVARES RAYA
Natureza do Ponto:	Poço tubular
Uso da Água:	
Cota do Terreno (m):	
Localização:	
Localidade:	BECO DO SIMAO
UTM (Norte/Sul):	6663933
UTM (Leste/Oeste):	512362
Latitude (GGMMSS):	300921
Longitude (GGMMSS):	505218
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul-Sudeste
Subbacia Hidrográfica:	Lagoa dos Patos
Situação:	
Data:	
Situação:	

Feição Geomorfológica:			
Descrição:			
Formação Geológica:			
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:	
Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	9	Areia média	SEDIMENTO ARENOSO DE COR BEGE A OCRE
9	22	Areia média	SEDIMENTO ARENOSO COR AVERMELHADA
22	48	Areia média	SEDIMENTO ARENOSO DE COR BEGE
48	58	Argila	SEDIMENTO ARGILOSO COR AVERMELHADO
58	89	Areia média	SEDIMENTO ARENOSO DE COR AMARELADO
89	108	Areia fina	SEDIMENTO ARENOSO FINO A MEDIANO COR BRANCO

Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
14/07/2012	N	27,03	
Nível Dinâmico (m):	Vazão Específica (m ³ /h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m ³ /h):
29,75	3,676		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m ² /s):	Vazão Após Estabilização (m ³ /h):	Tipo do Teste:
		10	
Método:	Unidade:		
	Bomba submersa		

Poço código SIAGAS4300017814

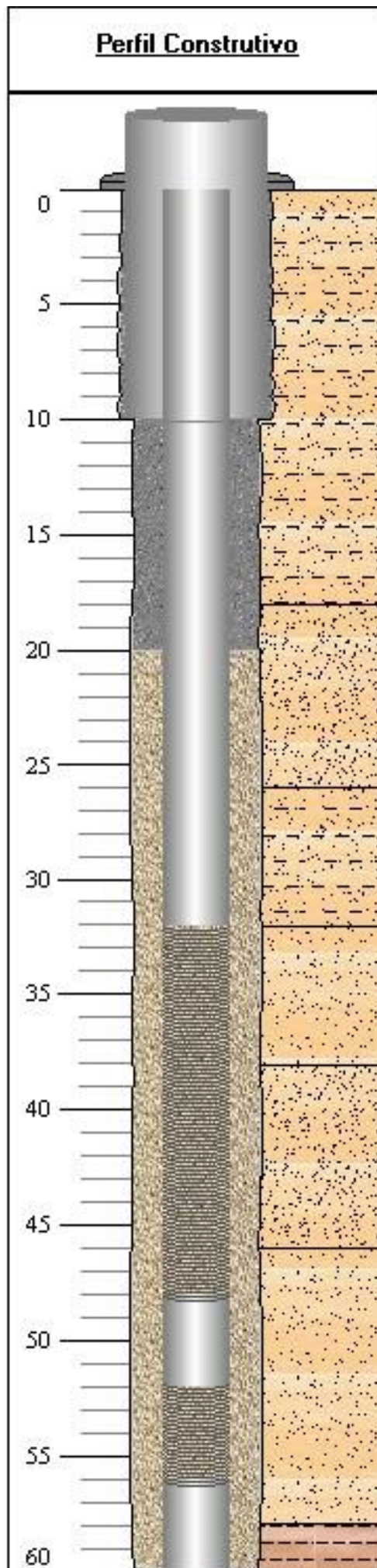


Dados Gerais:	
Nome:	COR-VIM-AGC-10
Data da Instalação:	
Proprietário:	CORSAN - COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO
Natureza do Ponto:	Poço tubular
Uso da Água:	Abastecimento urbano
Cota do Terreno (m):	35.00
Localização:	
Localidade:	AGUAS CLARAS
UTM (Norte/Sul):	6661208
UTM (Leste/Oeste):	512950
Latitude (GMMSS):	301049
Longitude (GMMSS):	505156
Bacia Hidrográfica:	Atlântico Sul-Sudeste
Subbacia Hidrográfica:	Lagoa dos Patos
Situação:	
Data:	
Situação:	

Feição Geomorfológica:			
Descrição:	Planalto		
Formação Geológica:			
Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:	
0.00	116.00	Complexo granito-gnaissico	
Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	43	Arenito argiloso	Arenito argiloso
43	64	Arenito médio	Arenito médio
64	66	Arenito argiloso	Arenito argiloso
66	81	Arenito médio	Arenito médio
81	82	Arenito argiloso	Arenito argiloso
82	116	Arenito médio	Arenito médio

Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
07/05/1998	N	5.48	24:00
Nível Dinâmico (m):	Vazão Específica (m ³ /h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m ³ /h):
19.50	8.559		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m ² /s):	Vazão Após Estabilização (m ³ /h):	Tipo do Teste:
		120	Rebaixamento
Método:	Unidade:		
	Bomba submersa		

Poço código SIAGAS 4300022296

**Dados Gerais:**

Nome:	
Data da Instalação:	
Proprietário:	CONDOMINIO GOUFE I I
Natureza do Ponto:	Poço tubular
Uso da Água:	
Cota do Terreno (m):	
Localização:	
Localidade:	RS 40 , KM 30
UTM (Norte/Sul):	6667214
UTM (Leste/Oeste):	514032
Latitude (GMMSS):	300734
Longitude (GMMSS):	505116
Bacia Hidrográfica:	Atlantico Sul-Sudeste
Subbacia Hidrográfica:	Lagoa dos Patos
Situação:	
Data:	
Situação:	

Feição Geomorfológica:

Descrição:

Formação Geológica:

Profundidade Inicial (m):	Profundidade Final (m):	Tipo de Formação:
0.00	60.00	Depositos fluvio-lagunares

Dados Litológicos:

De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	18	Areia argilosa	Areia argilosa
18	26	Areia fina	Areia fina
26	32	Areia argilosa	Areia argilosa
32	38	Areia média	Areia média
38	46	Areia fina	Areia fina
46	58	Areia média	Areia média
58	60	Argila	Argila

Teste de Bombeamento:

Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
10/01/2006	N	7.20	24
Nível Dinâmico (m):	Vazão Específica (m ³ /h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m ³ /h):
40.67	0.598		
Permeabilidade (m/s):	Transmissividade (m ² /s):	Vazão Após Estabilização (m ³ /h):	Tipo do Teste:
		20	Rebaixamento
Método:	Unidade:		
	Bomba submersa		