



Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Centro de Ciências Exatas e da Terra
Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**O SISTEMA AQUÍFERO BARREIRAS NA
REGIÃO DE PARNAMIRIM, RN: USO DAS
ÁGUAS E POTENCIALIDADES**

Dissertação nº 152/2015/PPGG

Autora:

RAFAELA DA SILVA ALVES

Orientador:

PROF. DR. JOSÉ GERALDO DE MELO

Natal, RN, agosto 2015



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Centro de Ciências Exatas e da Terra

Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

O SISTEMA AQUÍFERO BARREIRAS NA REGIÃO DE PARNAMIRIM, RN: USO DAS ÁGUAS E POTENCIALIDADES

Autora:

RAFAELA DA SILVA ALVES

Dissertação apresentada em 21 de agosto de 2015
ao Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e
Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande
do Norte, como requisito à obtenção do título de
Mestre em Geodinâmica e Geofísica na área de
concentração Geodinâmica.

Dissertação nº 152/2015/PPGG

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Geraldo de Melo (Membro Interno – PPGG/UFRN)

Prof. Dr. Mickaelon Belchior Vasconcelos (Membro Externo – CPRM)

Prof. Dr. José Braz Diniz Filho (Membro Interno – UFRN)

"Não há nada permanente, a não ser a mudança".

Heráclito

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / SISBI / Biblioteca Setorial
Centro de Ciências Exatas e da Terra – CCET.

Alves, Rafaela da Silva.

O sistema aquífero Barreiras na região de Parnamirim, RN: uso das águas e potencialidades. / Rafaela da Silva Alves. - Natal, 2015.
209 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo de Melo.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica.

1. Aquífero Barreiras – Dissertação. 2. Desenvolvimento urbano – Dissertação. 3. Potencialidades hidrogeológicas – Dissertação. I. Melo, José Geraldo de. II. Título.

RN/UF/BSE-CCET

CDU: 556.33

RESUMO

A área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi, litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte, onde está situada a cidade de Parnamirim. Abrange uma superfície de 370 Km². A expansão urbana do município de Parnamirim tem se desenvolvido de forma muito acelerada sem uma estrutura adequada, notadamente pela ausência de rede esgotos, com riscos de contaminação das águas subterrâneas podendo causar sérios danos à saúde da população. As águas subterrâneas do Sistema Aquífero Barreiras na área de interesse constituem a principal fonte de suprimento hídrico das populações urbanas e rurais. O uso da água subterrânea é feito sem planejamento adequado e, assim, importantes áreas de recarga estão sendo ocupadas. O presente estudo foi desenvolvido para a quantificação do uso e avaliação das potencialidades das águas subterrâneas, tendo em vista o aumento da oferta de água de boa qualidade e com menores riscos de serem afetadas por atividades contaminantes. Com estes objetivos, foram desenvolvidas as seguintes atividades: cadastro de 268 pontos d'água; caracterização da litologia, espessuras e estrutura hidrogeológica do aquífero Barreiras, com base na correlação de perfis de poços; e, avaliação de parâmetros hidrodinâmicos do aquífero, a partir da interpretação de resultados de testes de bombeamento de poços. Verificou-se que a espessura saturada cresce de oeste para leste em direção ao mar, com valores que variam de 15,47 a 56,5 m, com média de 32,45 m. Os parâmetros hidrodinâmicos, obtidos com aplicação do método de Cooper-Jacob, foram: transmissividade média de $5,9 \times 10^{-3}$ m²/s e a condutividade hidráulica média de $2,82 \times 10^{-4}$ m/s. A porosidade específica é de 15%, obtida com aplicação da equação Biecinski. O mapa potenciométrico mostra a direção principal do fluxo subterrâneo, de oeste para leste, e permite identificar as zonas de recarga correspondentes a região dos tabuleiros do "Barreiras". Os vales dos rios referem-se às zonas de descarga do sistema aquífero. A Recarga foi estimada em 253 mm/ano, que corresponde à taxa de infiltração de 16,4%.

Palavras-chave: Aquífero Barreiras; Desenvolvimento urbano; Potencialidades hidrogeológicas.

ABSTRACT

The study area is within the Pirangi River Basin, eastern sector of Rio Grande do Norte state, where is located of the Parnamirim city. It has an area of approximately 370 km². Urbanization has developed much fast without an appropriate infrastructure, mainly by the lack of sewage systems, with risks of contamination of groundwater that may cause serious damage to the health of the population. The Barreiras Aquifer System groundwater in the area represents the main source of water supply for urban and rural populations. The use of groundwater occurs without adequate planning and therefore, important recharge areas are being occupied. This study was conducted to quantify the use and evaluation of the potential of groundwater, in order to increase good water quality supply and lower risks of being affected by polluting activities. With these objectives, the following activities were carried out: 268 points of water have been registered; characterization of the lithological, thickness and hydrogeological structure of the Barreiras aquifer, based on the correlation of well logs; and evaluation of hydrodynamic parameters of the aquifer, from the interpretation of results well pumping tests. It was found that the saturated thickness increases from west to east towards the sea, with values ranging from 15,47-56,5 m with an average of 32,45 m. The hydrodynamic parameters using Cooper-Jacob method were: average transmissivity of $5,9 \times 10^{-3}$ m²/s and average hydraulic conductivity $2,82 \times 10^{-4}$ m/s. The effective porosity is of 15%, obtained by applying Biecinski equation. The potentiometric map shows the main direction of groundwater flow, from west to east, and identifies the recharge areas corresponding to the region of the tablelands of the "Barreiras". The river valleys refer to the discharge areas of the aquifer system. The Recharge was estimated at 253 mm/year, which corresponds to the 16.4% rate of infiltration.

Keywords: Barreiras Aquifer; Urban development; Hydrodynamic parameters.

AGRADECIMENTOS

Gostaria, inicialmente, de agradecer a Deus por estar conseguindo alcançar mais esse objetivo e pela determinação para seguir buscando novos desafios diariamente. Agradeço a minha família por todo apoio dado ao longo dos anos e, claro, pela paciência nos momentos complicados.

Ao Professor Geraldo por todo aprendizado. Sou muito grata pelos anos de orientação. Agradeço aos meus colegas de laboratório, Christiane (além da amizade adquirida com a convivência), Jadson e Cleidejane, pela colaboração. Agradeço também ao Professor Braz pelas sugestões e questionamentos. Agradeço a Ronaldo pelo conhecimento adquirido em dias de campo, além de estar sempre disposto a trabalhar. Todos me proporcionaram discussões pertinentes. Agradeço a Nilda e Marconi por estarem sempre de prontidão a ajudar. Todos fazem parte de uma convivência diária feita da forma mais agradável possível.

Agradeço aos meus queridos e dedicados AMIGOS: Anabele, Cecilia, Antomat, Felipe, Rayssa, Allyson e Samara. Obrigada por se preocuparem. A todos os outros que não foram citados, mas que eu sei que fazem parte da torcida.

Obrigada a tantas outras pessoas que mesmo não sendo citadas aqui, fizeram parte de tudo isso e contribuíram para a conclusão desta etapa.

Sou imensamente GRATA!

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Apresentação.....	1
1.2 Justificativa.....	1
1.3 Objetivo.....	2
1.4 Caracterização da Área de Estudo.....	4
1.5 Metodologia.....	5
CAPÍTULO 2 – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	7
2.1 Condicionamento Climático	7
2.2 Balanço Hídrico	7
2.2.1 Variáveis Climáticas	7
2.2.2 Avaliação Climatológica	18
2.3 Aspectos Hidrográficos	19
2.4 Geomorfologia	20
2.5 Vegetação	21
2.6 Geologia	21
2.6.1 Unidades Litoestratigráficas.....	24
2.6.2 Contexto Tectono-Estrutural da Região.....	28
CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA.....	31
3.1 Inventário de Pontos d’Água.....	31
3.2 O Sistema Aquífero Barreiras (SAB).....	34

3.3 Estrutura Hidrogeológica.....	35
3.4 Parâmetros Hidráulicos do SAB.....	38
3.4.1 Espessuras do SAB.....	39
3.4.2 Parâmetros Hidrodinâmicos do SAB.....	43
3.5 Rede de Monitoramento dos Níveis d'Água.....	49
3.6 Potenciometria e Direção de Fluxo Subterrâneo.....	49
3.7 Relação Água Subterrânea – Água Superficial.....	52
3.8 Reservas das águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Barreiras.....	52
3.8.1 Reservas Reguladoras (RR).....	53
3.8.2 Reservas Permanentes (RP).....	54
3.8.3 Reservas Totais.....	55
CAPÍTULO 4 – ESTIMATIVA DE RECARGA.....	56
4.1 Avaliação da Recarga pelo Método de Variação de Carga.....	56
4.2 Avaliação da Recarga pela Lei de Darcy aplicada ao Meio Poroso Saturado.....	57
CAPÍTULO 5 – AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA VULNERABILIDADE NATURAL DO SAB PELO MÉTODO GOD.....	59
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	62
CAPÍTULO 7 – ARTIGO CIENTÍFICO.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
APÊNDICES	
APÊNDICE A: Parâmetros hidrodinâmicos obtidos a partir dos testes de bombeamento dos poços avaliados no âmbito deste trabalho.	
APÊNDICE B: Dados dos testes de bombeamento dos respectivos poços e curvas obtidas com a aplicação do Método aproximativo de Cooper-Jacob Rebaixamento-Tempo.	
APÊNDICE C: Tabela de poços cadastrados	
ANEXOS	
ANEXO A- Perfis Litológicos e Construtivos.	

ANEXO B- Mapas A3.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Figura 1.1 Mapa de localização da área de estudo inserida na Bacia do Rio Pirangi.....	2
--	---

CAPÍTULO 2 – ASPECTOS FISIOGRÁFICOS

Figura 2.1 Mapa de tipos climáticos do Estado, de acordo com cada bacia, segundo a classificação de Thornthwaite. Modificado de SERHID, 2006.....	6
---	---

Figura 2.2 Precipitações pluviométricas médias anuais (mm).....	8
---	---

Figura 2.3 Representação gráfica dos resultados obtidos no cálculo do Balanço Hídrico com destaque para as zonas de Excedente (S) e “Déficit” hídrico- estação Meteorológica da UFRN.....	15
---	----

Figura 2.4 Representação gráfica do balanço hídrico. (Lucena, 2005).....	16
--	----

Figura 2.5 Mapa da rede hidrográfica da Bacia do Rio Pirangi com os principais corpos d’água.....	19
---	----

Figura 2.6 Estrutura Geológica mostrando os prováveis limites entre a Bacia Costeira PE/PB/RN e a Bacia Potiguar. (Feitosa <i>et al.</i> , 2002).....	23
---	----

Figura 2.7 Coluna litoestratigráfica da área de estudo inserida na Bacia do Rio Pirangi.....	26
--	----

Figura 2.8 Mapa geológico da área de estudo com suas unidades litoestratigráficas, alinhamentos morfotectônicos e falhas presentes na área de estudo.....	27
---	----

Figura 2.9 Estrutura Geológica mostrando os prováveis limites entre a Bacia Costeira PE/PB/RN e a Bacia Potiguar. (FEITOSA, 2002).....	30
--	----

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Figura 3.1 Distribuição do uso da água nos poços cadastrados.....	32
---	----

Figura 3.2 Mapa com todos os pontos d’água cadastrados em campo, operados pelo sistema público de abastecimento (CAERN) e de particulares.....	36
--	----

Figura 3.3 Mapa de vazão específica do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.....	34
--	----

Figura 3.4 Localização das seções hidrogeológicas A-A' e B-B'	36
Figura 3.5 Seção hidrogeológica A-A'	37
Figura 3.6 Seção hidrogeológica B-B'	38
Figura 3.7 Mapa de poços com informações de perfil litológico e testes de bombeamento a partir dos quais foi possível avaliar os parâmetros hidráulicos.....	39
Figura 3.8 Mapa de isópacas do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.....	41
Figura 3.9 Mapa de espessura saturada do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.....	42
Figura 3.10 Mapa de Transmissividade do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.....	49
Figura 3.11 Mapa de Condutividade hidráulica do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.....	46
Figura 3.12 Mapa potenciométrico do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.....	51
Figura 3.13 Perfil esquemático para melhor visualização da condição de efluência do rio em relação ao aquífero.....	52

5. AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA VULNERABILIDADE NATURAL DO SABELO MÉTODO GOD

Figura 5.1 Parâmetros que definem a metodologia GOD.....	60
--	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Tabela 2.1. Parâmetros Climáticos da RMN. Fonte: UFRN (2014).....	7
Tabela 2.2. Valores de precipitação pluviométrica anual (mm). Fonte: EMPAR.....	8
Tabela 2.3. Precipitações Pluviométricas mensais. Estação meteorológica da UFRN, período de 1984-2013. Fonte: INMET.....	10
Tabela 2.4. Resultados obtidos para Etp a partir dos parâmetros Temperatura e Radiação Global.....	13
Tabela 2.5. Resultados do Balanço Hídrico da Estação Meteorológica da UFRN, 1984-2013 (INMET).....	14
Tabela 2.6. Balanço hídrico mensal para a Bacia do Rio Pirangi. Fonte: Lucena (2005).....	16

CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Tabela 3.1. Espessura total e espessura saturada dos poços utilizados para a caracterização das espessuras do Sistema Aquífero Barreiras.....	40
Tabela 3.2. Resultados dos testes de Aquífero nº 1 e nº 2 obtidos por Lucena (2005).....	44
Tabela 3.3. Resultados obtidos por Melo (2008).....	45
Tabela 3.4. Resumo dos parâmetros hidrodinâmicos obtidos a partir de testes de bombeamento.....	47
Tabela 3.5. Descrição Litológica do Poço PT-11PIR.....	48
Tabela 3.6. Resultados de teste de bombeamento do Poço PT-11PIR utilizados na avaliação dos Parâmetros hidrodinâmicos.....	48

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Esta dissertação apresenta e discute os resultados obtidos durante o desenvolvimento do trabalho de mestrado inserido no Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGG-UFRN). Tem como título “O Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim, RN: uso das águas e avaliação de suas potencialidades”, vinculado ao projeto da rede FINEP/CNPq de título “Potencialidades e Definição de Estratégias de Manejo das Águas Subterrâneas da Região de Parnamirim, RN”.

1.2 Justificativa

A área de estudo localiza-se no Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte, abrangendo a maior parte (88%) da bacia hidrográfica do Rio Pirangi. Apresenta superfície de cerca de 370 Km² (Figura 1.1).

No domínio da área está localizada a cidade de Parnamirim que se desenvolve ao longo do seu município com grande velocidade. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a estimativa da população residente em 2014 foi de 235.983 distribuídos em uma área de 123,471 km². A taxa de crescimento de Parnamirim foi da ordem de 7,9% no período de 1991 a 2000, superior a todas as cidades dos municípios da Região Metropolitana de Natal, ressaltando-se que grande parte do município já está urbanizada.

A urbanização rápida e em grande escala ocorre em várias regiões do mundo e afeta consideravelmente o ambiente, notadamente os recursos hídricos. Nesse contexto, a água subterrânea fica sujeita a danos acentuados caso não seja devidamente protegida da ação antropogênica (Foster, 1999; Israfilov, 2006). Ressaltando-se que em ambientes urbanos, a ausência de uma estrutura adequada em termos de abastecimento de água, saneamento (rede de esgotos) e drenagem, afeta consideravelmente os recursos hídricos com influência inclusive na saúde pública.

A água subterrânea do Sistema Aquífero Barreiras na área de interesse constitui a principal fonte de suprimento hídrico das populações urbanas e rurais. O uso da água subterrânea é feito sem planejamento adequado e assim sendo, importantes áreas de recarga estão sendo ocupadas comprometendo a qualidade e disponibilidade hídrica. A cidade não dispõe de rede de esgotos, sendo ainda utilizado o sistema de fossas e sumidouros, com riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas.

1.3 Objetivo

O objetivo deste trabalho é efetuar uma estimativa dos recursos potenciais e explotáveis, tendo em vista contribuir com o uso eficiente e racional das águas, com a qualidade adequada as suas diferentes finalidades, em especial o uso humano.

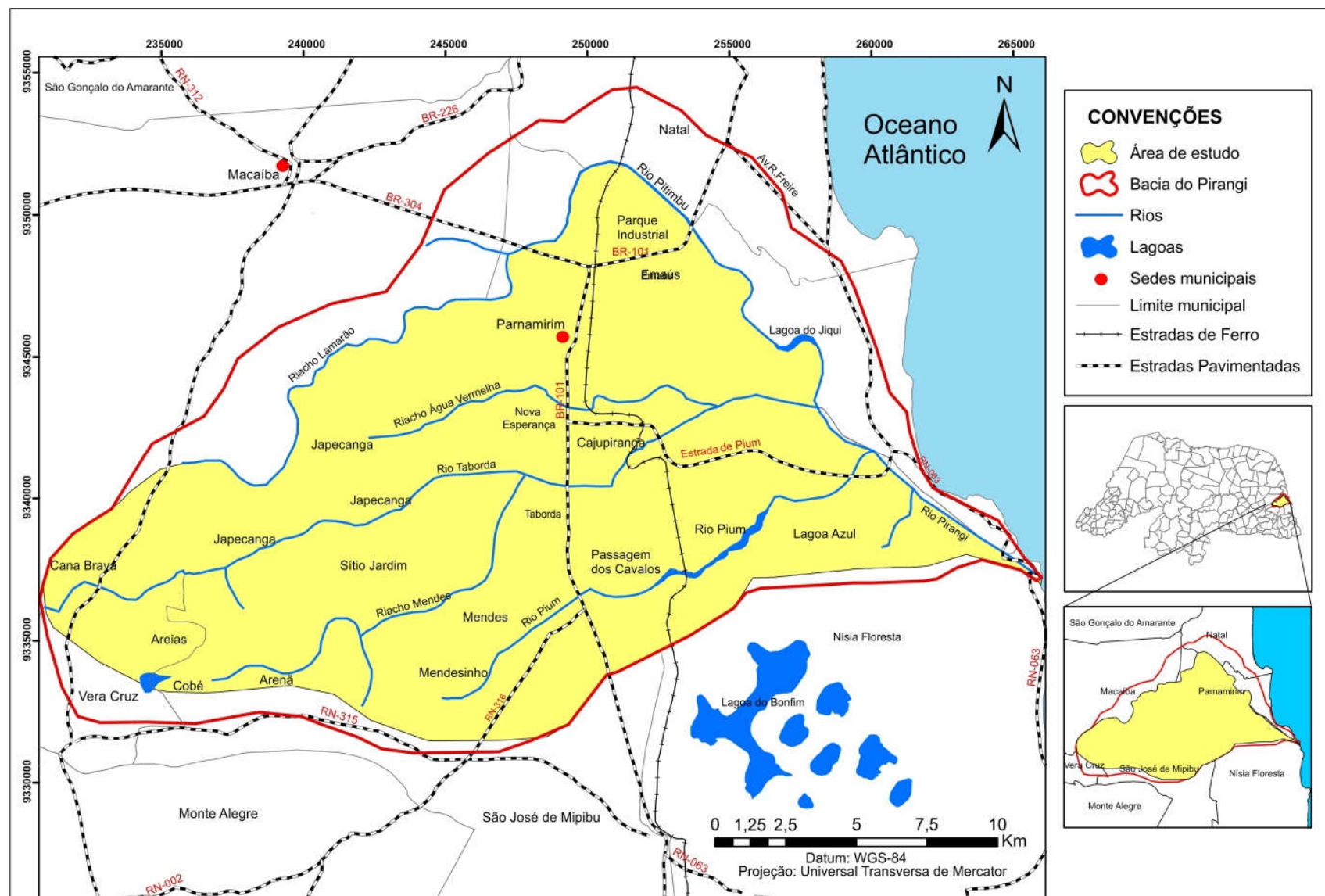


Figura 1.1: Mapa de localização da área de estudo inserida na Bacia do Rio Pirangi.

1.4 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi situada na microrregião do Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte, conforme já descrito. A principal via de acesso à área é a BR-101 que corta a bacia no sentido Norte/Sul, no sentido Oeste/Leste, o acesso é feito pelo município de Macaíba através da BR-304.

A Figura 1.1 apresenta a área em questão que possui uma superfície de 370 km², aproximadamente, onde está localizada a maior parte do município de Parnamirim e parcialmente os municípios Macaíba, São José de Mipibu, Vera Cruz e Nísia Floresta. As principais atividades econômicas desenvolvidas nos municípios inseridos na área de estudo são agropecuária e comércio (CPRM, 2005).

Abaixo segue o quadro com dados do IBGE quanto à área e a população até 1º de Julho de 2014 referentes aos municípios citados.

Município	Área Total (Km ²)	População Total
Parnamirim	123,471	235.983
Macaíba	510,771	76.801
SJ de Mipibú	290,331	42.773
Nísia Floresta	307,842	26.208
Vera Cruz	83,890	11.832

Segundo a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), a precipitação pluviométrica média na área da bacia do Rio Pirangi é de 1539 mm/ano, dados referentes à série histórica (1995-2010). Em termos potenciais os recursos hídricos do aquífero Barreiras na Bacia hidrográfica do Rio Pirangi, onde está situada a “Região de Parnamirim”, são elevados, conforme avaliação feita por Melo, *et al.* (2014). A recarga das águas subterrâneas na bacia foi estimada com média de 277,0 mm/ano o que corresponde a 18% da precipitação pluviométrica média anual citada acima.

A área de estudo é formada pelas sub-bacias dos rios Pitimbu (parcialmente), Taborda e Pium. São rios perenes que se desenvolvem sobre rochas e sedimentos Terciário-Quaternário da Formação Barreiras, os quais são alimentados por ressurgências de águas subterrâneas do “Sistema Aquífero Barreiras – SAB”. Existe uma ampla relação entre os mananciais superficiais e subterrâneos, sendo o aquífero nitidamente de regime influente nos canais fluviais e lagoas, evidenciado em estudos anteriores (Lucena *et al.*, 2004).

Com respeito à Geomorfologia, dominam os Tabuleiros Costeiros com ocorrência de planícies lagunares e elevações dunares que se desenvolvem com maior expressividade na faixa costeira.

As potencialidades hidrogeológicas na região são bastante influenciadas pela estrutura geológica do terreno, já que esta afeta nas espessuras saturadas, desse modo, tem-se verificado que os poços de maior produção correspondem àqueles em que o aquífero apresenta maiores espessuras saturadas (Bezerra *et al.*, 1993; Lucena e Queiroz, 1996; Lucena *et al.*, 2006).

1.5 Metodologia

O trabalho foi desenvolvido de conformidade com as seguintes atividades metodológicas:

- 1) Foi inicialmente realizada pesquisa bibliográfica e cartográfica a fim de conhecer os estudos pré-existentes de caráter regional e local, envolvendo fundamentalmente dados climáticos, hidrológicos e hidrogeológicos. Neste caso, com destaque para perfis construtivos e litológicos de poços e resultados de testes de bombeamento;
- 2) Foram elaborados os mapas “base” para realização dos trabalhos de campo, utilizando-se o software *Arcgis 10.0 (ESRI)*. O software *CorelDraw X6* foi utilizado para uma melhor apresentação de figuras e mapas;
- 3) O Balanço Hídrico foi desenvolvido pelo método de Thornthwaite & Matter (1955). Para isso, foram necessários dados atualizados obtidos através da Estação Climatológica Principal – UFRN (série histórica de 1984-2013);
- 4) Foi realizada uma viagem de reconhecimento de campo tendo em vista otimizar o desenvolvimento das atividades seguintes, notadamente do cadastro de campo;
- 5) O cadastro de pontos d’água se deu no período de Maio a Junho de 2014 com o levantamento de poços de particulares (escavados e tubulares) e do sistema público de abastecimento. Nessas campanhas foram coletados dados de identificação, parâmetros hidráulicos (nível estático, nível dinâmico, vazão de regime de bombeamento, uso da água) além de parâmetros de qualidade das águas (condutividade, pH e temperatura), utilizando equipamentos portáteis.
- 6) Foram coletadas informações (perfis litológicos e construtivos e testes de bombeamento) dos poços públicos contidos no arquivo de dados da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e Departamento de Geologia da

UFRN (DG-UFRN), os quais são, em sua maioria, poços totalmente penetrantes no sistema aquífero;

- 7) Foi efetuada a correlação entre os perfis de poços e elaboradas seções hidrogeológicas, que permitiram sugerir em uma primeira aproximação o tipo de aquífero característico;
- 8) Os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero Barreiras foram avaliados utilizando resultados de testes de bombeamento de 34 poços totalmente penetrantes no aquífero que possibilitaram a obtenção da transmissividade (T); condutividade hidráulica (K); e porosidade específica (μ). Os parâmetros T e K foram obtidos com a utilização do software *Aquifer Test Pro-Schlumberger Water Service* 2015, com a aplicação do Método de Cooper-Jacob Rebaixamento-Tempo (1946). Para a estimativa do parâmetro μ , foi aplicada a equação de Biecinski. A metodologia aplicada para a estimativa de tais parâmetros será explicada mais adiante;
- 9) Foi definida a rede de monitoramento para medições sistemáticas dos níveis d'água. Correspondem a 46 pontos d'água dispostos entre cacimbões, poços tubulares rasos e profundos e fontes;
- 10) Com as informações de nível estático e cotas topográficas, a fim de obter as cargas hidráulicas, foi possível gerar o mapa potenciométrico a partir da interpolação dos dados, a partir do Método de Kriging, que permitiu definir as direções de fluxo subterrâneo e seus respectivos parâmetros hidráulicos;
- 11) A estimativa de recarga foi feita com a aplicação de dois métodos: Variação de Carga e Lei de Darcy aplicada ao meio poroso saturado.

2. ASPECTOS CLIMÁTICOS E FISIOGRAFICOS

2.1 Condicionamento Climático

Segundo a classificação de Köppen (SERHID, 2006), a área está inserida no domínio do clima As'– quente e úmido. Caracterizado por presença de clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa se adiantando para o outono.

Já, segundo a classificação de Thornthwaite, a bacia está inserida principalmente na região de clima Sub-úmido (C1dA'a') e uma pequena porção, em direção a oeste, de clima Úmido-Seco (C1WdA'a') (Figura 2.1):

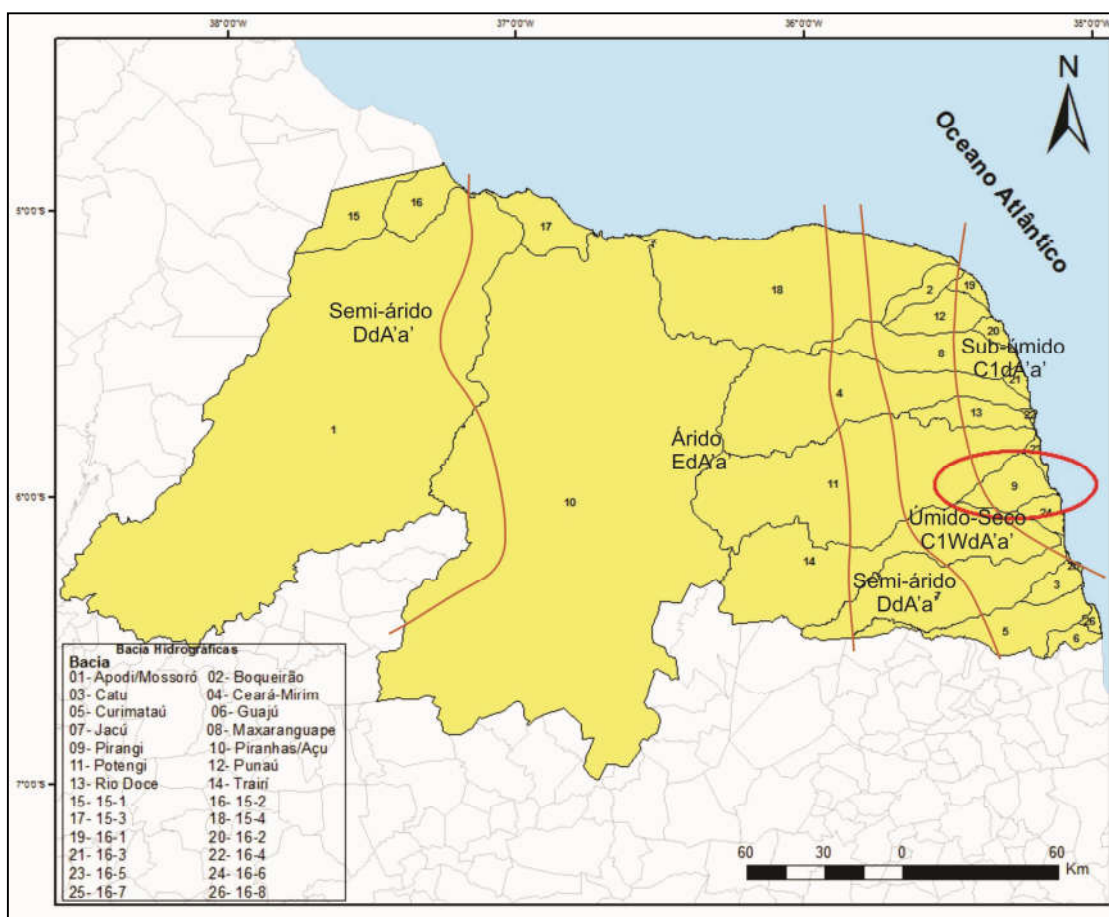


Figura 2.1. Mapa de tipos climáticos do Estado, de acordo com cada bacia, segundo a classificação de Thornthwaite. Modificado de SERHID, 2006.

2.2 Balanço Hídrico

2.2.1 Variáveis Climáticas

No presente capítulo serão consideradas as seguintes variáveis climáticas: precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa, evaporação, insolação e vento. Estes dados

correspondem à Região Metropolitana de Natal (RMN) e foram fornecidos pela Estação Climatológica Principal do Departamento de Geografia-CCHLA, Estação Natal - UFRN N° 82598 - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - LAT. 05°55'S - LONG. 35°12' W, no período de 1984-2013. Além dos dados fornecidos pela INMET, obtiveram-se também dados de precipitação pluviométrica disponibilizados no site da Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN (EMPARN) dos municípios inseridos na área de interesse.

Com as médias mensais desses parâmetros avaliam-se as épocas de maior precipitação pluviométrica para uma menor evaporação, por exemplo. Ver Tabela 2.1 que segue.

Tabela 2.1. Parâmetros Climáticos da RMN. Fonte: UFRN (2014)

Parâmetro Climático	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Evaporação (mm)	205,9	182,8	174,7	136,7	137	115,9	135,2	160,4	192,6	240,3	220,5	219,5	2121,4
Insolação (h/dia)	252,8	225,4	231,5	208,5	227	195,7	213,37	244,63	263,14	291,19	278,63	280,8	2913
Precipitação (mm)	69,8	100,4	199,7	258	248	342,1	247,52	138,41	55,47	21,76	29,17	26,72	1737,12
Temperatura do ar (°C)	27,5	27,6	27,5	27,1	27	25,5	24,94	25,24	25,94	26,64	26,95	27,23	26,5
Umidade Relativa (%)	78,3	79,4	80,2	82,6	83	84	83,13	80,63	78,36	76,7	78,16	77,8	80,18
Velocidade do Vento (Km/h)	4,3	4,3	3,7	3,7	4	3,9	4,18	4,77	5,07	5,01	4,67	4,44	4,3

Analisando os dados apresentados na tabela acima, a insolação mostra valores maiores de Outubro a Dezembro; a temperatura tem seus valores máximos no período compreendido entre os meses de Novembro a Março, principalmente no período do verão. Enquanto isso, a Precipitação Pluviométrica e a Umidade Relativa do ar são mais expressivas entre os meses de Abril a Julho.

Observando os valores médios de precipitação pluviométrica mensal disponibilizados pela EMPARN (Tabela 2.2), de acordo com a série histórica de cada município, observa-se um aumento da pluviometria de oeste para leste, ou seja, do continente para o litoral. O município de Vera Cruz (série histórica de 2001-2013) apresentou uma precipitação pluviométrica média baixa, 864,2 mm, quando comparado ao município de Parnamirim (período de 1993-2013) e Nísia Floresta (período de 1992-2013) que apresentaram precipitação pluviométrica média de 1552,6 e 1562,7 mm, respectivamente. O município de Macaíba (série histórica de 1992-2013) e São José de Mipibu (série histórica de 2004-2013) apresentaram precipitação pluviométrica média de 1231,5 e 1052,78 mm, respectivamente (Figura 2.2).

Tabela 2.2. Valores de precipitação pluviométrica anual (mm). Fonte: EMPARN.

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA					
	Parnamirim	Macaíba	SJ Mipibu	Nísia Floresta	Vera Cruz
Ano	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)	P (mm)
1992	-	1412,6	-	1392,6	-
1993	715	600,4	-	953,3	-
1994	2291,6	1782,1	-	2461,9	-
1995	1610,8	1133,9	-	1400,8	-
1996	1717,3	1094,4	-	1433,1	-
1997	1222	1093	-	1381,5	-
1998	1419,6	1101,9	-	1417,6	-
1999	970,5	685,7	-	840	-
2000	2092,2	1739,5	-	2034	-
2001	988,2	766,2	-	1070	328,3
2002	1713,7	1433	-	1733	1021,4
2003	1374,2	1079,2	-	1662	583,5
2004	2105,6	1758,9	803,7	2009,6	-
2005	1725,3	1279,4	1105,3	1780,3	944
2006	1196,3	788,1	788,9	1444,6	533,6
2007	1697,4	1240,3	1215,1	1612,6	1022,1
2008	2191,7	1649,5	1458,2	2087,7	1290,9
2009	2101,2	1893,7	1414,8	2013,7	1249,3
2010	1008,4	863,7	740	910,6	492,4
2011	1936,4	1289,2	1356,2	1978,5	1372,3
2012	1009,5	790,8	557,5	919	465,3
2013	1517,1	1617,5	1088,1	1842,5	1067,6
Média	1552,6	1231,5	1052,78	1562,7	864,2

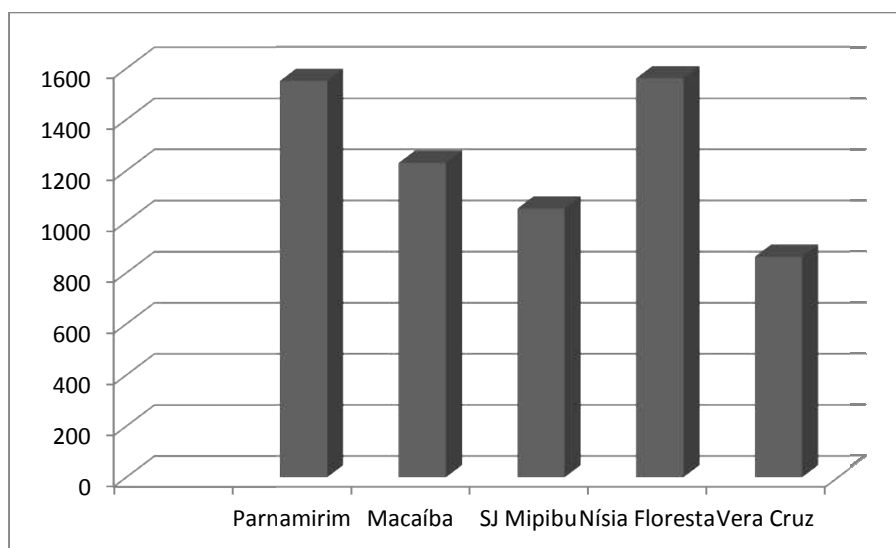


Figura 2.2. Precipitações pluviométricas médias anuais (mm).

Com relação aos dados disponibilizados pelo INMET da Estação Meteorológica da UFRN que correspondem à Região Metropolitana de Natal (RMN), a precipitação pluviométrica mensal apresenta um mínimo de 858,2 mm no ano de 1994 e um máximo de 2483,2 mm no ano de 2008, com série histórica de 1984-2013, sendo a média anual observada nesse período igual a 1737,1 mm (Tabela 2.3). As maiores médias mensais são observadas entre os meses de Março a Julho, sendo no mês de Maio o maior registro, 342,1 mm.

Tabela 2.3. Precipitações Pluviométricas mensais. Estação meteorológica da UFRN, período de 1984-2013. Fonte: INMET.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1984	48,9	88,3	247,4	393,4	623,7	247,1	140,1	190,7	39,6	48,9	14,4	19,0	2.101,5
1985	144,3	256,1	352,5	177,3	354,0	191,6	394,8	181,3	127,6	1,4	19,9	23,3	2.224,1
1986	52,5	238,0	284,3	577,3	355,9	316,9	112,5	194,0	81,0	57,3	127,7	41,1	2.438,5
1987	26,4	76,9	246,8	280,9	87,0	349,3	281,7	36,7	50,8	20,7	15,5	5,4	1.478,1
1988	18,7	127,4	332,4	277,9	370,0	404,6	309,0	128,8	78,3	9,7	21,0	81,5	2.159,3
1989	38,9	35,1	70,3	341,2	137,3	88,8	102,9	121,9	50,5	39,5	24,4	104,5	1.155,3
1990	42,5	23,6	58,9	141,4	187,9	275,7	176,2	195,1	61,0	23,1	54,5	2,7	1.242,6
1991	27,1	16,4	106,1	306,5	304,9	234,6	143,5	73,4	9,4	24,4	45,5	6,8	1.298,6
1992	52,9	184,4	288,7	315,0	130,8	343,4	80,5	151,0	32,1	4,0	26,2	6,4	1.615,4
1993	21,6	29,4	84,8	227,8	39,9	164,9	129,6	35,8	10,1	61,9	15,5	36,9	858,2
1994	84,3	86,2	237,0	275,7	279,7	630,3	399,6	85,1	56,8	4,2	20,4	19,9	2.179,2
1995	24,6	60,6	277,6	237,4	392,3	254,4	408,3	34,8	21,6	4,2	41,3	0,4	1.757,5
1996	36,7	69,7	216,2	359,5	144,6	251,4	145,8	125,4	86,7	78,4	45,0	17,2	1.576,6
1997	13,3	72,8	159,6	256,2	339,0	77,3	79,7	124,2	5,1	3,0	2,7	55,8	1.188,7
1998	48,7	78,3	81,4	74,7	163,0	210,0	793,9	138,7	19,0	13,7	8,5	17,0	1.646,9
1999	12,6	143,8	139,2	175,8	289,5	131,5	31,1	49,8	51,1	14,5	5,4	66,9	1.111,2
2000	50,0	83,9	122,3	177,4	230,0	577,4	482,3	288,0	205,1	8,7	12,1	23,0	2.260,2
2001	30,1	6,8	133,8	360,9	14,4	373,6	145,2	104,4	28,4	13,7	17,1	50,2	1.278,6
2002	113,9	82,3	480,0	137,7	122,9	405,6	225,2	312,9	1,0	29,1	98,2	19,4	2.028,2
2003	83,7	184,0	317,8	133,4	230,8	244,3	201,6	19,6	41,6	21,7	16,1	22,5	1.517,1
2004	303,9	283,0	255,0	168,8	160,7	642,9	393,5	90,1	44,4	14,4	10,1	4,8	2.371,6
2005	2,0	36,4	186,3	144,0	548,3	762,3	115,2	134,6	43,9	31,6	1,2	10,4	2.016,2

Tabela 2.3. Precipitações Pluviométricas mensais. Estação meteorológica da UFRN, período de 1984-2013. Fonte: INMET. (Continuação)

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
2006	4,2	87,2	157,4	377,1	115,3	375,2	133,4	90,4	45,2	13,4	83,5	49,8	1.532,10
2006	4,2	87,2	157,4	377,1	115,3	375,2	133,4	90,4	45,2	13,4	83,5	49,8	1.532,10
2007	86,3	66	264,9	247,7	120,9	560,4	191,8	95,8	46,3	20,2	45,2	16	1.761,50
2007	86,3	66	264,9	247,7	120,9	560,4	191,8	95,8	46,3	20,2	45,2	16	1.761,50
2008	71,2	22,4	270,9	410,7	212,3	542,3	473,1	401,1	37,5	31,8	9,5	0,4	2.483,20
2009	162,1	245,7	220,6	364,3	372,3	304,5	347,9	229,2	76,7	1	6,7	9,5	2.340,50
2010	70,9	81,4	69,9	191	262,6	155,2	151,5	95,3	38,5	8,2	4,2	57,4	1.186,10
2011	326,1	76,5	146,7	371,6	413	445,4	170,3	118,8	33,3	20,8	44	21,9	2.188,40
2012	76,5	110,9	146,2	60,7	184,4	302,1	234,9	63,4	41,6	18,4	0,7	1,4	1.241,20
2013	20,2	59,8	35,1	175,6	254,9	399,1	430,6	242	200	11,1	38,6	10,1	1.877,10

O Balanço Hídrico aqui apresentado foi desenvolvido seguindo o método de Thornthwaite & Matter (1955) que consiste no cálculo de entradas e saídas de água de um sistema a fim de classificar o tipo climático. O método é baseado na precipitação (P) como fornecimento de água e na Evapotranspiração (ETp) como as perdas normais de água.

É importante ressaltar que o ponto fundamental que dá início ao cálculo do balanço e que permite a aplicação do método é admitir uma capacidade de armazenamento de água no solo de 100 mm. O excedente hídrico ocorre quando a precipitação é superior a evapotranspiração, caso contrário, denomina-se deficiência hídrica.

Na metodologia aplicada é necessário conhecer a precipitação média mensal, a temperatura média mensal e a posição geográfica de onde os dados foram retirados. Para obter os valores de Evapotranspiração Potencial, por mês, é necessário aplicar a Fórmula de Turc (Castany, 1975):

$$Etp = 0,40 (Ig + 50) \cdot \frac{t}{t + 15}$$

Com exceção do mês de fevereiro, mês de maior incidência de raios solares, aplica-se a seguinte fórmula:

$$Etp = 0,37 (Ig + 50) \cdot \frac{t}{t + 15}$$

Onde,

Etp: evapotranspiração potencial (mm/mês);

t: temperatura média mensal do período em °C;

Ig: radiação global do mês considerado, expressa em cal/cm²/dia.

A fórmula acima é proposta considerando uma região onde a atmosfera não é muito seca (umidade relativa > 50%). A Tabela 2.4 apresenta os resultados obtidos para o cálculo da Etp.

Tabela 2.4. Resultados obtidos para Etp a partir dos parâmetros Temperatura e Radiação Global.

T (°C)	Ig(cal/m²/dia)	Etp(mm)
27,5	500	142,35
27,6	480	127,05
27,5	470	134,59
27,1	400	115,87
26,6	370	107,42
25,5	370	105,78
24,9	400	112,33
25,2	430	120,36
25,9	500	139,32
26,6	550	153,46
27	550	154,29
27,2	510	144,38

Com os valores da precipitação pluviométrica disponibilizados pelo INMET e os valores encontrados de Etp aplica-se a metodologia de Thornthwaite & Matter (1955) onde os resultados são apresentados na Tabela 2.5 e no gráfico da Figura 2.3.

Tabela 2.5. Resultados do Balanço Hídrico da Estação Meteorológica da UFRN, 1984-2013 (INMET).

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Etp	142,35	127,05	134,59	115,87	107,42	105,78	112,33	120,36	139,32	153,46	154,29	144,38	1557,2
P	69,8	100,4	199,7	258	248,1	342,1	247,5	138,4	55,5	21,8	29,2	26,7	1737,2
P-Etp	-72,55	-26,65	65,11	142,13	140,68	234,68	135,17	18,04	-83,82	-131,66	-125,09	-117,68	
Variação da Reserva d'água do solo	0	0	65,11	34,9	0	0	0	0	-16,18	0	0	0	
Reserva d'água útil	0	0	65,11	100	100	100	100	100	16,18	0	0	0	
Etr	69,8	100,4	134,59	115,87	107,42	105,78	112,33	120,36	139,32	37,98	29,2	26,7	1099,75
Def	72,55	26,65	0	0	0	0	0	0	0	115,48	125,09	117,68	457,45
Exc	0	0	0	107,24	140,68	234,68	135,17	18,04	0	0	0	0	635,81
Esc	2,5	1	0	53	95	164	149	83	41	20	10	5	

P: precipitação (mm); Etp: evapotranspiração potencial (mm); Etr: evapotranspiração real (mm); Def: déficit hídrico (mm); Exc: excedente hídrico (mm); Esc: escoamento (mm).

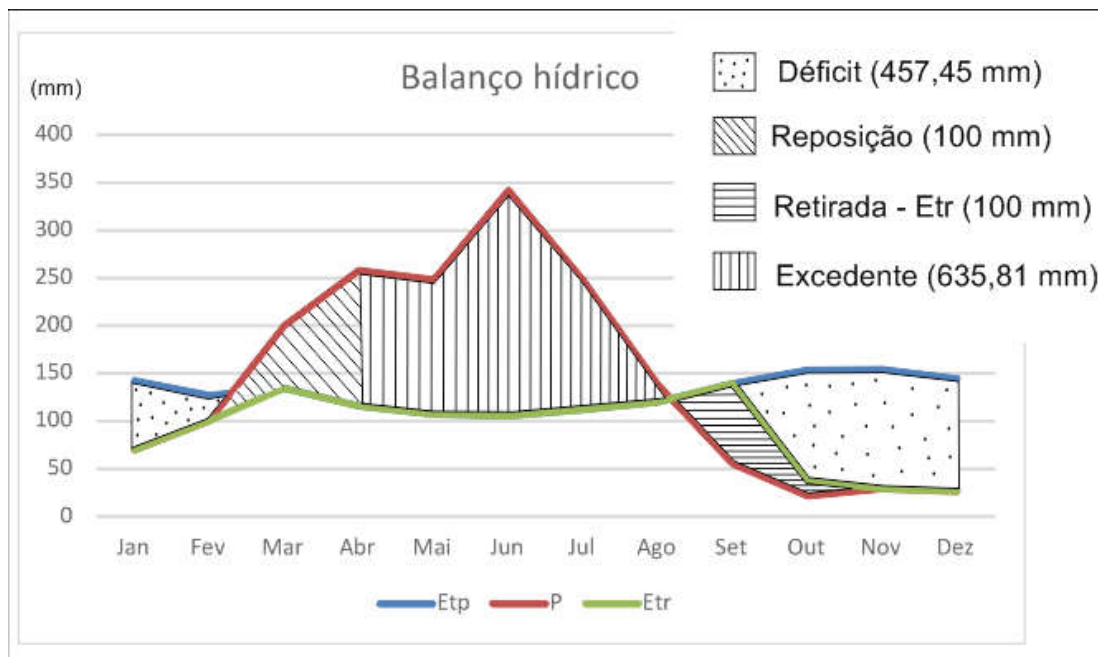


Figura 2.3. Representação gráfica dos resultados obtidos no cálculo do Balanço Hídrico com destaque para as zonas de Excedente (S) e “Déficit” hídrico- estação Meteorológica da UFRN.

Dos resultados obtidos mediante o balanço hídrico, representativo da área de estudo, mostram que a Evapotranspiração Real é da ordem de 1099,75 mm, o Excedente hídrico é da ordem de 635,81 mm e “Déficit” hídrico é da ordem 457,45 mm. Com esses dados é possível realizar uma primeira estimativa sobre a taxa de recarga natural na Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi e, potencialmente, na área de estudo.

A configuração do balanço (Figura 2.3) mostra que a Retirada de água se dá entre os meses de agosto e outubro. O “Déficit” hídrico ocorre em seguida de outubro a fevereiro do ano seguinte. Entre os meses de fevereiro a abril ocorre a entrada de água na zona de reposição. O intervalo compreendido entre os meses de abril a agosto corresponde ao período de Excedente Hídrico.

Lucena (2005) também avaliou o balanço hídrico da área através do Método de Thornthwaite seguindo a mesma metodologia aqui aplicada. A série histórica utilizada para os dados de precipitação média foi entre 1911-2000, e para temperatura e ETp, entre 1960-1990. Dados esses obtidos da cidade de Natal-RN junto a EMPARN. Na Tabela 2.6 são apresentados os resultados do balanço hídrico. A Figura 2.4 apresenta seus resultados graficamente.

Tabela 2.6. Balanço hídrico mensal para a Bacia do Rio Pirangi. Fonte: Lucena (2005).

Parâmetro / Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Precipitação (mm)	55,63	108,77	205,53	256,75	246,89	263,73	214,17	115,03	53,05	19,41	18,68	25,44	1583,06
ETP	129,91	116,71	133,80	112,44	109,14	107,96	121,79	123,20	140,10	154,49	157,27	146,24	1553,05
P - ETP	- 74,28	- 7,94	71,73	144,31	137,75	155,77	92,38	- 8,17	- 87,05	- 135,08	- 138,59	- 120,80	---
ΔH_2O Solo	---	---	+ 71,73	+ 28,27	---	---	---	- 8,17	- 87,05	- 4,78	---	---	---
Reserva d'água útil (mm)	0,0	0,0	71,73	100,0	100,0	100,0	100,0	91,83	4,78	0,0	0,0	0,0	---
ETR	55,63	108,77	133,80	112,44	109,14	107,96	121,79	123,20	140,10	24,19	18,68	25,44	1081,14
D (déficit)	74,28	7,94	---	---	---	---	---	---	130,30	138,59	120,80	---	471,91
S (excesso)	---	---	---	116,04	137,75	155,77	92,38	---	---	---	---	---	501,94
R (escoamento)	1,72	0,86	0,0	58,02	97,89	126,83	109,61	54,81	27,41	13,71	6,86	3,43	501,15

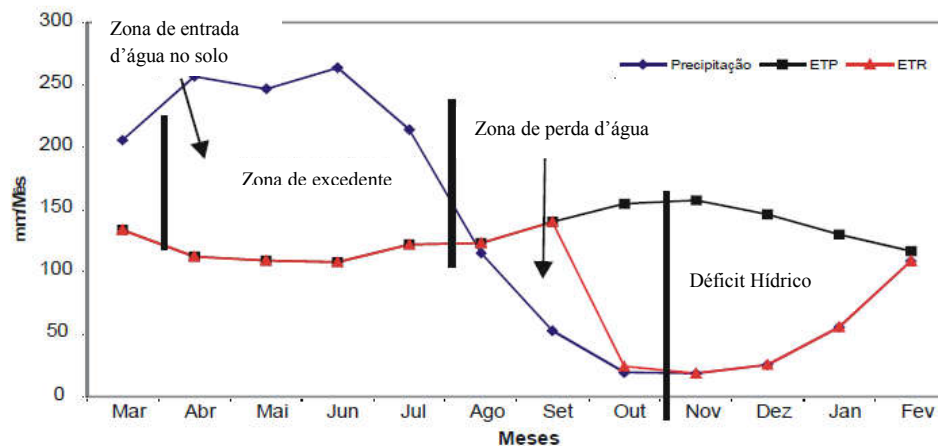


Figura 2.4. Representação gráfica do balanço hídrico. (Lucena, 2005).

O valor de Evapotranspiração Real mensal é de 1081,14 mm/ano, déficit de 471,91 mm/ano, excedente de 501,94 mm/ano e escoamento superficial de 501,15 mm/ano. Comparação esses resultados com o balanço hídrico apresentado neste trabalho, apenas os valores de excedente hídrico se mostram um pouco divergentes, diferenciando, portanto, um pouco, as taxas de infiltração que serão apresentadas mais adiante.

Estimativa da Taxa de Infiltração em Potencial

A razão entre o excedente hídrico e a precipitação pluviométrica média anual resulta na taxa de infiltração. Este valor equivale à recarga em potencial, sendo uma primeira estimativa de recarga das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Barreiras. Convém ressaltar que parte do valor do excedente pode corresponder ao escoamento superficial. Com a aplicação da fórmula para a taxa de infiltração, segue:

$$\text{Taxa de infiltração \%} = \text{Excedente hídrico} / \text{Precipitação pluviométrica média}$$

$$\text{Taxa de infiltração \%} = 635,81 / 1737,1 = 36,7\%$$

Assim, tem-se uma taxa de infiltração de 36,7%. Este valor mostra-se relativamente alto, que pode estar influenciado por um excedente hídrico relativamente elevado, mais característico da região costeira. É importante ressaltar que parte do excedente hídrico é atribuído ao escoamento superficial e reconhece-se, por conseguinte, que na área de estudo, dominada por tabuleiros costeiros onde os escoamentos são baixos devido ao caráter arenoso da sua superfície. Assim sendo, o valor obtido pode representar mais aproximadamente o valor da recarga.

Com os dados disponíveis de excedente hídrico e precipitação pluviométrica média em Lucena (2005), o valor obtido para a taxa de infiltração é de 31,7%.

2.2.2 Avaliação Climatológica

Tomando-se os resultados do balanço hídrico para a Estação Meteorológica da UFRN e os valores anuais de Evapotranspiração Potencial, Real, Déficit e Excedente hídrico determina-se o clima da região com base no método de Thornthwaite.

É possível caracterizar o clima a partir do cálculo do Índice Global seguindo a seguinte fórmula:

$$i = \frac{S - (0,6 * D)}{Etp} * 100$$

Onde S é o Excedente Hídrico, D é o Déficit Hídrico e Etp é a Evapotranspiração Potencial. Para a estação da UFRN, o valor obtido para o Índice Global é de 23%, sendo assim, comparando-se o valor obtido com os dados relacionados com o quadro abaixo, o clima é caracterizado como úmido.

Tipo Climático	i
Muito úmido	$i > 100$
Úmido	100 a 20
Úmido a Sub-úmido	20 a 0
Sub-úmido a seco	0 a -20
Semi-árido	-20 a -40
Árido	-60 a -40
Hiper-árido	$i < -60$

Fonte: Thornthwaite

Segundo a Etp, o clima é definido de acordo com a sua eficiência térmica. De acordo com o balanço hídrico, o valor anual obtido para Etp é da ordem de 1557,2 mm, que quando comparado com os seguintes dados presentes no quadro abaixo, classifica-se, portanto, o clima da região como Megatérmico.

Tipo Climático	Etp (mm)
Megatérmico	> 1140
Mesotérmico	1140 a 570
Microtérmico	570 a 142
Gelo	< 142

Fonte: Thornthwaite

2.3 Aspectos Hidrográficos

A faixa Costeira Oriental do Rio Grande do Norte é tida como região de “vales úmidos”, definição dada devido à alta pluviometria observada na região, como foi comprovada com os dados disponibilizados pela EMPARN e pelo INMET (1737,1 mm-pluviometria média anual). Como já foi dito, o caráter arenoso dos tabuleiros costeiros facilitam a capacidade de infiltração, bem como a presença dos rios perenes.

A Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi, onde está inserida a área de estudo, é drenada pelos rios Pitimbu, Pium e pelo rio principal que nomeia a mesma (a Leste). O Rio Pitimbu estabelece o limite Norte da área de estudo, enquanto que o Rio Pirangi estabelece o limite leste da bacia. O Rio Pium está localizado na porção Sul da área. O Rio Pirangi deságua no Oceano Atlântico a partir do encontro de seus afluentes de primeira ordem, o Rio Pitimbu e Pium. O Rio Pitimbu é o manancial mais estudado do ponto de vista ambiental e hidrológico (Duarte *et al.*, 2004; Borges, 2002; Kobayashi *et al.*, 2010), haja visto que o mesmo flui para a Lagoa de Jiqui, cujas águas são utilizadas no abastecimento da Zona Sul da cidade de Natal.

Além dos rios que drenam a região ocorrem também os riachos Taborda, Mendes e Água Vermelha e Lamarão. Merece destaque também as Lagoas do Jiqui, localizada na porção nordeste da área de interesse e Pium, localizada mais a sudeste (Figura 2.5).

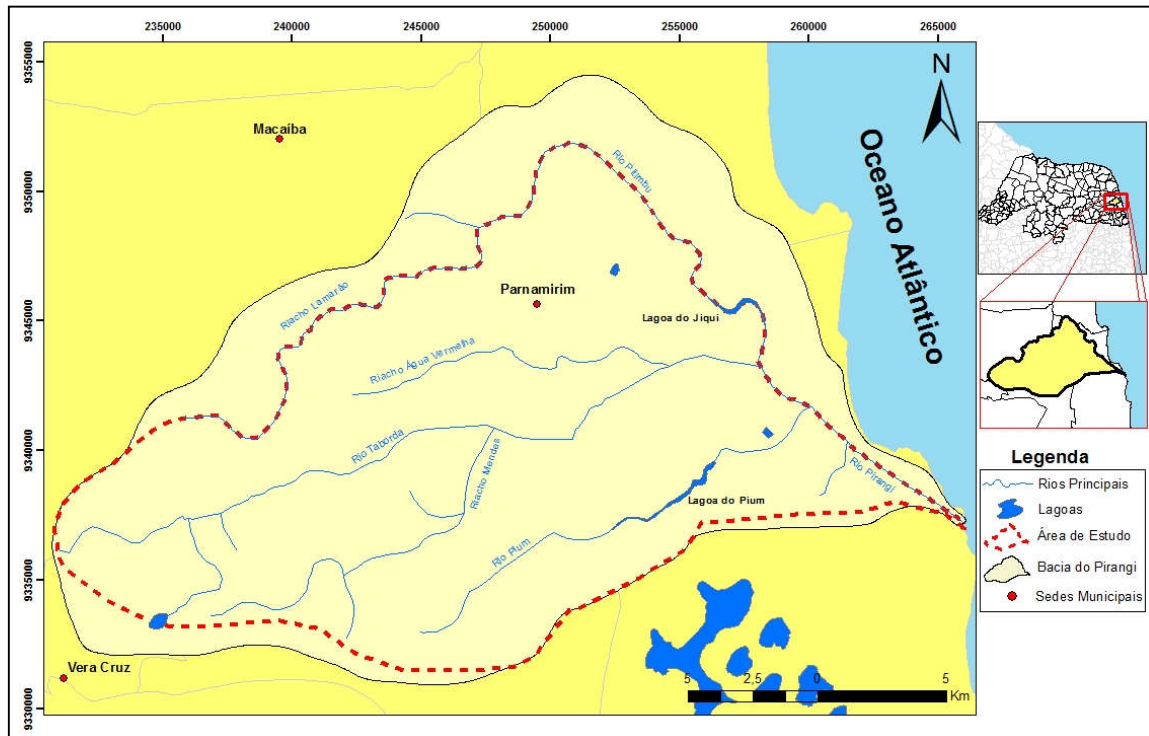


Figura 2.5. Mapa da rede hidrográfica da Bacia do Rio Pirangi com os principais corpos d'água.

2.4 Geomorfologia

Os municípios da Região Metropolitana de Natal, em geral, têm como unidade geomorfológica principal os Tabuleiros Costeiros (RADAMBRASIL, 1981). A seguir serão listadas e caracterizadas as unidades geomorfológicas presentes na área de estudo:

- Tabuleiros costeiros: rochas da Formação Barreiras com coberturas aluvio-coluvionares;
- Planície Fluvial: correspondente aos vales dos rios;
- Faixa Litorânea: composta por dunas móveis, dunas fixas e planícies fluvio-marinhas.

Na região o relevo é, de modo geral, sem grandes desníveis, a não ser nas proximidades dos vales dos rios e em direção ao semi-árido, onde são encontradas maiores cotas topográficas. Os Tabuleiros Costeiros ocupam a maior parte da área e corresponde a área de ocorrência das rochas da Formação Barreiras. As lagoas em grande parte estão situadas nos domínios dos Tabuleiros Costeiros, correspondendo a afloramentos da superfície freática que preenchem depressões existentes, como bom exemplo tem-se o caso da Lagoa do Jiqui no município de Parnamirim.

A planície fluvial corresponde à zona rebaixada. Em contato com o oceano é denominada planície litorânea.

As dunas ocorrem em uma parte restrita da área de estudo. Estas geralmente ocorrem sobre as rochas da Formação Barreiras e são elevações ou cristas de areias eólicas bem destacadas na paisagem. É provável de ocorrer dois tipos de dunas, as fixas e as móveis. As dunas móveis são mais frequentes de ocorrerem próximas a linha de costa, já as dunas fixas são mais comuns quando afastadas da linha de costa além do que, nestas pode-se perceber a presença de vegetação, uma diferença com relação às dunas móveis.

2.5 Vegetação

Quanto à vegetação são encontrados os seguintes tipos (CPRM, 2005):

- Floresta Subperifolia: vegetação constituída por árvores sempre verdes, que possuem grande número de folhas largas, troncos relativamente delgados, densa. Nesse caso, o solo apresenta-se recoberto por uma camada de húmus;
- Formação Tabuleiros Litorâneos: vegetação encontrada cobrindo os Tabuleiros Costeiros. Geralmente são áreas onde ocorreu intervenção humana;
- Ecossistema protegido: Mata Atlântica (áreas de proteção).

2.6 Geologia

Na região costeira do Estado do Rio Grande do Norte podem ser definidas duas províncias sedimentares: Província Sedimentar da Bacia Potiguar e Província Sedimentar da Bacia Costeira PE/PB/RN. As informações aqui apresentadas baseiam-se na revisão bibliográfica de dados disponíveis acerca da área de estudo para uma caracterização lito-estratigráfica, bem como do arcabouço tectono-estrutural.

Mabesoone *et al.*, (1991) realizaram uma revisão detalhada e sistemática da faixa sedimentar costeira, que abrange o trecho compreendido entre Natal/RN e o extremo Sul do Estado de Pernambuco.

Atualmente, Pessoa Neto *et al.* (2007) e Córdoba *et al.* (2007) consideram a Falha de João Câmara, no Alto de Touros, o limite leste da Bacia Potiguar. Feitosa *et al.*, (2002), baseado em medições elétricas e perfis de poços, apresenta uma caracterização tectono-estrutural das diferentes feições encontradas ao longo dos limites entre as duas bacias. Segundo SERHID (1998), o trecho compreendido entre o Alto de Touros e o Alto de Mamanguape é admitido como zona de transição entre as bacias Potiguar e Costeira (ver Figura 2.6).

As seguintes unidades geológicas podem ser identificadas, da base para o topo:

- Embasamento cristalino de idade Pré-Cambriana;
- Arenitos e carbonatos cretáceos do domínio da Bacia Costeira PE/PB/RN;
- Rochas Terciário-Quaternários da Formação Barreiras;
- Coberturas Cenozóicas.

O embasamento cristalino é representado principalmente por granitos, granodioritos, migmatitos e gnaisses correlatos às rochas do Complexo Caicó (Bezerra *et al.*, 1993 *apud* Lucena, 2005; CPRM, 2006).

A sequência infra-Barreiras corresponde às rochas sedimentares Cretáceas e são representadas pelos arenitos (basal) e carbonatos (topo) com intercalações areníticas, repousando em discordância com o embasamento cristalino (Costa, 1971 *apud* Lucena *et al.*, 2006; Costa & Salim, 1972).

As rochas sedimentares de idade Terciária-Quaternária da Formação Barreiras juntamente com as coberturas cenozóicas serão descritos detalhadamente mais adiante.

Estratigraficamente são levantadas duas hipóteses para as unidades cretáceas. A primeira de que esses sedimentos estão inseridos no Grupo Apodi da Bacia Potiguar, nas formações Açú (arenitos) e Jandaíra (calcários); a segunda, inseridos no Grupo Paraíba da Bacia Costeira Pernambuco-Paraíba, nas formações Beberibe (arenitos) e Gramame-Maria Farinha (calcários). A tendência é de aceitação da segunda hipótese de acordo com dados gravimétricos, sondagens elétricas, perfis de poços e correlações lito-estratigráficas disponíveis na bibliografia (Lucena, 2005). Segundo Contegge (1970 *apud* Lucena, 2005), o limite entre as duas bacias ocorre através de interdigitação entre os calcários Jandaíra e os arenitos Beberibe na região de Natal, ou de natureza estrutural, a partir do controle exercido por falhamentos associados ao *Graben* Natal (Feitosa, 1997).

A Bacia Costeira PE/PB/RN, de idade Cretácea, é interpretada por Asmus (1975 *apud* Furrier, 2006) como resultado final da evolução tectono-sedimentar das bacias marginais, onde contínua subsidência da margem continental resultou no espaçamento vertical e avanço progradacional dos sedimentos.

O modelo evolutivo proposto por Bertani *et al.*, (1990), adotado no âmbito deste trabalho, é composto por três unidades básicas: grabens, altos internos e plataformas do embasamento. Tais unidades apresentam-se preenchidas por sequências sedimentares cretáceas a terciárias, sendo estas distintas para cada compartimento morfo-estrutural.

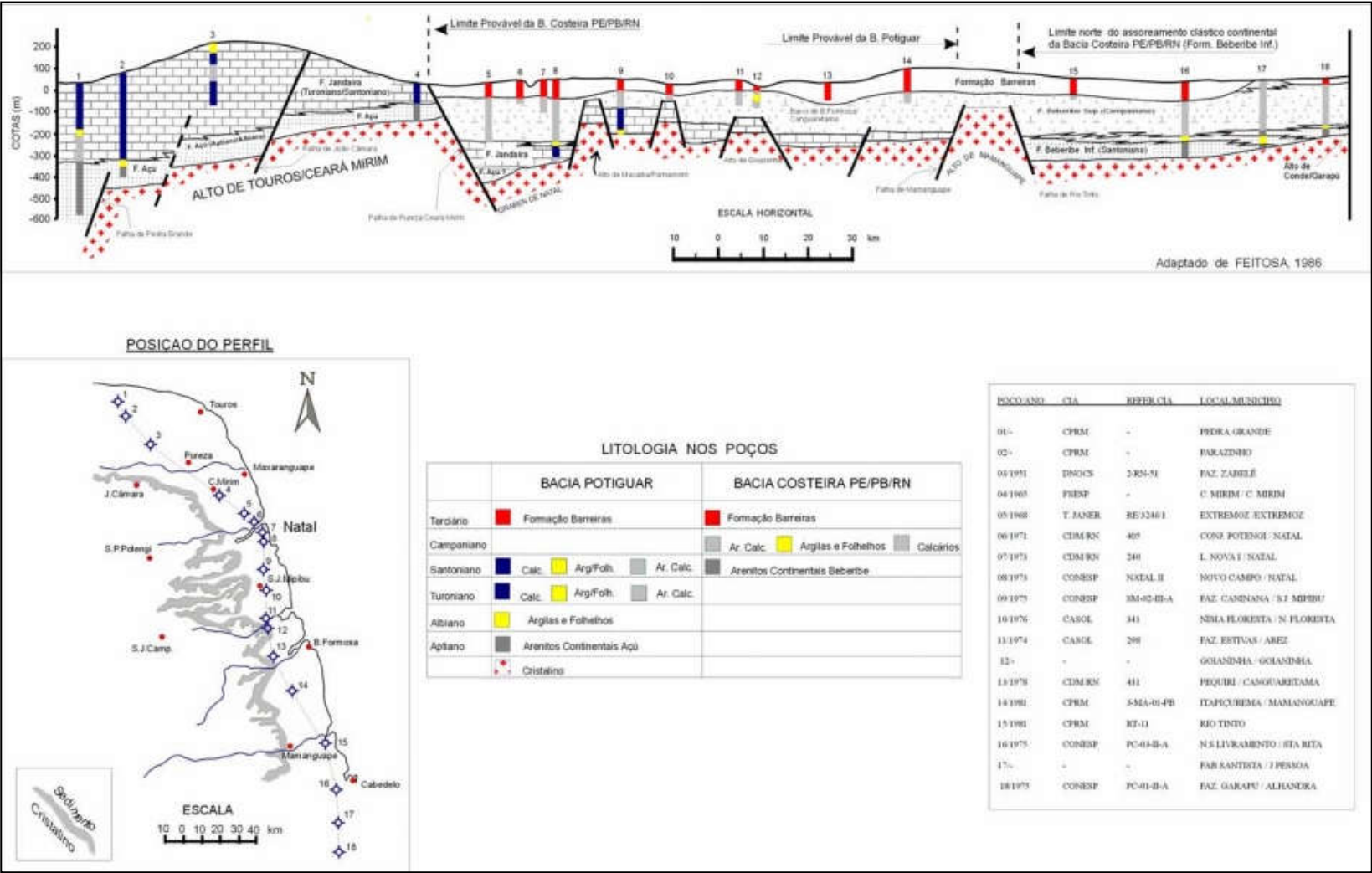


Figura 2.6. Estrutura Geológica mostrando os prováveis limites entre a Bacia Costeira PE/PB/RN e a Bacia Potiguar.(Fonte: Feitosa *et al.*, 2002).

2.6.1 Unidades Litoestratigráficas

As unidades litoestratigráficas que afloram na área de estudo estão resumidas na Figura 2.7 e podem ser observadas no mapa geológico da Figura 2.8.

Complexo Presidente Juscelino

Como definido por Dantas *et al.*, (2004 *apud* Angelim *et al.*, 2006), este complexo constitui a principal unidade litoestratigráfica do núcleo arqueano. Ocorre no trecho da BR-226 entre os municípios de Macaíba, Serra Caiada e Tangará. Os litotipos identificados correspondem principalmente a rochas de coloração cinza e esbranquiçada, granulação média a grossa, equigranular e bandamento milimétrico.

O complexo foi dividido em duas unidades litoestratigráficas de acordo com o grau de migmatização: Unidade de Ortognaisse e Migmatito. Na área de estudo, a Unidade de Migmatito aflora no setor oeste da área (Angelim *et al.*, 2006).

Formação Barreiras

As rochas da Formação Barreiras ocorrem ao longo de toda a faixa litorânea brasileira, desde o Estado do Rio de Janeiro até o Pará. Esta unidade está sobreposta discordantemente aos arenitos e calcários mesozóicos. Como exposto na bibliografia (Mabesoone *et al.*, 1977; IPT, 1982), arenitos de granulometria fina a grossa, por vezes conglomerático e com intercalações silto-argilosas ou argilo-arenosas compõem tal formação. É característica a presença de material altamente ferruginoso.

Ocorre uma grande variação lateral de fácies nas rochas do Barreiras, tanto vertical como horizontalmente. Na base, apresentam-se arenitos com granulometria grossa, por vezes conglomeráticos, de coloração avermelhada em virtude da presença de argila ferruginosa; e, em direção ao topo, os arenitos apresentam-se com granulometria fina podendo haver intercalações silto-argilosas ou argilo-arenosas, como já foi dito, sua coloração é variada, esbranquiçada, amarelada e avermelhada, com a possibilidade de serem observados em perfis litológicos argilas caulínicas resultantes da alteração de feldspatos (SERHID, 1998).

Na área de estudo, a Formação Barreiras ocupa a maior parte do território, sendo sotoposto em alguns locais pelos sedimentos Quaternários.

Sedimentos Quaternários

São sedimentos que capeiam os litotipos da Formação Barreiras. Na área de estudo são identificados os depósitos eólicos litorâneos de paleodunas, colúvio-eluviais e aluvionares que serão descritos nos tópicos seguintes.

Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas

De acordo com ANA (2012), são areias bem selecionadas, quartzosas, com granulometria variando de fina à média que se acumulam a partir da ação do vento. Seus grãos são subangulosos a arredondados podendo ser foscos ou polidos de coloração esbranquiçada. Normalmente, podem se apresentar com direção preferencial SE-NW, devido a direção predominante dos ventos na maior parte do ano. Na área de estudo ocorrem paleodunas em porção da região leste e com menor expressividade na porção superior. Nesse caso, os sedimentos não são tão bem selecionados quanto nas dunas recentes.

Depósitos Colúvio-Eluviais

Esses depósitos são constituídos de sedimentos arenosos ou areno-argilosos esbranquiçados ou avermelhados, por vezes constituindo depósitos conglomeráticos com seixos de quartzo predominantes (Angelim *et al.*, 2006). Os colúvios são característicos por sofrerem ação gravitacional alojando-se próximo e/ou na base das encostas. Já os sedimentos que formam os depósitos eluviais sofrem retrabalhamento ou são resultados da ação intempérica. Esses depósitos são pouco estratificados ou não apresentam estratificação.

Depósitos Aluvionares

Ocorrem ao longo dos vales dos rios acompanhando o sistema de drenagem da área. Em termos de composição litológica são constituídos por sedimentos arenosos e argilo-arenosos com níveis irregulares de cascalhos, formando depósitos de canal, de barras de canal e de planície de inundação (Angelim *et al.*, 2006).

CRONOESTRATIGRAFIA		GRUPO	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS
Cenozóico	Quaternário Terciário		Depósitos Aluvionares
			Depósitos Colúvio-Eluviais
			Depósitos Eólicos Litorâneos de Paleodunas
			Formação Barreiras
Mesozóico	Cretáceo	Grupo Apodi ou Grupo Paraíba	Fm. Açu (Ka) + Fm. Jandaíra (Kj) ou Fm. Beberibe + Fm. Gramame/ Maria-Farinha
Proterozóico/Arqueano			Embasamento Cristalino (Presidente Juscelino)

Figura 2.7. Coluna litoestratigráfica da área de estudo.

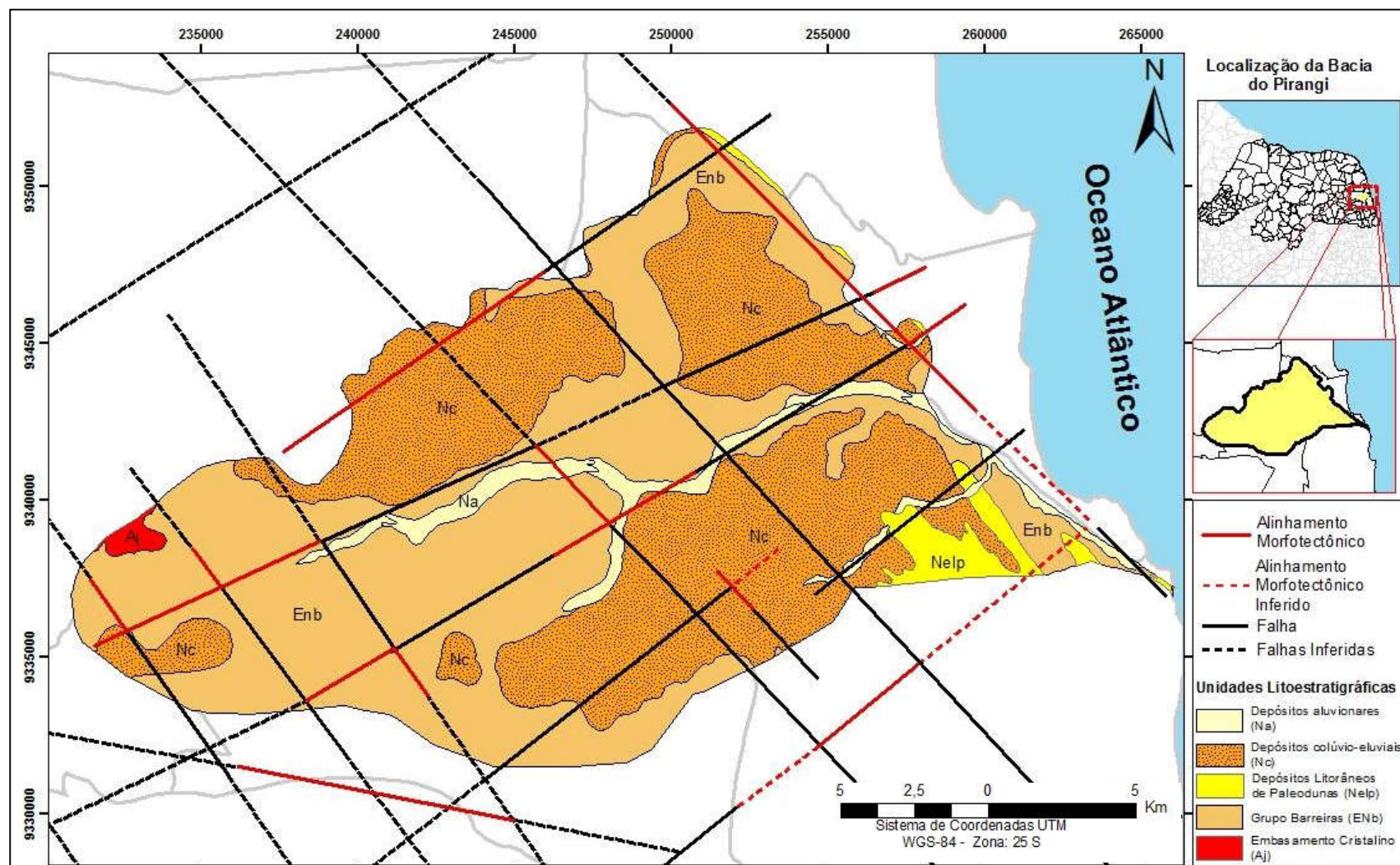


Figura 2.8. Mapa geológico simplificado da área de estudo com unidades litoestratigráficas, alinhamentos morfotectônicos e falhas geológicas presentes na área de estudo.

2.6.2 Contexto Tectono-Estrutural da Região

O início do desenvolvimento da Bacia Costeira se deu no Cretáceo e a tectônica atuante durante toda a evolução das bacias imprimiu um forte controle na geometria e deposição dos sedimentos, desde a sua ativação no Cretáceo até o Quaternário (Matos, 1987; SERHID 1998; Lucena, 1999; Bezerra *et al.*, 2001; Nogueira *et al.*, 2006).

Essa tectônica está associada principalmente ao Sistema de *Rifts* no Nordeste Brasileiro, que é geneticamente ligado à abertura do Oceano Atlântico no Cretáceo Inferior, sendo que o desenvolvimento dos falhamentos ocorre preferencialmente sob as discontinuidades pré-existentes no embasamento cristalino (Matos, 1987).

De acordo com Bezerra *et al.*, (2001), podem ser reconhecidos na área três principais direções de conjuntos de falhas, sendo eles: 040-060° NE; 300-320° NW; e 350-010° N. As direções NE e NW predominam da área de estudo. Essas direções exibem relações sistemáticas transversais sugerindo serem contemporâneas e agindo como pares de falhas conjugados (Figura 2.8).

ANA (2012) descreve que tais falhamentos ocorreram em três eventos deformacionais: o primeiro evento ocorreu no estágio *rift* e compreende uma deformação distensional na direção NW-SE, gerando falhas normais de direção NE que afetam o embasamento cristalino e sedimentos mais antigos; o segundo evento deformacional ocorreu no pós-*rift* e, assim como o anterior, apresenta caráter distensional, distinguindo as unidades mais novas com falhas de direção NE-ENE na sub-bacia Paraíba; o terceiro e último evento envolve distensão longitudinal às bacias, na direção N-S a NNE, resultando em falhas normais E-W a ENE ou oblíquas NE a NW, podendo fazer relação ao campo de tensões em escala continental que afeta a Placa Sul-Americana desde o Cretáceo Superior (Córdoba *et al.*, 2007).

Outros dois eventos posteriores na sub-bacia Paraíba teriam conduzido uma compartimentação tectônica controlada por falhas nas direções NW-SE e NE-SW, sendo um ocorrido antes e outra após a deposição da Formação Barreiras (Bezerra *et al.* 2001; Nogueira *et al.* 2006).

Os falhamentos presentes na área de interesse formam o limite entre os *grabens* e *horsts* que são responsáveis pelo arcabouço estrutural da costa leste onde se insere a Bacia PE-PB-RN (Bezerra *et al.*, 2001). Costa (1971, *apud* Lucena, 2005) fazendo uso de prospecção geofísica e correlação litológica em poços na área, caracterizou uma tectônica com falhas de gravidade em Parnamirim de direção NW-SE, denominado *Graben* Parnamirim. O Rio Pitimbu se apresenta preferencialmente na direção NW-SE de acordo com

o *Graben* Parnamirim. No município de Nísia Floresta, a Sul da área em apreço, destaca-se o *Graben* Papary de direção SW-NE (Lucena e Queiroz, 1996). Ver Figura 2.9.

As lagoas inseridas nesta região tem sua origem relacionada a interseção de falhamentos com direções variadas. A Lagoa do Pium está disposta na direção preferencial SW-NE. Diferentemente, a Lagoa do Jiqui segue direcionada como o Rio Pitimbu, NW-SE.

Localmente, de conformidade com as observações de campo é marcante a presença de vales úmidos encaixados, bem como, a ocorrência de drenagens no fundo desses vales. É importante ressaltar que o controle dos principais vales da região e a disposição das unidades estratigráficas quaternárias em direções preferenciais se faz devido a essa compartimentação estrutural impressa na área (Lucena, 2005).

O limite principal entre a Formação Barreiras e os depósitos quaternários é dado pelas falhas. Os falhamentos que afetam as unidades estratigráficas Cenozóicas ocorreram a profundidades muito rasas (Bezerra *et al.*, 2001). O padrão de drenagem e a morfologia aluvial são fortemente controlados por falhamentos geológicos.

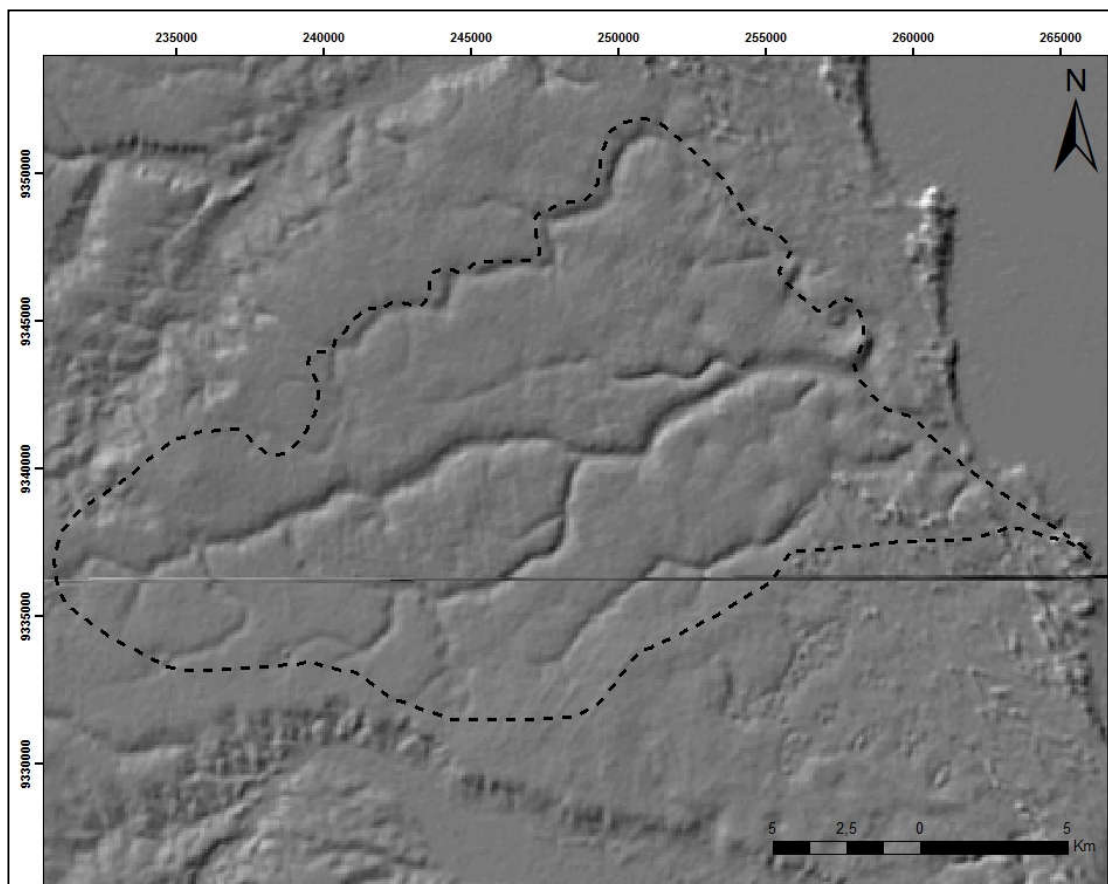


Figura 2.9. Hillshade destacando os vales dos rios dispostos com direção NE e NW na área de estudo.

3. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

3.1 Inventário de Pontos d'Água

O cadastro de pontos d'água realizado no âmbito deste estudo foi realizado no período de Maio-Junho do ano de 2014. Utilizou-se também os arquivos de dados de poços da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e do Departamento de Geologia da UFRN (DG-UFRN). Além das informações adquiridas, os poços que compõem o inventário de pontos d'água serão úteis na definição da rede de monitoramento e na avaliação da retirada de água.

Foram cadastrados um total de 268 poços incluindo particulares (tubulares e cacimbões) e poços pertencentes ao sistema público de abastecimento (Figura 3.2). Os dados coletados são relativos a profundidade dos poços, diâmetro, nível estático, dinâmico, vazão, condutividade elétrica, pH, temperatura, dentre informações sobre o uso da água e regime de bombeamento da unidade de captação cadastrada.

O número de cacimbões cadastrados foi de 36, alguns já abandonados, outros ainda em uso, porém pouco expressivos na retirada de água, os quais são utilizados para fins secundários. No que diz respeito aos poços tubulares, 140 unidades foram cadastradas, portanto, número bem mais expressivo. Alguns desses poços tubulares encontraram-se sem acesso, devido ao receio por parte dos proprietários quanto ao roubo de bombas submersas; a maior parte dos pontos d'água estavam acessíveis, sendo esses pontos de captação de grande importância na elaboração dos estudos.

Dentre os poços particulares cadastrados, 58% destinam-se à captação de água para o uso doméstico, 20%, para poços com mais de uma finalidade, que é o caso dos poços usados para uso doméstico e para irrigação, ou doméstico e industrial. Para o uso exclusivamente industrial foram identificados 10% dos poços, o mesmo número de poços foi cadastrado para o uso destinado a irrigação. Apenas 2% das unidades de captação são utilizados para fim apenas da dessedentação animal, (Figura 3.1).

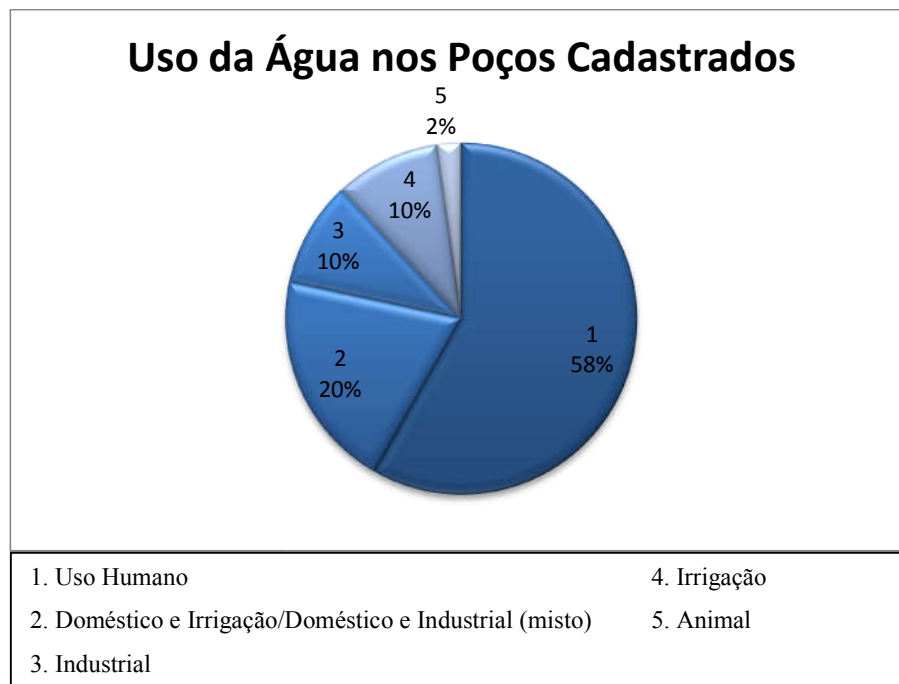


Figura 3.1. Distribuição do uso da água nos poços cadastrados.

A profundidade mínima obtida dos poços particulares foi de 2,26 m (cacimbão no município Macaíba) e a máxima foi de 100 m (poço tubular no município de Parnamirim), com média de 30,75 m. O nível estático mínimo encontrado foi de 30 cm e o valor máximo de 34,1 m, com média de 15,78 m.

O diâmetro de revestimento nos poços particulares varia de 4 a 8 polegadas, na maioria das vezes revestidos com PVC Geomecânico, ou no caso dos mais antigos, se apresentam de PVC Branco. Para o bombeamento, predomina o uso de bomba submersa e, menos comumente, bomba automática.

Com as informações disponibilizadas pelos próprios moradores e proprietários dos poços foi encontrada uma vazão mínima de 5 m³/h e máxima de 20 m³/h e estimada uma vazão média de 10 m³/h. Consequentemente, foi calculado o volume de água bombeado, operando em regime de 6/24h, a produção total estimada é de 3,0x10⁶ m³/ano.

O sistema público de abastecimento de água na cidade de Parnamirim é realizado pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Esses poços correspondem a um total de 92 captações, dos quais 18 são poços já desativados por insuficiência de vazão.

A profundidade mínima encontrada dentre os poços operados pela CAERN é de 38 m, a máxima encontrada foi de 95 m, com média de 57,6m. O nível estático mínimo encontrado

foi de 1,96 m e o valor máximo de 30,6 m, com média de 20,04 m. O diâmetro de revestimento varia de 6 a 8 polegadas e, todos são revestidos em PVC Geomecânico. Apresentam encascalhamento artificial (pré-filtro) na altura dos filtros e cimentação no espaço anelar, acima do pré-filtro. A capacidade de produção varia de 20 a 105 m³/h, e operam em regime de 24/24 h. A vazão de produção dos 74 poços em operação é de 30,5x10⁶ m³/ano.

Estima-se que por ano, seja explotado do Sistema Aquífero Barreiras um volume de 33,5x10⁶ m³/ano, incluindo os poços públicos e particulares.

O mapa abaixo (Figura 3.2) apresenta a disposição de todos os pontos que compõem o banco de dados utilizado para o desenvolvimento do presente estudo.

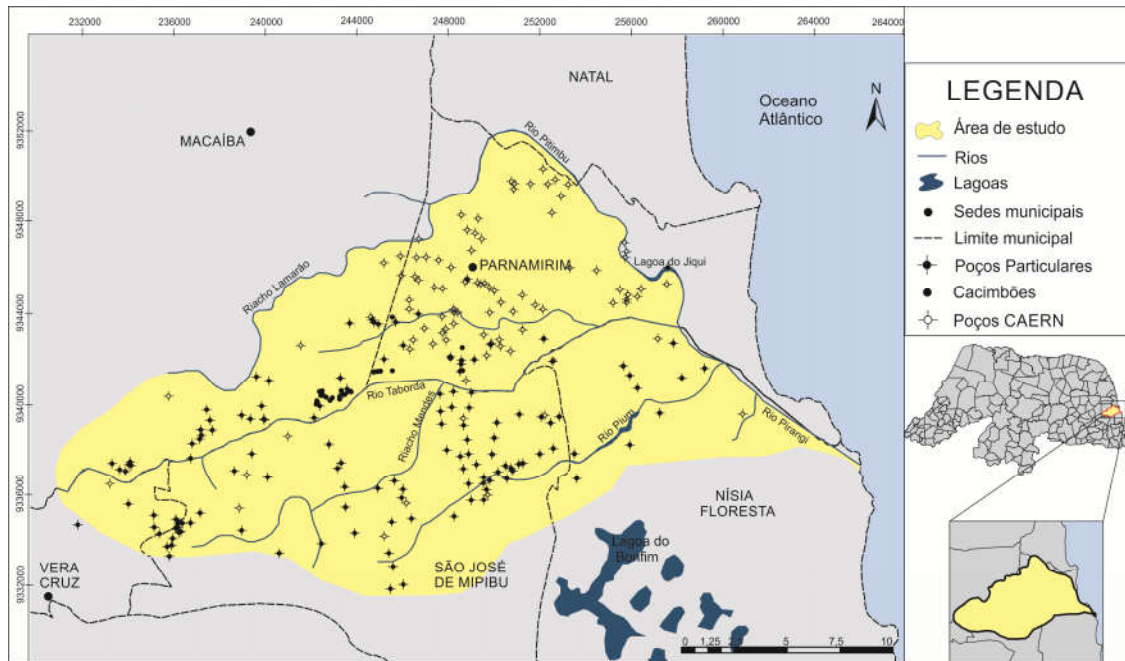


Figura 3.2 Mapa de pontos d'água cadastrados em campo, operados pelo sistema público de abastecimento (CAERN) e de particulares.

A vazão específica ou capacidade específica de poços (q) foi estimada a partir da razão entre a vazão de bombeamento (Q) e a variação de rebaixamento (Δs), conforme a seguir:

$$q = \frac{Q}{\Delta s}$$

Onde,

q : vazão específica (m³/h/m);

Q : vazão de bombeamento (m³/h);

Δs : variação de rebaixamento em relação ao tempo (m).

Os valores de vazão específica ou capacidade específica, como também pode ser denominado, calculados a partir de dados fornecidos pelo sistema público para a área de estudo apresentaram uma média de $7,46 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. O valor mínimo encontrado foi de $0,35 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ na região do Mendes, entre o município de Parnamirim e São José de Mipibu. O valor máximo obtido foi de $25 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (PT-21PQI, localizado no Parque Industrial-Parnamirim). O poço PT-72, localizado próximo ao PT-21PQI, apresenta valor semelhante, de $21,5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (Figura 3.3).

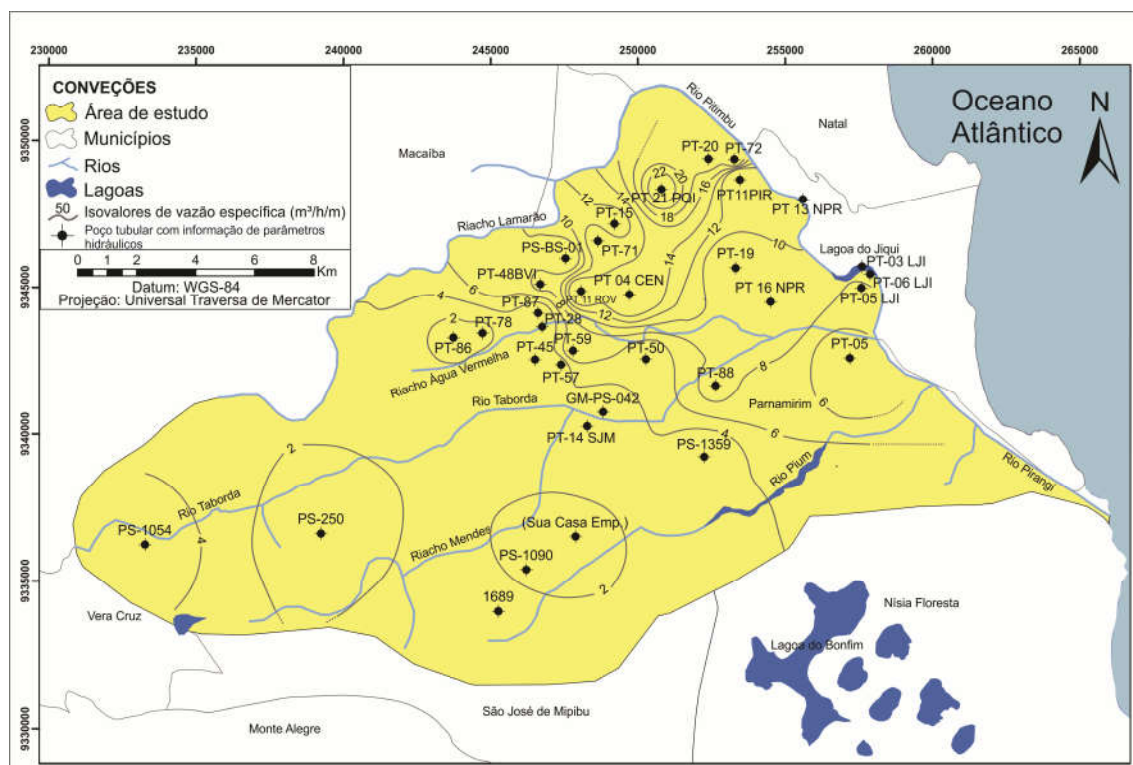


Figura 3.3. Vazão específica do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.

3.2 O Sistema Aquífero Barreiras (SAB)

Segundo IPT (1982), Melo (2009) e ANA (2012), o Aquífero Barreiras é a unidade mais importante na área de interesse do presente estudo. Sua elevada potencialidade hídrica, bem como a facilidade de captação de água e a excelente qualidade da mesma em sua condição natural apontam tal importância. Tal unidade constitui a principal fonte de suprimento hídrico com água potável no abastecimento de populações urbanas e rurais, como também utilizado no desenvolvimento de culturas irrigadas e no desenvolvimento industrial (ANA, 2012).

O Aquífero Barreiras apresenta um caráter poroso intersticial e é constituído por rochas sedimentares Terciária-Quaternária repousando sobre arenitos e calcários mesozóicos e sobrepostas por sedimentos recentes. Rochas carbonáticas cretáceas não aflorantes correspondem ao topo do limite inferior da unidade aquífera aqui descrita, que se comportam como *aquitard* devido suas características hidrodinâmicas (IPT, 1982; Melo, 1995; SERHID, 1998).

Com geometria tabular, seus estratos dispõem-se, praticamente, de forma horizontal e espessuras variadas. Em escala regional (SERHID, 1998), a litologia é constituída por arenitos finos a grossos, com níveis conglomeráticos e intercalações de siltitos e argilitos conferindo ao aquífero grandes variações de fácies tanto lateral quanto verticalmente. Essa característica do aquífero Barreiras se dá pelo controle tectono-estrutural presente na área e influenciam na recarga e armazenamento das águas subterrâneas.

A variação da espessura do Aquífero Barreiras é fortemente controlada pela compartimentação estrutural, presença de *grabens* e *horsts*. A Formação Barreiras, onde ocorre o aquífero homônimo, tem uma espessura de até 80 m em blocos rebaixados e de 20 a 30 m em blocos soerguidos, provavelmente devido a falhamento sin-sedimentar e erosão (Bezerra *et al.*, 2001). Regionalmente, a espessura da formação que compõe esta unidade aumentam na direção leste, podendo chegar a 100,00 na linha de costa (SERHID, 1998).

Este aquífero comporta-se como livre ou semi-confinado de acordo com a presença de camadas semi-confinantes de baixa permeabilidade que podem ocorrer na porção superior da camada aquífera, definindo certo confinamento aos estratos inferiores do aquífero.

A denominação *Sistema Aquífero Barreiras* foi dada por Melo (1995) em contexto regional a fim de mostrar que as unidades Dunas e Barreiras constituem um sistema hidráulico único. Desse modo, as Dunas realizam a transferência das águas da chuva que percolam verticalmente favorecendo a recarga e a renovação das águas do aquífero Barreiras subjacente. Esse mecanismo ocorre principalmente quando a interface Dunas-Barreiras não apresenta características de confinamento mantendo, assim, o sistema livre. Se ocorrer a presença de *aquitard*, o Barreiras é classificado como semi-confinado, porém as Dunas ainda podem alimentá-lo por drenança vertical descendente, sabendo que, em geral, as Dunas apresentam maior carga potenciométrica que o Barreiras, favorecendo tal processo.

3.3 Estrutura Hidrogeológica

A fim de definir a estrutura e geometria do Aquífero Barreiras foi feita correlação entre 14 poços do sistema público de abastecimento com perfis litológicos e construtivos,

selecionados de acordo com a distribuição espacial. Duas seções hidrogeológicas foram traçadas ao longo da área de interesse. Ambas apresentam direção preferencial SW-NE (Figura 3.4). A maioria dos poços utilizados para a elaboração das seções hidrogeológicas são totalmente penetrantes. Ou seja, atravessam toda a Formação Barreiras e atingem o topo do arenito calcífero/calcário. Os perfis litológicos e construtivos podem ser observados no ANEXO A desta dissertação.

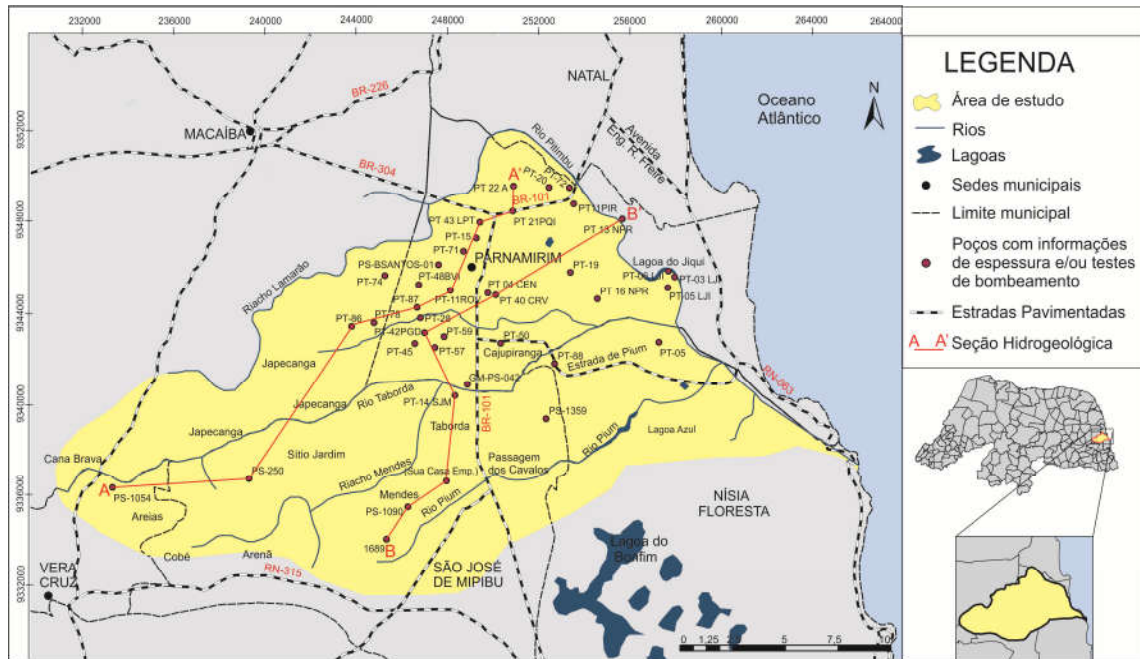


Figura 3.4. Mapa de localização das seções hidrogeológicas A-A' e B-B'.

Seção Hidrogeológica A-A'

A seção hidrogeológica A-A' (Figura 3.5) está disposta com direção, aproximadamente, SW-NE, cruzando o Rio Taborda. Nos perfis litológicos desta seção prevalecem arenitos de granulometria fina a grossa, conferindo heterogeneidade ao aquífero. Arenitos finos argilosos e argilitos arenosos estão notadamente localizados na porção superior. Na porção inferior dos perfis percebe-se a presença, predominantemente, de rochas de granulometria mais grossa. Os sedimentos finos argilosos comumente encontrados na porção superior conferem ao aquífero características de semi-confinamentos localizados como representado na seção.

A correlação entre os perfis sugere a ocorrência de falhamentos com uma estruturação escalonada associada a *horsts* e *grabens*, e a variação lateral de fácies proporcionada por essa compartimentação, corroborando com o caráter regional. Essa estruturação é evidenciada

principalmente na correlação entre os poços PT-43LPT, PT-21PQI, PT-22A. Como já dito, esses compartimentos tectônicos influenciam nas espessuras do sistema aquífero Barreiras, bem como nas suas propriedades hidrodinâmicas (Bezerra *et al.*, 2001).

Nesta seção, a espessura do Barreiras varia de 29,0 m (poço PS-250, localizado no Arenã, município de São José de Mipibu) a 86,0 m (poço PT-22A, localizado no Parque Industrial, município de Parnamirim), e as espessuras saturadas (desconsiderando os níveis argilosos) variam de 18,7 m (poço PT 21 PQI, no Parque Industrial) a 44,4 m (poço PT 22A).

Em ambas as seções os sedimentos Quaternários capeiam a maior parte das rochas da Formação Barreiras.

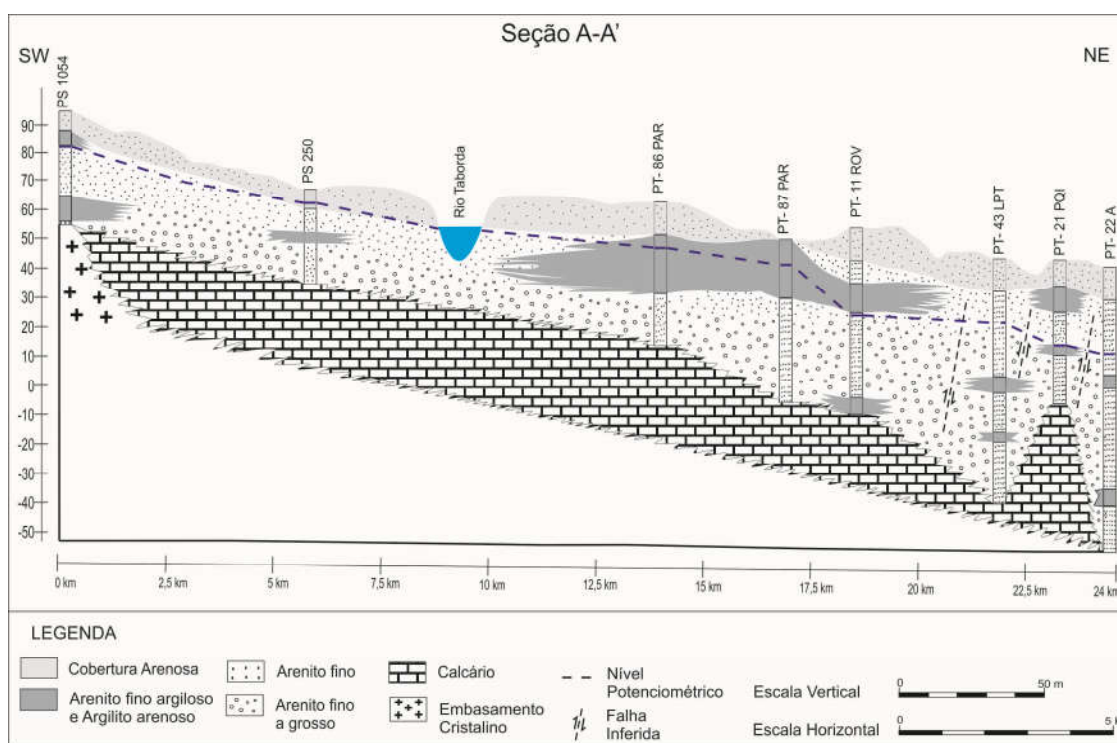


Figura 3.5. Seção hidrogeológica A-A'.

Seção Hidrogeológica B-B'

A seção hidrogeológica B-B' (Figura 3.6) está disposta com direção, aproximadamente, SW-NE e atravessa o Rio Taborda, o Riacho Água Vermelha e o Rio Pitimbu. Assim como na seção A-A', nesta também pode-se observar, a partir da correlação entre os perfis litológicos, a presença, dominante, de arenitos de granulometria variada. Na porção inferior é comum a presença de arenitos de granulometria média a grossa. Arenitos argilosos e argilitos arenosos ocorrem, de maneira geral, na porção superior da unidade

aquífera. Esses sedimentos mais finos, argilosos, conferem características de semi-confinamento ao aquífero como representado na seção (Figura 3.6).

Nesta seção, a espessura da Formação Barreiras varia de 39,0 m (poço PT-14 SJM, localizado no Loteamento Caminho das Águas, município de São José de Mipibu) a 76,0 m (poço PT-13 NPR, localizado no bairro de Nova Parnamirim), e as espessuras saturadas variam de 15,5 m (poço PT-14 SJM) a 48,0 m (poço Sua casa emp., localizado no Mendes).

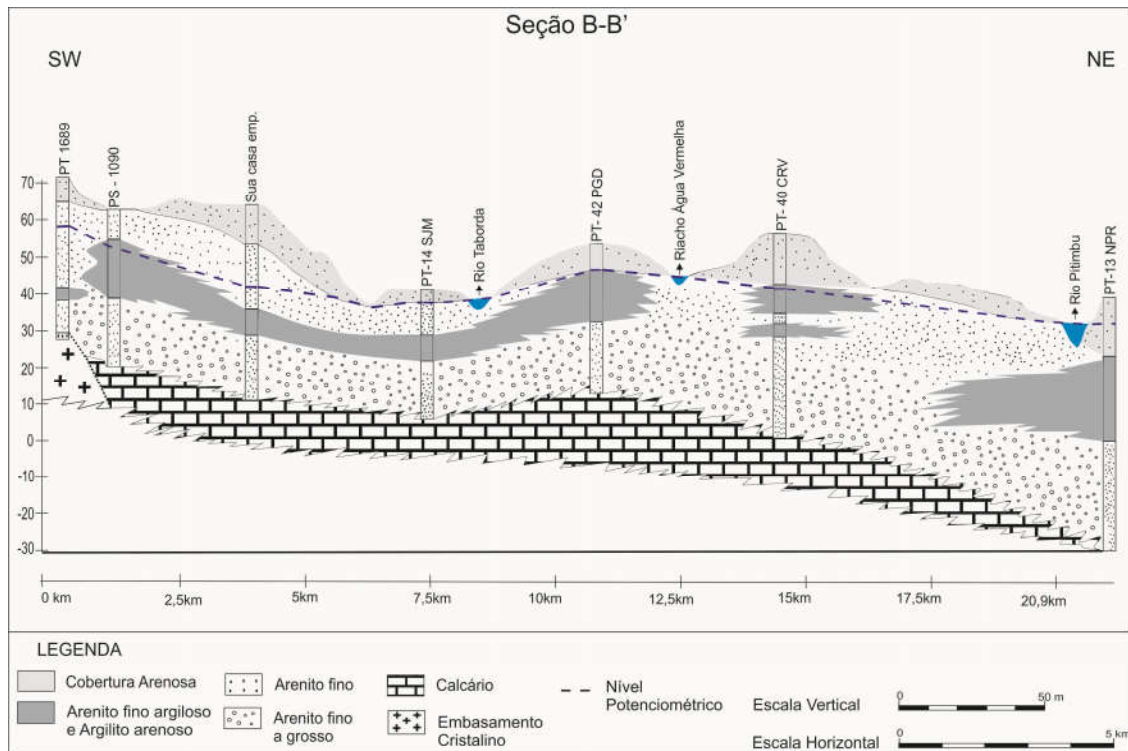


Figura 3.6. Seção hidrogeológica B-B'.

3.4 Parâmetros Hidráulicos do SAB

Os parâmetros hidráulicos do Sistema Aquífero Barreiras foram avaliados com base nos perfis litológicos e construtivos e testes de bombeamento de 34 poços tubulares (Figura 3.7), que permitiram estimar: espessura da Formação Barreiras (e); espessura saturada (h_0); transmissividade (T); condutividade hidráulica (K); e Porosidade Específica (μ).



Figura 3.7. Mapa de poços com informações de perfil litológico e testes de bombeamento a partir dos quais foi possível avaliar os parâmetros hidráulicos.

3.4.1 Espessuras do SAB

Para caracterizar as espessuras do SAB, no âmbito deste estudo, serão apresentados mapas de isovalores obtidos através da avaliação dos perfis litológicos da base de dados que compõem o presente trabalho.

A partir da avaliação dos perfis litológicos verificou-se que a espessura da Formação Barreiras, onde ocorre o aquífero homônimo, varia de 29 a 95 m de profundidade, com média de 57,7 m. Já a espessura saturada (desconsiderando os níveis argilosos) varia de 15,47 a 56,5 m, com média de 32,45 m, Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Espessura total e espessura saturada dos poços utilizados para a caracterização das espessuras do Sistema Aquífero Barreiras.

Poço	Coordenadas		e	h ₀
	UTM X	UTM Y	(m)	(m)
PT-05	257193	9342594	69	38,55
PT-15	249200	9347162	69	50
PT-20	252390	9349370	50	23,5
PT-28	246755	9343656	50	28
PT-50	250267	9342550	64	18
PT-57	247390	9342368	52,6	24,6
PT-59	247791	9342840	53	22
PT-71	248638	9346582	56	30,46
PT-72	253274	9349358	60	25
PT-74	245205	9345520	49,5	17,2
PT-78	244722	9343442	43	22
PT-86	243744	9343290	44	22
PT-87	246610	9344122	50	32
PT-88	252636	9341658	56	23
PT11PIR	253459	9348662	95	50
PS-BSANTOS-01	247545	9345995	52	27
PT-45	246509	9342544	54	32,3
PT-48BVI	246680	9345111	57	24
PT-05 LJI	257580	9344984	47	45,43
PT-06 LJI	257605	9345719	76	50
PT-03 LJI	257884	9345453	59	53,6
PT-19	253315	9345657	75	56,5
PT 11 ROV	248073	9344869	56	23,11
PT 04 CEN	249707	9344760	60	33,61
PT 16 NPR	254500	9344500	80	40,3
PT 21 PQI	250803	9348344	41,5	18,68
PT 13 NPR	255600	9348000	76	38,85
PT 43 LPT	249356	9347855	74	41,31
PT 42 PGD	246937	9343013	44	19,82
PT 40 CRV	250051	9344674	60	29
PT 22 A	250830	9349430	86	44,42
PT-14 SJM	248271	9340270	39	15,47
GM-PS-042	248818	9340759	61	54
PS-250	239250	9336620	29	25
(Sua Casa Emp.)	247890	9336518	60	48
PS-1359	252254	9339238	70	37
PS-1090	246208	9335390	48	24
1689	245267	9333974	52	35
PS-1054	233279	9336236	35	23

e: espessura do Barreiras; h₀: espessura saturada.

A grande variação nos valores de espessura está condicionada a presença de falhamentos na região conforme a compartimentação estrutural, bastante comum na área (conforme exposto no Capítulo 2).

A Figura 3.8 apresenta o mapa de isópacas (espessura) do Sistema Aquífero Barreiras com curvas definidas em equidistância de 5,0 m. O aumento das espessuras ocorre de montante para jusante com relação ao fluxo subterrâneo. As menores espessuras são registradas no alto curso da Bacia do Rio Taborda, onde são verificados valores inferiores a 35 m, com um mínimo de 29 m. As maiores espessuras são encontradas no setor nordeste da área de estudo (cidade de Parnamirim) com valores superiores a 80 m e um máximo registrado de 95 m.

A Figura 3.9 apresenta o mapa de espessura saturada do Aquífero Barreiras com equidistância de 2,0 m. De comportamento similar ao mapa de isópacas elaborado para a região, as espessuras saturadas aumentam na direção geral do fluxo subterrâneo (de montante para jusante). Na porção oeste, as espessuras saturadas correspondem a valores menores que 25 m. No setor leste, as mesmas ultrapassam os 50 m.

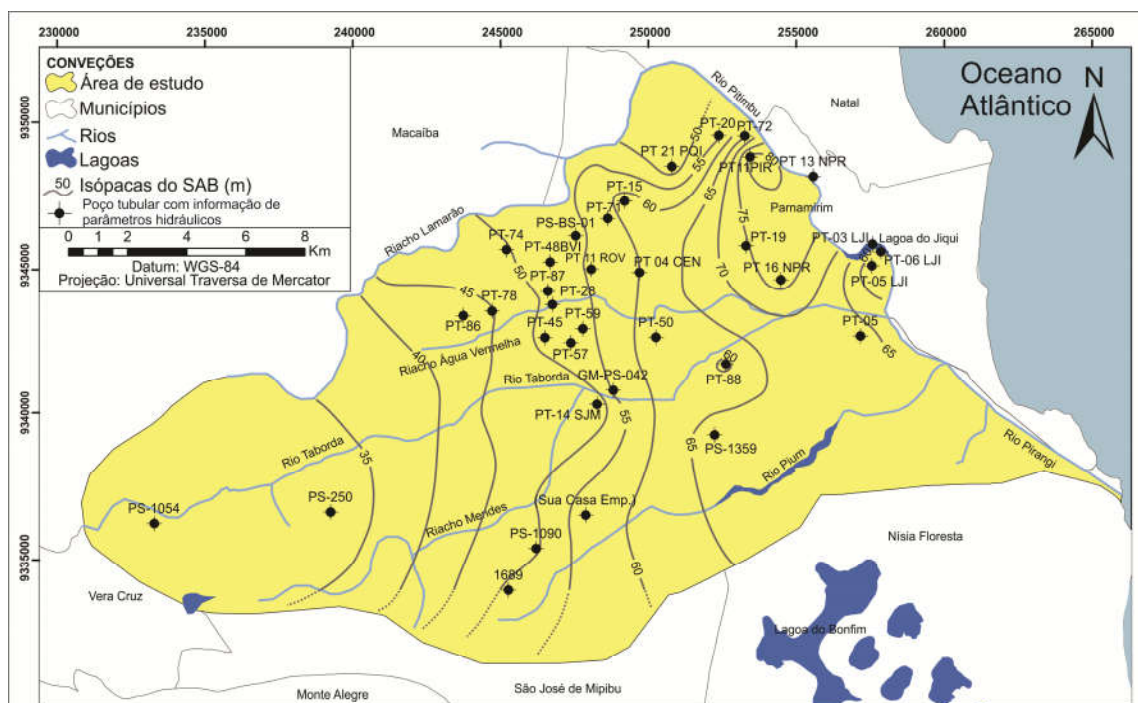


Figura 3.8. Isópacas do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.

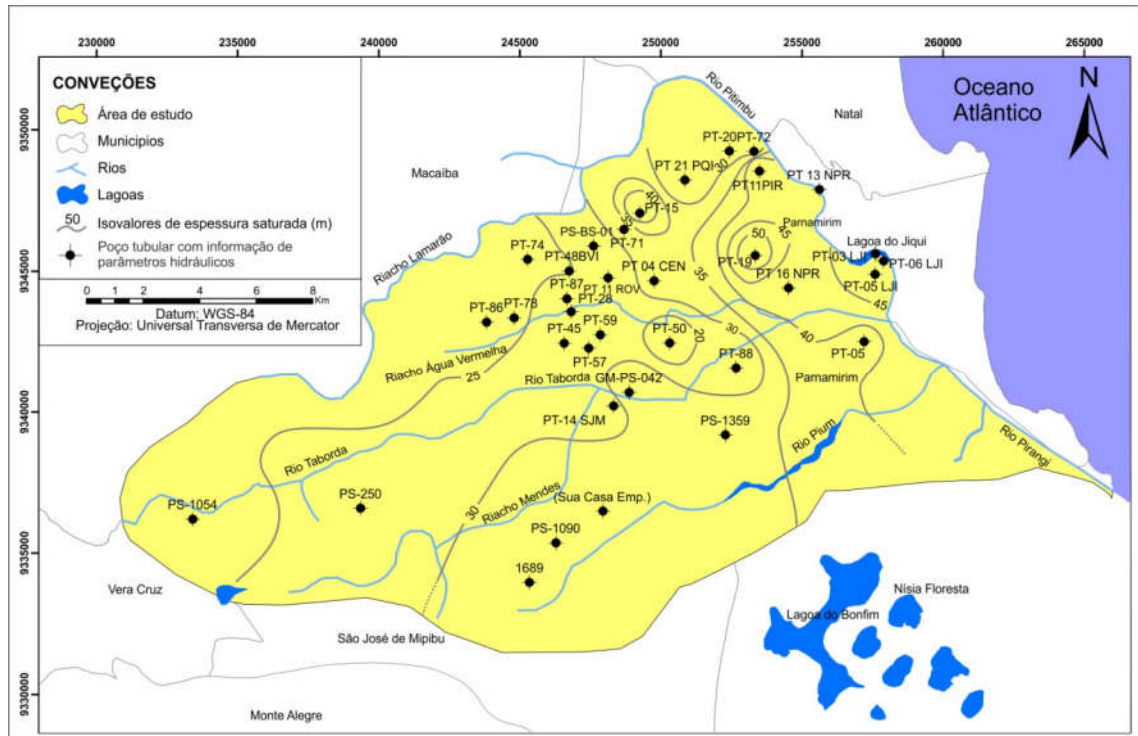


Figura 3.9. Mapa de espessura saturada do Sistema Aquífero Barreiras na área de estudo.

3.4.2 Parâmetros Hidrodinâmicos do SAB

Após a caracterização do sistema Aquífero Barreiras no que diz respeito a sua estrutura e espessuras, segue-se com a avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos, sendo eles: transmissividade (T), condutividade hidráulica (K) e porosidade específica (μ).

Aplicação do Método de Cooper-Jacob Rebaixamento-Tempo para avaliação de T e K

Este método é a simplificação do Método de Theis para valores maiores de tempo de bombeamento e pequenas distâncias no poço bombeado, ou seja, valores menores de u . Sendo u um parâmetro analítico de Theis e igual a $r^2S/4Tt$ ($u < 0,01$).

O método de Cooper-Jacob é aplicado para casos de aquíferos confinados, porém, este pode ser aplicado em condições de aquífero livre desde que sejam feitas as devidas correções de rebaixamento. Para avaliar a Transmissividade e a Condutividade Hidráulica são utilizadas as equações que seguem:

$$\Delta S = \frac{0,183Q}{T} \log \frac{t_2}{t_1} \quad \text{e} \quad T = K \times b$$

Onde:

ΔS : é a variação do rebaixamento em metros, entre o intervalo de tempo t_1 e t_2 ;

Q : é a vazão bombeada em m^3/s , esta se mantém constante durante o bombeamento;

T : é a transmissividade do aquífero em m^2/s ;

K : é a condutividade hidráulica em m/s ;

b : é a espessura saturada do aquífero, em metros, no caso de aquífero livre ou simplesmente a espessura do aquífero, no caso do aquífero semi-confinado.

Teoricamente, os dados de rebaixamento-tempo se ajustam a uma reta quando plotados em papel semi-logarítmico. De fato, nem sempre os dados de campo se ajustam a uma reta. Nesse caso, convém selecionar o trecho médio por duas razões: primeiro, no início dos testes os rebaixamentos são muito rápidos e, portanto, susceptíveis de erros; segundo, no trecho final os rebaixamentos podem estar influenciados por fronteiras de recarga (por exemplo, rios) ou fronteiras de descarga (por exemplo, falhas envolvendo descontinuidades geológicas). Sendo assim, a estimativa de Transmissividade e Condutividade Hidráulica são obtidas de acordo com o trecho intermediário. A configuração da reta é obtida com valores de o rebaixamento ao longo do eixo Y (escala natural) e X (tempo) em escala logarítmica.

As condições para a solução do método Cooper-Jacob Rebaixamento-Tempo são:

- O aquífero é confinado;
- O aquífero é homogêneo, isotrópico e de espessura uniforme sob a área influenciada pelo bombeamento;
- O regime é de não equilíbrio;
- Os valores de u são pequenos ($u < 0,01$);
- Quando o rebaixamento é pequeno em relação a espessura, o método pode ser aplicado a aquíferos livres mediante a correção de Jacob.

Correções de Jacob para Aquíferos Livres:

O nível d'água em aquíferos não confinados é igual à elevação de carga potencial. A transmissividade não é constante e diminuirá com o aumento do rebaixamento. Isso significa que não existe um fluxo apenas horizontal para o poço, mas também uma componente vertical, que aumentará quanto mais próximo do poço.

Sendo assim, para aquíferos classificados como livre, os rebaixamentos, sempre que necessário, devem ser submetidos à seguinte correção proposta por Jacob (1944) é expressa pela equação abaixo:

$$s' = s - \frac{s^2}{2h_0}$$

Onde:

s' : é o rebaixamento corrigido em metros;

s : é o rebaixamento observado em metros;

h_0 : é a espessura saturada do aquífero em metros.

Cálculo para Estimativa de μ :

Para o cálculo da porosidade específica (μ), no âmbito deste trabalho, foram considerados os valores de condutividade hidráulica para serem aplicados na fórmula empírica que relaciona esses parâmetros, denominada equação de Biecinski(Pazdro, 1983, In: Alvares e Niedzielski, 1996) que segue:

$$\mu = 0,117 \cdot \sqrt[3]{K}$$

Parâmetros Hidrodinâmicos obtidos em estudos anteriores

Lucena (2005) avaliou os parâmetros hidrodinâmicos para a área da Bacia do Rio Pirangi a partir dos resultados obtidos na interpretação de dois testes de aquífero. A Tabela 3.2 abaixo apresenta o resumo desses dados.

Tabela 3.2. Resultados dos testes de Aquífero nº 1 e nº 2 obtidos por Lucena (2005).

Parâmetros	PT-02-Poço Bombeado	Poço Tubular Bombeado
Prof. (m)	60	65
NE (m)	12	16,04
T (m²/s)	5,18x10⁻²	1,53x10⁻³
S	1,14x10⁻⁶	5,28x10⁻¹

Em Melo (2008), os resultados encontrados com relação aos parâmetros hidrodinâmicos foram (Tabela 3.3):

Tabela 3.3. Resultados obtidos por Melo (2008).

Parâmetros	
T (m²/s)	3,92x10 ⁻⁵ a 4,98x10 ⁻³ m ² /s
K (m/s)	1,03x10 ⁻⁶ a 3,11x10 ⁻⁴ m/s
K' (m/s)	2,0x10 ⁻⁸ m/s
S	1,48x10 ⁻⁴

Para o presente estudo, contou-se com informações de testes de bombeamento de 34 poços tubulares já existentes. Com a avaliação dos dados disponíveis, foi possível concluir que: grande parte dos resultados dos testes de bombeamento nos poços apresentou valores de transmissividade na ordem de grandeza de 10^{-3} m²/s. O valor mínimo obtido foi de $1,07 \times 10^{-4}$ m²/s ou 9,2 m²/dia e o valor máximo de $2,8 \times 10^{-2}$ m²/s ou 2419,2 m²/dia, sendo o valor médio encontrado igual a $5,9 \times 10^{-3}$ m²/s ou 510,87 m²/dia.

No mapa de transmissividade apresentado na Figura 3.10, a unidade utilizada foi m²/dia. Pode-se verificar, com a distribuição de valores no mapa, que a transmissividade cresce de oeste para leste. No setor oeste são observados valores de aproximadamente 100 m²/dia até 400 m²/dia, em direção a cidade de Parnamirim. No setor leste, os valores aumentam de 400 até 700 m²/dia. Na porção nordeste, na cidade de Parnamirim, os valores são mais elevados e as transmissividades atingem mais de 1000 m²/dia como mostram as linhas de contorno observadas no mapa (Figura 3.10).

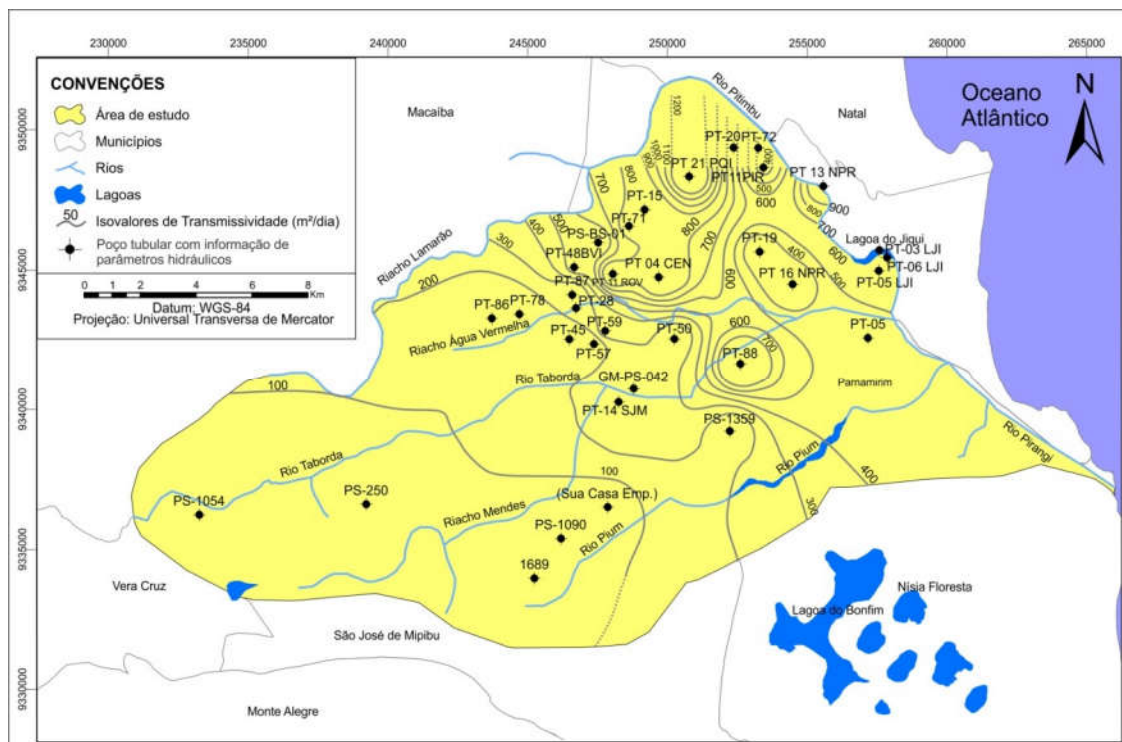


Figura 3.10. Mapa de Transmissividade do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.

Com relação à condutividade hidráulica, em média a ordem de grandeza dos valores obtidos é de 10^{-4} m/s. O valor mínimo foi de $3,2 \times 10^{-6}$ m/s ou 0,28 m/dia, e o valor máximo obtido foi de $2,04 \times 10^{-3}$ m/s ou 176,2 m/dia, sendo o valor médio de $2,82 \times 10^{-4}$ m/s ou 24,3 m/dia.

O mapa da Figura 4.11 apresenta os resultados obtidos para a avaliação da condutividade hidráulica de comportamento similar à transmissividade. No setor oeste ocorrem curvas de contorno de 5 até 20 m/dia. No setor leste, ocorre um aumento de 20 até 40 m/dia. Na porção nordeste, na cidade de Parnamirim, os valores são mais elevados e a condutividade hidráulica atinge valores superiores a 100 m/dia.

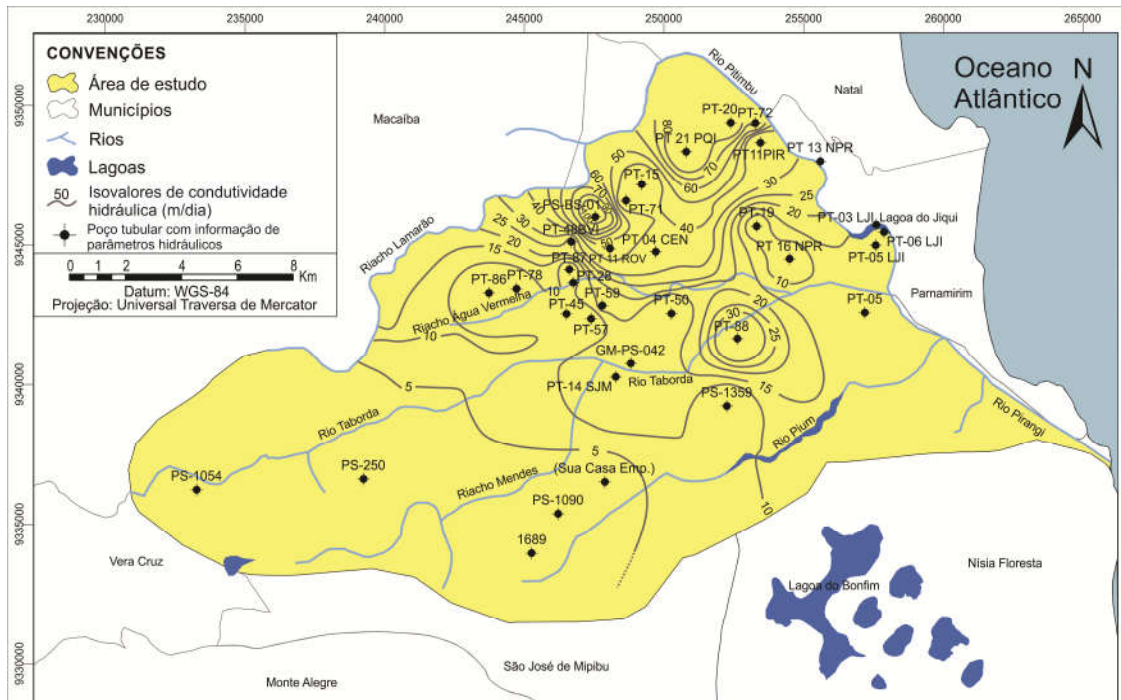


Figura 3.11. Mapa de Condutividade hidráulica do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.

A porosidade específica calculada pela equação de Bieciniski (Pazdro, 1983, in Alvarez e Niedzielski, 1996) apresenta o valor mínimo de 9% e o valor máximo de 23%, sendo o valor médio estimado de 15%.

Para efeito de comparação é importante informar que a porosidade específica apresenta valores de referência na literatura (Batu, 1998), de conformidade com o tipo de rocha, permitindo, assim, fazer comparação entre resultados. No caso de arenitos finos, a porosidade específica varia de 2% a 40%, com média de 21%; para arenitos médios, a porosidade específica, varia de 12% a 41%, com média de 27%; para siltitos, a porosidade específica varia de 1% a 33%, com média de 12%. A partir dos perfis de poços avaliados, o Sistema Aquífero Barreiras na Bacia do Rio Pirangi é constituído de arenitos finos a grossos com percentual argiloso, desse modo o valor obtido para μ (15%) mostra-se aceitável, segundo com a literatura, e pode ser explicado de conformidade com a litologia presente na área.

Síntese dos resultados dos parâmetros hidrodinâmicos

Abaixo estão resumidos os dados de parâmetros hidrodinâmicos já existentes e os valores médios obtidos no atual estudo (Tabela 3.4). Os resultados mostram-se coerentes com os apresentados em estudos anteriores realizados na área e indicam alta potencialidade do aquífero.

Tabela 3.4. Resumo dos parâmetros hidrodinâmicos obtidos a partir de testes de bombeamento.

Parâmetros	Lucena (2005)	Melo (2008)	Alves (2015)
T (m²/s)	5,18x10 ⁻² e 1,53x10 ⁻³	3,92x10 ⁻⁵ a 4,98x10 ⁻³ m ² /s	5,9x10 ⁻³
K (m/s)	-	1,03x10 ⁻⁶ a 3,11x10 ⁻⁴ m/s	2,82x10 ⁻⁴
K' (m/s)	-	2,0x10 ⁻⁸ m/s	-
μ	1,14x10 ⁻⁶ e 5,28x10 ⁻¹	1,48x10 ⁻⁴	0,15

A título de exemplificação é apresentada a descrição litológica do poço PT-11PIR (Tabela 3.5) juntamente com os resultados de teste de bombeamento, cuja avaliação através do método de Cooper-Jacob forneceu a curva de Rebaixamento versus Tempo em função da vazão bombeada e a correspondente interpretação (Tabela 3.6).

Tabela 3.5. Descrição Litológica do Poço PT-11PIR.

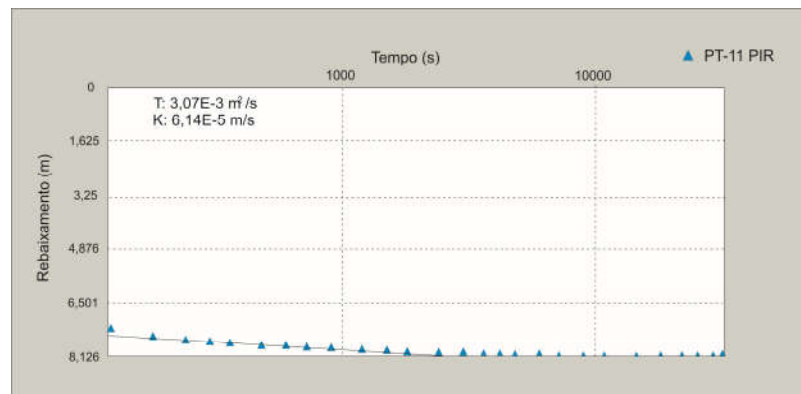
Profundidade (m)	Descrição litológica detalhada
0-17	Areia fina homogênea
17-24	Siltito muito argilosocaulínico
24-26	Arenito fino à grosso friável
26-45	Siltito argiloso com intercalações de argila e siltitocaulínico
45-59	Arenito fino à grosso com cascalho
59-95	Arenito fino à médio com intercalações de arenito com granulometria mais grossa
95-96	Arenito calcífero

Tabela 3.6. Resultados de teste de bombeamento do Poço PT-11PIR utilizados na avaliação dos Parâmetros hidrodinâmicos.

NE: Nível Estático; Q: Vazão de bombeamento; b: espessura saturada; TB: Tempo de Bombeamento; ND: Nível Dinâmico.

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
38,6	29	50
TB (s)	ND (m)	
60		
120	45,9	
180	46,138	
240	46,222	
300	46,274	
360	46,311	
480	46,378	
600	46,407	
720	46,439	
900	46,46	
1200	46,51	
1500	46,525	
1800	46,554	
2400	46,583	
3000	46,603	
3600	46,608	
4200	46,621	
4800	46,627	
6000	46,632	
7200	46,655	
9000	46,655	
10800	46,683	
14400	46,696	
18000	46,696	
21600	46,71	
25200	46,726	
28800	46,685	
32400	46,64	

Gráfico Tempo vs Rebaixamento do poço PT-11PIR



Em todos os casos, (34 testes) durante a interpretação dos resultados não houve a necessidade de aplicar a correção de Jacob, pelo fato do baixo rebaixamento em relação à espessura saturada, para aquíferos livres. Procurou-se desprezar, sempre que necessário, os pontos iniciais de medição já que os mesmos são mais susceptíveis a erros devido a grande velocidade dos rebaixamentos nesse intervalo de tempo inicial; os pontos finais, sempre que necessário também foram desprezados já que os mesmos podem estar afetados por fronteiras de recarga ou de descarga ou até mesmo efeitos da infiltração da própria água bombeada.

A tabela geral, com os parâmetros hidrodinâmicos obtidos para cada poço, elaborada ao longo do trabalho desenvolvido segue no APÊNDICE A deste relatório, bem como os resultados das interpretações de todos os testes de bombeamento que podem ser consultados no APÊNDICE B.

3.5 Rede de monitoramento dos Níveis d'Água

Foram selecionados 46 pontos distribuídos na área de estudo a fim de obter dados de cargas hidráulicas e assim elaborar o mapa potenciométrico. Desse modo, foi definida a rede de monitoramento para medição dos níveis d'água no âmbito deste estudo. A seleção contempla poços rasos e profundos, poços amazonas (cacimbas) e fontes.

Para acompanhamento das medições de níveis d'água, um dos critérios utilizados foi a escolha de poços sem instalação de bomba submersa ou aqueles que não estavam sendo bombeados. As medições foram feitas no mês de Maio do ano corrente.

Foram selecionados tanto poços do sistema público de abastecimento quanto poços de particulares com diferentes profundidades para compor a rede. A distribuição espacial dos pontos também foi levada em consideração.

3.6 Potenciometria e Direção do Fluxo Subterrâneo

A partir do Método de Krigagem ou “Kriging”, que interpola dados, nesse caso as cargas potenciométricas, foi possível traçar as linhas equipotenciais, observar a direção das linhas de fluxo, definir a frente de escoamento, bem como identificar as zonas de recarga e descarga do aquífero.

O mapa potenciométrico foi elaborado com o conhecimento das cargas hidráulicas dos pontos d'água que constituem a rede de monitoramento, relevo, disposição da rede de drenagem superficial e a concepção de um sistema aquífero livre. As cargas potenciométricas dos poços foram obtidas com o conhecimento da profundidade do nível das águas dos

mesmos em condições de equilíbrio (nível estático), correlacionando com as correspondentes cotas topográficas do terreno.

De modo geral, o fluxo ocorre de oeste para leste, e próximo a linha de costa o fluxo é sempre em direção ao exultório principal, Oceano Atlântico. Na observação das linhas equipotenciais o fluxo em direção aos referidos rios presentes na área de estudo indicam condição de efluência desses corpos d'água em relação ao Sistema Aquífero Barreiras, ou seja, são alimentados por água subterrânea.

A região geomorfológica dos Tabuleiros, assim como as superfícies de dunas, corresponde às zonas de recarga. Com relação às zonas de descarga, os vales dos rios e as lagoas exercem tal função. Localmente, o comportamento do fluxo subterrâneo pode sofrer alteração devido bombeamento dos poços tubulares.

As vazões de fluxo subterrâneo natural nas diferentes direções pode ser obtida com a aplicação da Lei de Darcy segundo a equação que segue:

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

Onde,

Q: vazão do fluxo subterrâneo numa determinada direção (m³/s);

T: transmissividade do aquífero no setor ou faixa considerado (m²/s);

i: o gradiente hidráulico (%);

L: a frente de escoamento (km).

Tomando-se como referência a equipotencial de 30 m, observada no mapa (Figura 3.12), a frente de escoamento (L) corresponde a 24 km. Nesse setor, a Transmissividade média é de $8,3 \times 10^{-3}$ m²/s. Por fim, foi calculado um gradiente hidráulico (i) de 1%. Com esses dados, calcula-se que a vazão de fluxo subterrâneo (Q) é de 2 m³/s.

A configuração das equipotenciais nas imediações de lagoas e corpos d'água, em geral, é modificada com maiores afastamentos entre as mesmas (menor gradiente hidráulico), o que ocorre devido ao aumento das cargas hidráulicas nesses domínios.

Convém ressaltar, entretanto, que, em condições gerais, a situação de efluência prevalece (Figura 3.13).

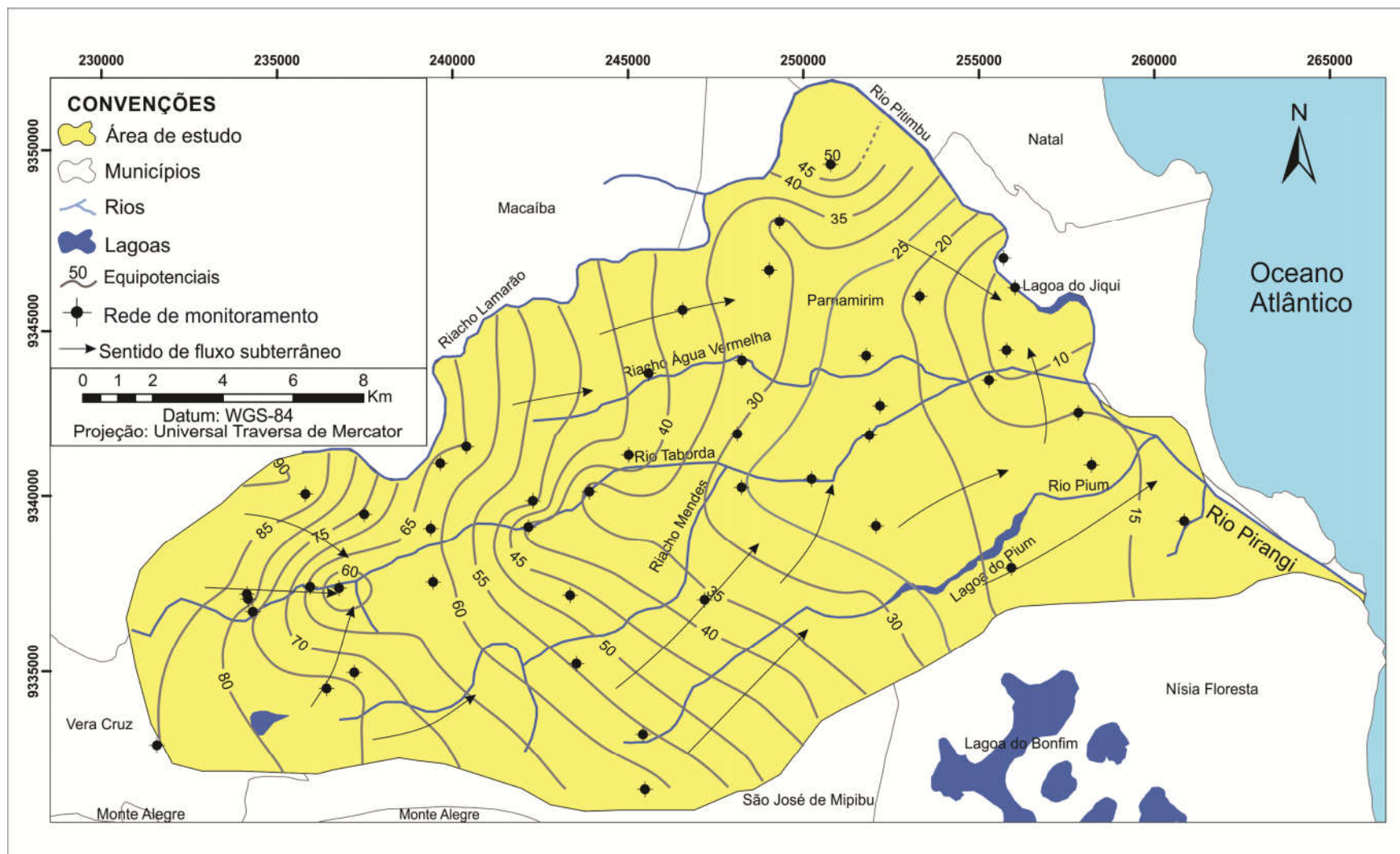


Figura 3.12. Mapa potenciométrico do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.

3.7 Relação Água Subterrânea – Água Superficial

A interação água superficial-água subterrânea é importante ser considerada no balanço hidrogeológico (Simmers, 1997). De conformidade com ANA (2012), as águas subterrâneas na Região Metropolitana de Natal alimentam os rios e riachos perenes que drenam a área. O conceito de “vales úmidos” designado para a área de estudo se dá pela ocorrência de rios e lagoas perenes que são alimentados pelo SAB (Melo, 1995).

A configuração das equipotenciais no mapa potenciométrico (Figura 3.12) confirma essas condições. Ou seja, nesse caso, o aquífero alimenta os corpos d’água superficiais conferindo a estes condições de perenização (Figura 3.13).

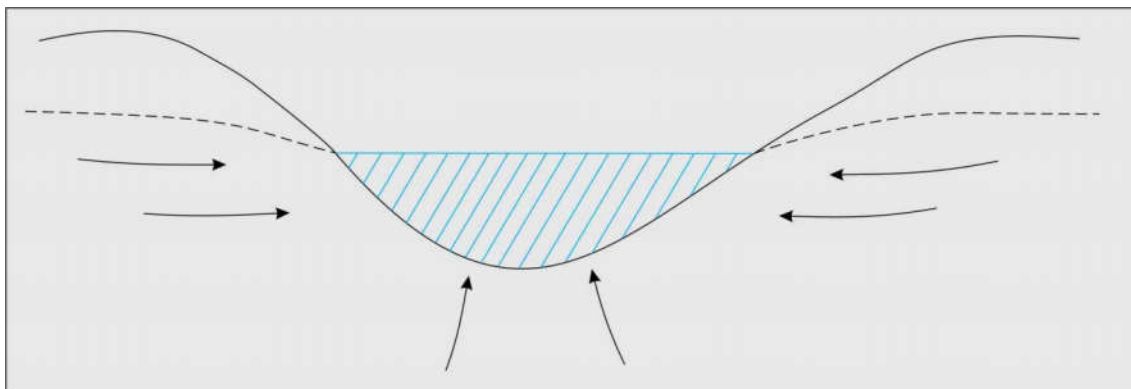


Figura 3.13. Perfil esquemático para melhor visualização da condição de efluência do rio em relação ao aquífero.

3.8 Reservas das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Barreiras

Este tópico objetiva apresentar uma avaliação das reservas a partir da ordem de grandeza dos valores alcançados de acordo com o contexto hidrogeológico regional.

Em termos gerais, as águas das chuvas precipitam-se sobre a superfície da terra. Parte dessa água é interceptada pela vegetação, se infiltra no terreno e percorre através do mesmo até alcançar os estratos sedimentares que configuram aquíferos, e o que não infiltra, vai contribuir com o escoamento superficial. A litologia, a disposição das camadas e o caráter estrutural das mesmas são fatores que podem determinar diferentes condições de armazenamento de água. Parte dessa água que chega aos estratos sedimentares fica presa nos interstícios dos mesmos e o restante pode ser liberado por ação de força gravitacional ou também por bombeamento dos poços. As reservas correspondem a esse volume de água que pode ser liberado e são referentes a um ano hidrológico.

É preciso conhecer o tipo de aquífero para definir as reservas, ou seja, se o mesmo tem características de livre ou confinado. Como visto, o sistema aquífero Barreiras apresenta configuração de um sistema livre, sendo recarregado diretamente pela água da chuva, apresentando semi-confinamentos localizados. Portanto, será tratado como livre para se fazer a avaliação das reservas.

Por definição, o aquífero livre é aquele limitado na base por uma camada impermeável e no topo alimentado diretamente pelas precipitações pluviométricas que caem sobre a superfície do terreno e nele se infiltra. Seu topo representa a superfície potenciométrica, a qual sofre pressão atmosférica, sendo também conhecido como aquífero freático. Portanto, no aquífero livre, as reservas estão sujeitas as variações sazonais dos níveis potenciométricos ou da superfície freática.

Para os aquíferos livres as reservas de águas subterrâneas podem ser do tipo reguladoras, permanentes e totais.

Para a avaliação das reservas, um parâmetro fundamental é a porosidade específica (μ) que representa esse volume de água liberável armazenado sobre um volume total de rocha.

3.8.1 Reservas Reguladoras (RR)

As reservas reguladoras correspondem ao volume de água livre armazenado em um aquífero limitado pelas variações sazonais dos níveis potenciométricos, máximo e mínimo, no curso por um período considerado, sendo este um ano hidrológico determinado ou um ano hidrológico médio (Castany, 1975). As reservas reguladoras contribuem para a vazão dos rios. Sendo assim, para se obter a avaliação das reservas reguladoras deve-se conhecer essas variações sazonais, bem como, a porosidade específica do aquífero. As reservas reguladoras podem ser determinadas pela equação a seguir:

$$RR = A \cdot dh \cdot \mu$$

Onde,

A: área de ocorrência do aquífero (m^2);

dh: é o pico de elevação do nível d'água atribuído a recarga; obtido pela diferença entre o pico de subida do nível d'água e o ponto mais baixo da curva de recessão antecedente, extrapolada no tempo de pico (HEALY e COOK, 2002);

μ : é a porosidade específica (adimensional).

Tal metodologia, a partir do conhecimento da variação de carga hidráulica entre o nível máximo e mínimo da superfície potenciométrica, é conhecida como “*Water-Table Fluctuation Method*”.

A área de estudo corresponde a 370 Km². O IPT (1982) obteve para o domínio da faixa costeira leste do Estado o valor de 1,62 m referente à variação sazonal de nível d’água, que será adotado no presente trabalho. O valor de porosidade específica estimado neste trabalho (15%) será aplicado para o cálculo das RR.

Diante disso, na área de estudo, as Reservas Reguladoras estimadas são da ordem de 88,8x10⁶ m³.

3.8.2 Reservas Permanentes (RP)

Corresponde ao volume de água situado abaixo do nível potenciométrico mínimo definido para as Reservas Reguladoras, assim não estão sujeitas ao efeito das variações sazonais do nível d’água. Também são conhecidas como reservas seculares.

A exploração das reservas permanentes não é recomendável, pois existe o risco de comprometer as captações de água e até mesmo afetar o próprio aquífero. O uso de parte das mesmas é feito em casos de extrema necessidade e, ainda assim, por precaução, deve-se realizar o monitoramento dos níveis d’água.

Para a avaliação das RP, aplica-se a seguinte equação:

$$RP = A \cdot H \cdot \mu$$

$$e H = h - dh$$

Onde,

A: área de ocorrência do aquífero (m²), que corresponde a 370 km²;

H: altura da carga abaixo do nível potenciométrico mínimo, calculada a partir da diferença entre a média da espessura saturada efetiva do aquífero (h= 32,45 m) e a variação sazonal de carga (dh= 1,62), resultando no valor de 30,87 m;

h: valor médio da espessura saturada do sistema aquífero Barreiras, que, neste estudo, foi obtido o valor de 32,45 m;

μ : porosidade específica (adimensional), sendo o mesmo valor utilizado para o cálculo das RR, 15%.

Com a aplicação desses dados, o valor obtido para as Reservas Permanentes foi de 1,7 bilhões de m³.

3.8.3 Reservas Totais

Corresponde ao somatório das reservas reguladoras com as reservas permanentes. Considerando que as reservas reguladoras foram estimadas em $88,8 \times 10^6$ m³ e as reservas permanentes em 1,7 bilhões de m³, portanto, as reservas totais são da ordem de 1,8 bilhões de m³.

4. ESTIMATIVA DE RECARGA

Este capítulo consiste em uma atualização da estimativa de recarga com base nos novos dados adquiridos a partir do cadastro de poços realizado. Convém ressaltar que a recarga das águas subterrâneas já foi avaliada anteriormente no âmbito do Projeto “Potencialidades e Definição de Estratégias de Manejo das Águas Subterrâneas da Região de Parnamirim, RN” para a Bacia do Rio Pirangi (Melo *et al.*, 2014, que pode ser consultado no ANEXO B deste relatório).

No momento foi efetuada a avaliação da recarga pelos métodos de Variação de Carga (“*Water-Table Fluctuation Method*”) e Lei de Darcy aplicada ao meio poroso saturado. Na estimativa da recarga efetiva, com aplicação desses métodos, foi necessário estabelecer condições de equilíbrio hidrodinâmico mediante balanço hidrogeológico considerando as retiradas de água por bombeamento e a recarga urbana. As retiradas de água correspondem ao volume de água bombeado calculado de acordo com os resultados do cadastro de poços.

4.1 Avaliação da Recarga pelo Método de Variação de Carga

A recarga corresponde às Reservas Reguladoras do aquífero em condições de equilíbrio hidrodinâmico, ou seja, é o volume de água compreendido entre os níveis potenciométricos máximos e mínimos, em um determinado período, referido em geral a um ano hidrológico.

Para o cálculo da Recarga efetiva devem-se considerar, além das Reservas calculadas, as retiradas de água bem como a recarga urbana. A equação a seguir relaciona essas variáveis:

$$R = RR + W - R_U$$

Onde,

R: é a recarga efetiva em m³/ano ou mm/ano;

RR: é a reserva reguladora em m³/ano ou mm/ano;

W: é a retirada de água ou volume bombeado na área de interesse;

R_U: é a recarga urbana atribuída à descarga dos esgotos domésticos em direção as águas subterrâneas e às perdas de água na rede de suprimento, que corresponde a 40% do volume de suprimento.

A recarga urbana foi avaliada pela seguinte equação:

$$R_u = q_e + q_v$$

Onde,

q_e é a descarga de esgotos em m^3/ano ou mm/ano ;

q_v são as perdas de água na rede em m^3/ano ou mm/ano

O volume de efluentes que é descarregado nas águas subterrâneas (q_e) é de 90% do volume faturado (V_f), desde que 10% é efetivamente consumido. Assim sendo, $q_e = 0,90 V_f$. Onde, o volume faturado (V_f) corresponde a 60% do volume de suprimento (V_s), desde que as perdas de água na rede (q_v) são de 40% do volume de suprimento (Melo *et al.*, 2012 e Melo *et al.*, 2014), ou seja, $q_v = 0,40 V_s$. Assim sendo, a equação da recarga urbana (unidades em m^3/ano ou mm/ano) toma a seguinte forma:

$$R_U = 0,90 V_f + 0,40 V_s$$

Com o conhecimento dos valores de volume de água faturado (V_f), que corresponde a $18,3 \times 10^6 m^3/\text{ano}$, e o volume de suprimento d'água da cidade de Parnamirim, que corresponde a $30,5 \times 10^6 m^3/\text{ano}$, obtém-se a R_U de $28,7 \times 10^6 m^3/\text{ano}$. O volume bombeado (ou retirada de água) foi apresentado no Tópico 3.1 do Capítulo 3 e é de $33,5 \times 10^6 m^3/\text{ano}$. No Tópico 3.7.1 do Capítulo 3 o valor de RR foi estimado em $88,8 \times 10^6 m^3$.

A aplicação dos dados obtidos resulta na recarga efetiva (R) de $93,6 \times 10^6 m^3/\text{ano}$ ou 253 mm/ano, que corresponde a uma recarga de 16,4% do total precipitado de 1539 mm.

4.2 Avaliação da Recarga com a Aplicação da Lei de Darcy ao Meio Poroso

Em condições de equilíbrio hidrodinâmico e sem a retirada de águas subterrâneas, o fluxo subterrâneo através de uma seção vertical do aquífero é equivalente à recarga vezes a área superficial que contribui para o fluxo (Scanlon *et al.*, 2002).

Para a aplicação deste método é necessário conhecer a descarga natural de fluxo subterrâneo que é estimada a partir do mapa potenciométrico da área, conforme apresentado anteriormente. A descarga natural do fluxo subterrâneo foi estimada em $60 \times 10^6 m^3/\text{ano}$.

A Recarga efetiva, então, corresponde ao somatório da vazão de bombeamento ($33,5 \times 10^6 m^3/\text{ano}$) e da vazão de fluxo subterrâneo ($60 \times 10^6 m^3/\text{ano}$) subtraindo a Recarga urbana ($28,7 \times 10^6 m^3/\text{ano}$). Ver equação abaixo:

$$R = Q + W - R_U$$

Onde,

Q: é a descarga do fluxo subterrâneo natural em m^3/ano ou mm/ano .

W: é a retirada de água ou volume bombeado na área de interesse;

R_U : é a recarga urbana atribuída à descarga dos esgotos domésticos em direção as águas subterrâneas e às perdas de água na rede de suprimento, que corresponde a 40% do volume de suprimento.

Portanto, o valor calculado para Recarga é de $64,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ou $175 \text{ mm}/\text{ano}$, que corresponde a uma taxa de infiltração de 11,4%.

Estudos anteriores fazem referência que o método da lei de Darcy na avaliação da recarga geralmente fornece valores inferiores aos demais métodos (Melo *et al.*, 2013; Melo *et al.*, 2014; Scanlon *et al.*, 2002).

Assim sendo, será admitido para recarga das águas subterrâneas o valor obtido pelo método de variação de carga (*Water-Table Fluctuation Method*), ou seja, $93,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ou $253 \text{ mm}/\text{ano}$.

A estrutura geológica do terreno, conferindo heterogeneidade ao aquífero, evidenciada pelas variações de fácies tanto laterais quanto verticais, implicam em incertezas na aplicação dos métodos de estimativa de recarga.

5. AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA VULNERABILIDADE NATURAL DO SABELO MÉTODO GOD

Primeiramente, é importante esclarecer a diferença de vulnerabilidade e risco potencial de contaminação. A vulnerabilidade à poluição de águas subterrâneas pode definir-se como a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero (Duijvenbooden, *et al.*, 1987). O risco de poluição não depende unicamente da vulnerabilidade, é preciso que exista uma carga poluente que possa afetar o meio subterrâneo. De acordo com Correia (2006), o risco de um aquífero ser contaminado não depende apenas das características intrínsecas do aquífero, geralmente estáveis, mas também pela existência de fontes poluentes que podem, em princípio, ser controladas.

Para avaliar a vulnerabilidade do sistema aquífero em questão foi utilizada a metodologia proposta por Foster & Hirata (1988), modificada por Foster *et al.* (2006), denominada GOD, a qual avalia a vulnerabilidade natural do aquífero à carga poluidora. Ou seja, o quanto aquele sistema aquífero é mais ou menos propício a ações antropogênicas que podem causar mudanças na sua qualidade ou quantidade do seu manancial hídrico subterrâneo.

Tal metodologia denominada **GOD** envolve a interação (produto) de três parâmetros distintos facilmente determinados: Grau de Confinamento da água subterrânea (G), numa escala de 0,0 a 1,0; Ocorrência de estratos de cobertura da zona saturada do aquífero (O), numa escala de 0,4 a 1,0; e Distância até o nível da água subterrânea (D), numa escala de 0,6 a 1,0. Ver Figura 5.1 abaixo.

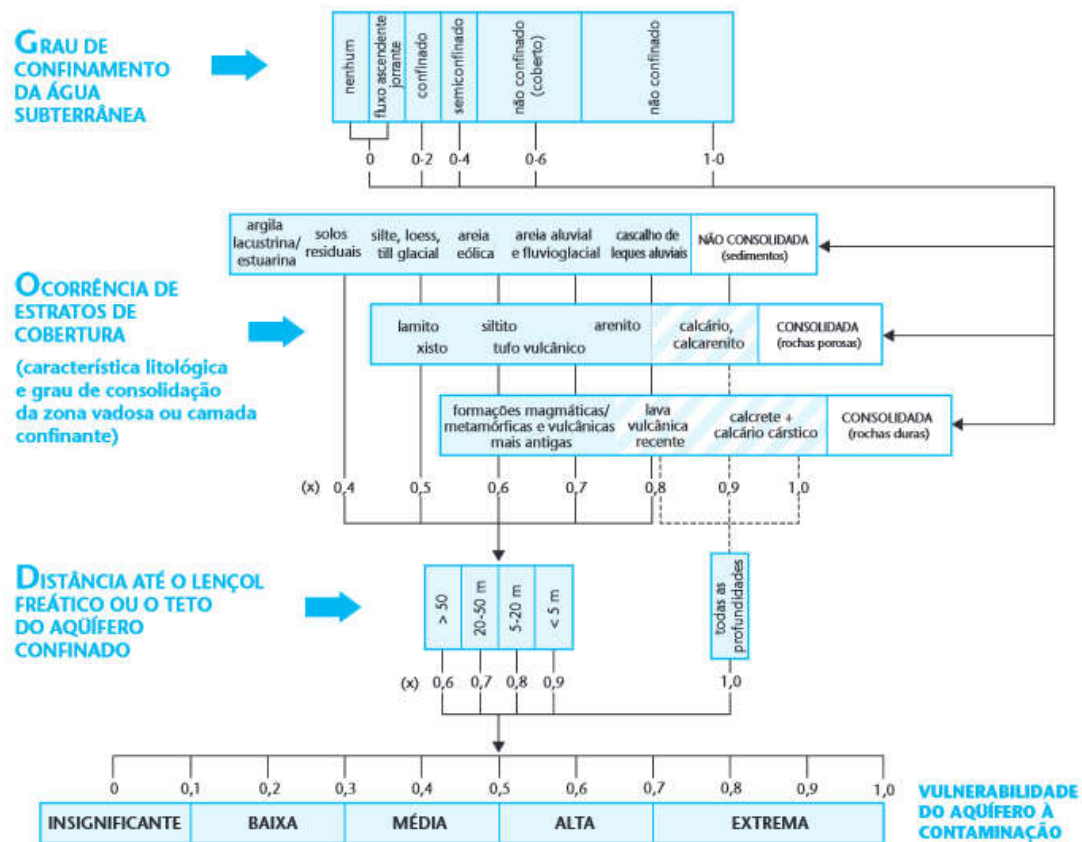


Figura 5.1: Parâmetros que definem a metodologia GOD. Fonte: Foster *et al.*, 2006.

Desse modo, o produto dos três índices acima corresponde a vulnerabilidade natural do aquífero.

$GOD = 1,0$ (Aquífero Não Confinado) $\times$ $0,7$ (arenitos) $\times$ $0,8$ (nível estático médio na Região de Parnamirim igual a 17,39 m) $= 0,56$ (alta)

De acordo com os litotipos observados nos perfis de poços, a área é formada por sedimentos arenosos, variando a areno-argilosos. As medições de níveis estáticos apresentam uma média de 17,39 m e o aquífero é classificado como livre. Pode-se concluir que o grau de vulnerabilidade é alto.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na área de estudo, a estrutura geológica e as precipitações pluviométricas condicionam a ocorrência e distribuição de águas subterrâneas com elevado potencial hidrogeológico, e, rios, riachos e lagoas perenes, o que lhe confere à atribuição de “vales úmidos” tal como denominado regionalmente para toda faixa costeira leste do Estado.

O Aquífero Barreiras é a principal unidade de captação de água disponível para a população na região. Devido à ocorrência de sedimentos recentes sobrepostos ao aquífero Barreiras em conexão hidráulica com o mesmo, este tem sido designado de Sistema Aquífero Barreiras. Trata-se de um sistema aquífero livre podendo localmente ocorrer condições de semi-confinamento. A parte superior dos perfis é constituída de sedimentos heterogêneos com variação lateral de fácies que passa de argilitos arenosos para arenitos argilosos e para arenitos, e, a parte inferior, também heterogênea, porém com a ocorrência de arenitos grossos.

As espessuras totais do Sistema Aquífero Barreiras aumentam de oeste para leste, (alcançando 95,0 m próximo à linha de costa), bem como as espessuras saturadas, que atingem 56,5 m. Os parâmetros hidrodinâmicos, estimados por métodos expeditos, são apenas indicativos de uma ordem de grandeza. O valor médio da transmissividade do Sistema Aquífero Barreiras é de $5,9 \times 10^{-3}$ m²/s, condutividade hidráulica de $2,82 \times 10^{-4}$ m/s e porosidade específica de 15%. A porosidade específica foi estimada pela equação de Bieciniski (método pouco convencional e aproximativo), porém os resultados obtidos apresentam coerência com os valores apresentados na literatura para situações similares de litologia dos estratos rochosos.

A vazão do fluxo subterrâneo é da ordem de 2 m³/s. Verificou-se que à medida que o fluxo subterrâneo se desloca de oeste para leste, os valores de transmissividade aumentam de forma similar às maiores espessuras saturadas. As Reservas Reguladoras são da ordem de $88,8 \times 10^6$ m³.

A recarga foi estimada pela aplicação de dois métodos distintos: Método de Variação de Carga e aplicação da Lei de Darcy ao Meio Poroso Saturado. Os dois métodos apresentam incertezas, porém é reconhecido que a recarga obtida pelo método da Lei de Darcy fornece em geral valores bem mais baixos; assim sendo, optou-se pelo valor da recarga obtida com o conhecimento das Reservas Reguladoras. Em condições de equilíbrio, ou seja, sem exploração por poços, sem influência da recarga urbana e sem influencia da irrigação, a recarga das águas subterrâneas é equivalente as Reservas Reguladoras. No presente caso, O aquífero está sendo bombeado com uma descarga de $33,5 \times 10^6$ m³/ano e existe a recarga urbana de $28,7 \times 10^6$

m³/ano, que resultou numa recarga de $93,6 \times 10^6$ m³/ano ou 253 mm/ano, que corresponde a uma recarga de 16,4%.

Considerando as incertezas hidrogeológicas e aproximações realizadas na avaliação de recarga, sugere-se que a exploração das águas subterrâneas seja controlada por um monitoramento efetivo e eficiente das mesmas. Assim sendo, caso seja denotado acentuados rebaixamentos de nível d'água subterrânea nos poços, durante o processo de captação de água, devem ser adotadas medidas que levem a redução da exploração à níveis compatíveis com as potencialidades do aquífero.

As águas subterrâneas do Sistema Aquífero Barreiras na área estudada são de alta vulnerabilidade, de modo que as mesmas estão sob riscos potenciais de contaminação por atividades antrópicas. A elevada taxa de crescimento de Parnamirim associada à ausência de uma estrutura urbana adequada, ou seja, drenagem inadequada e ausência de esgotos atribui às águas subterrâneas elevados riscos de contaminação. A ocupação de novas áreas no ambiente periurbano, ou seja, ao redor dos centros urbanos, deve estar contribuindo expressivamente para o crescimento em potencial dessa contaminação.

O aumento da demanda de água em função do crescente aumento populacional na Região de Parnamirim tem levado à instalação de novos poços tubulares para captação de água subterrânea e abastecimento público, o que deverá resultar em taxas de exploração cada vez mais crescentes, cujo volume explotado ressalta-se não deverá ultrapassar os limites das potencialidades hídricas do Sistema Aquífero Barreiras. As recomendações visando uma exploração equilibrada do Sistema Aquífero Barreiras são apresentadas a seguir:

- Monitoramento dos níveis d'água, conforme rede já definida, monitoramento das descargas bombeadas e da qualidade das águas;
- Realizar monitoramento mensal dos níveis d'água, medição de parâmetros hidroquímicos (condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e temperatura) seguido de coletas mensais de amostras de água para análise físico-química completa;
- Zoneamento das potencialidades do Sistema aquífero Barreiras segundo suas transmissividades, vazões específicas dos poços e vazões máximas possíveis de exploração;
- Perfuração de poços totalmente penetrantes no Sistema Aquífero Barreiras com dispositivos de poço(s) de observação nas zonas de maior produtividade e de menor risco potencial de contaminação por atividades antrópicas, ou seja, fora dos domínios urbanos e peri-urbanos e de ambientes com grandes atividades

industriais e agrícolas que possam impactar de forma acentuada nas águas subterrâneas;

- Realizar testes de produção nos poços de bombeamento tendo em vista o uso dos mesmos no desenvolvimento da região quer seja abastecimento humano ou outros usos;
- Realizar teste de aquífero de longa duração nos dispositivos a serem instalados: poço de bombeamento – poço de observação (piezômetros); tendo em vista a realização de testes de aquífero que permitam a aplicação de métodos mais precisos na estimativa da transmissividade, condutividade hidráulica e porosidade específica. Isto, por conseguinte, deverá conduzir a uma avaliação mais segura das potencialidades do Sistema Aquífero Barreiras. Dentro do possível, utilizar poço existente como poço de observação durante os ensaios.

7. ARTIGO CIENTÍFICO

Submetido para a Revista Águas Subterrâneas da Associação Brasileira de águas Subterrâneas – ABAS.

RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS DA REGIÃO DE PARNAMIRIM: USO DAS ÁGUAS E POTENCIALIDADES

GROUNDWATER RESOURCES OF PARNAMIRIM REGION, RN: USE WATER AND POTENCIAL

RESUMO. A área de estudo está situada na Bacia do Rio Pirangi, RN, com superfície de 370 Km², onde está situada a cidade de Parnamirim. A expansão urbana no município de Parnamirim desenvolve-se de forma acelerada e sem uma estrutura adequada, notadamente pela ausência de rede esgotos, com riscos de contaminação das águas subterrâneas. Estas constituem a principal fonte de suprimento hídrico das demandas urbanas e rurais. O presente estudo foi elaborado para a quantificação do uso e avaliação das potencialidades das águas subterrâneas, tendo em vista o aumento da oferta de água de boa qualidade e com menores riscos de serem afetadas por atividades antrópicas. Com este objetivo foi realizado um cadastro atualizado de poços e efetuada a caracterização da estrutura hidrogeológica, seguido da avaliação dos parâmetros hidráulicos do aquífero e do comportamento do fluxo subterrâneo. A espessura saturada do sistema aquífero cresce de oeste para leste, com valores que variam de 15,47 a 56,5 m, com média de 32,45 m. Os parâmetros hidrodinâmicos foram estimados a partir da interpretação de resultados de testes de bombeamento, que forneceu transmissividade de $5,9 \times 10^{-3}$ m²/s, condutividade hidráulica de $2,82 \times 10^{-4}$ m/s e porosidade específica de 15%. O sentido do fluxo subterrâneo é em geral de oeste para leste, sendo possível identificar as correspondentes zonas de recarga e de descarga das águas subterrâneas. A Recarga foi estimada em 253 mm/ano, que corresponde à taxa de infiltração de 16,4%.

Palavras-chave: Aquífero Barreiras. Desenvolvimento urbano. Potencialidades Hidrogeológicas.

ABSTRACT. The study area is within the Pirangi River Basin, RN, covering an area of approximately 370 km², where is located the Parnamirim city. Urban expansion in Parnamirim municipality develops at an accelerated rate and without a proper structure, notably the lack of sewage network, with risks of contamination of groundwater. These are the main source of water supply in urban and rural demands. This study was performed to quantify the use and evaluation of the potential of groundwater, in order to increase good quality water supply and lower risk of being affected by human activities. With this objective was carried out an updated register of wells and made the characterization of the hydrogeological structure, followed by assessment of hydraulic parameters of the aquifer and the groundwater flow behavior. It was found that the saturated thickness of the aquifer system Barreiras grows from west to east, with values ranging from 15.47 to 56.5 m with an average of 32.45 m. The hydrodynamic parameters were estimated based on the interpretation of results of pumping tests, which provided transmissivity 5.9×10^{-3} m²/s, hydraulic conductivity 2.82×10^{-4} m/s and specific porosity of 15%. The direction of groundwater flow is generally from west to east, and it's possible to identify the corresponding areas of recharge and

discharge of groundwater. The Recharge was estimated at 253 mm/year, which corresponds to the 16.4% rate of infiltration.

Key-words: Barreiras Aquifer. Urban Development. Hydrogeological Potencial.

INTRODUÇÃO

Este artigo foi elaborado com base em resultados obtidos no projeto de pesquisa “Potencialidades e definição de estratégias de manejo das águas subterrâneas da região de Parnamirim, RN”, em execução, o qual faz parte de uma Rede Cooperativa de Pesquisa do FINEP-CNPq-CT-Hidro.

No domínio da área de estudo está localizada a cidade de Parnamirim que se desenvolve ao longo do seu município com grande velocidade. De acordo com o IBGE, a estimativa da população residente em 2014 foi de 235.983 distribuídos em uma área de 123,471 km². A taxa de crescimento de Parnamirim foi da ordem de 7,9% no período de 1991 a 2000, superior a todas as cidades dos municípios da Região Metropolitana de Natal, ressaltando-se que grande parte do município já está urbanizada.

A urbanização rápida e em grande escala ocorre em várias regiões do mundo e pode afetar, consideravelmente, o ambiente, notadamente os recursos hídricos. Nesse contexto, a água subterrânea fica sujeita a danos acentuados caso não seja devidamente protegida da ação antropogênica (Foster, 1999; Israfilov, 2006).

Ressalta-se que em ambientes urbanos, na ausência de uma estrutura adequada em termos de abastecimento de água, saneamento (rede de esgotos) e drenagem, os recursos hídricos são mais afetados com influência inclusive na saúde pública (Melo e Queiroz, 2001).

As águas subterrâneas do Aquífero Barreiras ou, mais apropriadamente, denominado “Sistema Aquífero Barreiras” (Melo *et al.*, 2014) constituem a principal fonte de suprimento hídrico das populações urbanas e rurais da Região de Parnamirim. Estas são captadas em grande parte sob o domínio urbano através da captação em poços, com riscos em potencial para as águas subterrâneas, já que a cidade de Parnamirim não dispõe de um sistema de rede de esgotos eficiente, sendo utilizado em sua maioria fossas e sumidouros. Na zona rural, nos perímetros irrigados, o uso das águas também se faz com riscos já que não existe um controle do uso de defensivos agrícolas, que podem impactar nas águas subterrâneas.

Em termos potenciais os recursos hídricos do Aquífero Barreiras na Bacia hidrográfica do Rio Pirangi, onde está situada a “Região de Parnamirim” são elevados, conforme avaliação feita por Melo, *et al.* (2014).

A estrutura geológica do terreno tem uma influência marcante sobre as espessuras saturadas do Sistema Aquífero Barreiras, e, por conseguinte sobre as suas potencialidades, o que se reflete na produtividade dos poços, no qual as maiores vazões explotáveis correspondem às maiores espessuras saturadas (Bezerra *et al.*, 1993; Lucena e Queiroz, 1996; Lucena *et al.*, 2006).

Será efetuada, neste trabalho, uma avaliação atualizada do uso das águas e das potencialidades hidrogeológicas do aquífero Barreiras como subsídio a indicação de áreas produtoras fora dos domínios urbanos com menores riscos potenciais de contaminação, tendo em vista o suprimento hídrico da cidade de Parnamirim e o desenvolvimento regional.

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte no domínio da região dos “vales úmidos”, cuja atribuição se deve à elevada precipitação pluviométrica e ocorrência de rios e lagoas perenes. A precipitação pluviométrica média na Região de Parnamirim é de 1539 mm/ano, segundo dados referentes à série histórica (1995-2010), fornecidos pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Segundo a classificação de Köppen, a área está inserida no domínio do clima As’- quente e úmido. A área é caracterizado por presença de clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa se adiantando para o outono (SERHID, 2006).

A área de estudo é drenada por afluentes do Rio Pirangi formados pelos rios Pitimbu, Taborda e Pium, além dos Riachos dos Mendes, Água Vermelha e Lamarão, com superfície total de 370 km²; observam-se também as Lagoas do Jigui e do Pium (Figura 1). São rios e lagoas perenes que se desenvolvem sobre sedimentos Tercio-Quartenários da Formação Barreiras, cuja perenidade se atribui à ressurgências de águas subterrâneas do aquífero formado por esses sedimentos que constitui o aquífero Barreiras. Este é um pacote de sedimentos formado na sua parte superior de arenitos finos e argilosos e na sua parte inferior de sedimentos de granulometria mais grossa (arenitos médios a grossos). O Rio Pitimbu é o manancial mais estudado do ponto de vista ambiental e hidrológico (Duarte *et al.*, 2004; Borges, 2002; Kobayashi *et al.*, 2010), haja visto que o mesmo flui para a Lagoa de Jiqui, cujas águas são utilizadas no abastecimento da Zona Sul da cidade de Natal. Convém ressaltar que apenas a margem direita do Rio Pitimbu faz parte da área de estudo.

Existe uma ampla relação entre os mananciais superficiais e subterrâneos, sendo o aquífero Barreiras nitidamente de regime influente nos canais fluviais e lagoas, conforme evidenciado em estudos anteriores (Lucena, *et al.*, 2004).

No contexto geomorfológico, dominam os tabuleiros costeiros e as planícies fluviais correspondentes aos vales dos rios.

A área de estudo compreende a maior parte do município de Parnamirim e parcialmente os municípios de Macaíba, São José de Mipibu, Vera Cruz e Nísia Floresta.

METODOLOGIA

Os trabalhos foram desenvolvidos com base na interpretação de resultados do cadastramento de poços realizado em campo (Maio-Junho de 2014); e, utilizando os arquivos de dados de poços da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e do Departamento de Geologia da UFRN (DG-UFRN). Por ocasião do cadastro de poços foram obtidos dados sobre parâmetros hidráulicos, incluindo nível estático, nível dinâmico, vazão e vazão específica e informações sobre regime de bombeamento e uso das águas. Utilizaram-se também sempre que necessário dados hidrogeológicos de trabalhos desenvolvidos anteriormente na região para efeito de comparação de resultados e utilização nas avaliações hidrogeológicas.

Foi definida uma rede de monitoramento com 46 pontos de água, incluindo poços tubulares, cacimbões e fontes, tendo em vista as medições de nível d'água e outras finalidades inerentes ao projeto de pesquisa referido e em desenvolvimento.

Estrutura hidrogeológica e dimensões do Sistema Aquífero Barreiras

A estrutura hidrogeológica do Sistema Aquífero Barreiras foi definida mediante a correlação dos perfis litológicos de poços que fazem parte dos arquivos de dados de poços da CAERN e do DG-UFRN que incluem poços perfurados pela CAERN e de Empresas privadas de Perfuração. Os perfis utilizados, em sua maioria, são de poços totalmente penetrantes no Sistema Aquífero Barreiras, ou seja, penetram toda espessura do aquífero até atingir o topo das rochas carbonáticas. Foram elaboradas seções individuais com a indicação de camadas possíveis de constituírem aquíferos e aquitards e as discontinuidades com possível influência nas potencialidades hidrogeológicas. Durante o desenvolver dos trabalhos ocorreram algumas dúvidas quanto à natureza litológica dos sedimentos, tendo sido dada prioridade aos perfis de poços da CAERN, os quais em geral são descritos cuidadosamente por técnicos experientes do setor de perfuração.

A análise individual dos perfis litológicos proporcionou a obtenção de dados da espessura total e espessura saturada do sistema aquífero Barreiras que permitiram a elaboração de mapas de isópacas e de isovalores da espessura saturada.

Parâmetros Hidrodinâmicos

Os parâmetros hidrodinâmicos do Sistema Aquífero Barreiras foram avaliados com base nos resultados de 34 testes de bombeamento de poços tubulares, que permitiram estimar Vazão Específica (q), transmissividade (T), condutividade Hidráulica (K), e Porosidade Específica (μ).

A vazão específica ou capacidade específica de poços (q) foi estimada a partir da razão entre a vazão de bombeamento (Q) e a variação de rebaixamento (Δs), conforme a seguir:

$$q = \frac{Q}{\Delta s} \quad (1)$$

Onde q é dado em $m^3/h/m$.

Os parâmetros T e K foram obtidos com a utilização do software *Aquifer Test Pro-Schlumberger Water Service* 2015, com a aplicação do Método de Cooper-Jacob (Rebaixamento-Tempo), conforme equação a seguir:

$$\Delta s = \frac{0,183Q}{T} \log \frac{t_2}{t_1} \quad (2)$$

$$e \quad T = K \cdot h_0 \quad (3)$$

Onde,

Δs é a variação do rebaixamento em m, entre o intervalo de tempo t_1 e t_2 ;

Q é a vazão bombeada (constante) em m^3/s ,

T é a transmissividade do aquífero em m^2/s ;

K é a condutividade hidráulica em m/s ;

h_0 é a espessura saturada do aquífero em m, no caso de aquífero livre ou simplesmente a espessura do aquífero, no caso do aquífero semi-confinado.

Este método é uma simplificação do Método de Theis para valores maiores de tempo de bombeamento e pequenas distâncias ao poço bombeado, ou seja, valores menores de u . Sendo u um parâmetro analítico de Theis e igual a $r^2S/4Tt$ ($u < 0,01$).

Quando o aquífero é livre, os rebaixamentos, sempre que necessários, devem ser corrigidos, utilizando a “correção de Jacob” expressa pela equação a seguir:

$$s' = s - \frac{s^2}{2h_0} \quad (4)$$

Onde,

s' : é o rebaixamento corrigido em m;

s é o rebaixamento observado em m;

h_0 é a espessura saturada do aquífero em m.

A porosidade específica (μ) foi estimada a partir da equação de Biecinski (Pazdro, 1983, In: Alvares e Niedzielski, 1996), em que se relaciona o valor do rendimento específico (ou porosidade específica) com o valor da condutividade hidráulica, de acordo com a expressão a seguir:

$$\mu = 0,117 \cdot \sqrt[3]{K} \quad (5)$$

Sendo μ adimensional e K em m/d.

Potenciometria e Direção do Fluxo Subterrâneo

O mapa potenciométrico, fundamental para a caracterização das linhas de fluxo subterrâneo, foi elaborado com a aplicação do método de Krigagem, mediante o conhecimento das cargas hidráulicas dos poços da rede de monitoramento e das cotas potenciométricas de fontes e lagoas. No traçado das equipotenciais procurou-se observar a configuração do relevo, a disposição da rede de drenagem superficial, e a concepção de um sistema aquífero livre, como auxílio adicional. As cargas potenciométricas de cada ponto foram obtidas a partir dos valores de suas cotas topográficas menos as correspondentes profundidades do nível das águas dos mesmos em condições de equilíbrio (níveis estáticos).

A vazão de fluxo subterrâneo natural foi obtida com a aplicação da Lei de Darcy, conforme a seguir:

$$Q = T \cdot i \cdot L \quad (6)$$

Onde,

Q é a vazão do fluxo subterrâneo em m^3/s ;

T é a transmissividade do aquífero em m^2/s ;

i é o gradiente hidráulico em %;

L é a frente de escoamento em km.

Estimativa de Recarga

A recarga foi estimada pelos métodos de Variação de Carga (“Water-Table Fluctuation Method”) e Lei de Darcy aplicada ao meio poroso saturado. Na estimativa da recarga foi necessário estabelecer condições de equilíbrio hidrodinâmico mediante balanço hidrogeológico, considerando as retiradas de água por bombeamento e a recarga urbana. As retiradas de água correspondem ao volume de água bombeado obtido a partir dos resultados do cadastro de poços.

Avaliação da Recarga pelo Método de Variação de Carga

A recarga corresponde às reservas reguladoras do aquífero em condições de equilíbrio hidrodinâmico, ou seja, é o volume de água compreendido entre os níveis potenciométricos máximos e mínimos, em um determinado período, referido em geral a um ano hidrológico.

As reservas reguladoras podem ser avaliadas pela equação a seguir:

$$RR = A \cdot dh \cdot \mu \quad (7)$$

Onde,

A é área de ocorrência do aquífero livre sujeito a variação sazonal do nível d’água em m²;

dh é o pico de elevação do nível d’água atribuído a recarga; obtido pela diferença entre o pico de subida do nível d’água e o ponto mais baixo da curva de recessão antecedente, extrapolada no tempo de pico (HEALY e COOK, 2002);

μ é a porosidade específica ou rendimento específico (specific yield) do aquífero (adimensional).

A avaliação mais precisa da variação de carga dh requer o monitoramento do nível d’água de poços, o que não foi realizado deste trabalho. Na estimativa das reservas reguladoras (RR) pelo método da variação de carga foi utilizado para dh o valor de 1,6 m obtidos em estudos regionais (IPT, 1982).

A recarga urbana foi avaliada pela seguinte equação:

$$Ru = q_e + q_v \quad (8)$$

Onde,

q_e é a descarga de esgotos em m³/ano ou mm/ano;

q_v são as perdas de água na rede em m³/ano ou mm/ano

O volume de efluentes que é descarregado nas águas subterrâneas (q_e) é de 90% do volume faturado (V_f), desde que 10% é efetivamente consumido. Assim sendo, $q_e = 0,90 V_f$. Onde, o volume faturado (V_f) corresponde a 60% do volume de suprimento (V_s), desde que as perdas de água na rede (q_v) são de 40% do volume de suprimento (Melo *et al.*, 2012 e Melo *et al.*, 2014), ou seja, $q_v = 0,40 V_s$. Assim sendo, a equação da recarga urbana (unidades em m^3 /ano ou mm/ano) toma a seguinte forma:

$$R_u = 0,90 V_f + 0,40 V_s \quad (9)$$

O volume de suprimento ou as retiradas de água na cidade de Parnamirim foi obtido com base no cadastro atualizado de poços realizado em Maio-Junho a 2014.

A recarga, satisfazendo as condições equilíbrio, são obtidas pela equação:

$$R = RR + W - R_U \quad (10)$$

Onde,

R é a recarga em m^3 /ano ou mm/ano;

RR é a reserva reguladora em m^3 /ano ou mm/ano;

W é a retirada de água ou volume bombeado na área de estudo;

R_U é a recarga urbana atribuída à descarga dos esgotos domésticos em direção as águas subterrâneas e às perdas de água na rede de suprimento.

O volume de suprimento ou as retiradas de água na cidade de Parnamirim foi obtido com base no cadastro atualizado de poços realizado em Maio-Junho 2014.

Avaliação da Recarga com a Aplicação da Lei de Darcy ao Meio Poroso saturado

Em condições de equilíbrio hidrodinâmico e sem a retirada de águas subterrâneas, o fluxo subterrâneo através de uma seção vertical do aquífero é equivalente à recarga vezes a área superficial que contribui para o fluxo (SCANLON *et al.*, 2002).

Para a aplicação deste método é necessário conhecer a descarga natural de fluxo subterrâneo que é estimada a partir do mapa potenciométrico da área, conforme apresentado anteriormente. A Recarga efetiva (R) corresponde ao somatório da vazão do fluxo subterrâneo (Q) e das retiradas por bombeamento (W) subtraindo a Recarga urbana (R_u), conforme equação a seguir:

$$R = Q + W - R_U \quad (11)$$

Onde,

Q é a descarga do fluxo subterrâneo em m^3/ano ou mm/ano ;

W é a retirada de água ou volume bombeado em m^3 ;

R_U é a recarga urbana.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi cadastrado na área de estudo um total de 268 poços penetrando o Sistema Aquífero Barreiras, dos quais 92 são poços tubulares do Sistema Público de Abastecimento e 176 poços são de particulares. Dentre estes, 36 são cacimbões.

Os poços do Sistema Público de Abastecimento são perfurados em diâmetro de 12 e 14 polegadas e revestidos em diâmetro de 6 e 8 polegadas, respectivamente. Todos são revestidos com tubos e filtros Geomecânico. Alguns deles são poços já desativados (18), na maioria por insuficiência de vazão. As vazões bombeadas desses poços, em funcionamento, variam de 20 a $105 \text{ m}^3/\text{h}$, e operam em regime 24/24 h. A vazão de produção dos 70 poços em operação é de $30,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

No caso dos poços tubulares de particulares, os mesmos são em geral perfurados em diâmetro de 10 e 12 polegadas e revestidos em 4 e 8 polegadas, respectivamente, também com revestimento e filtros principalmente do tipo Geomecânico, havendo casos da utilização de tubos branco; e como filtros, os tubos ranhurados (poços de 4 polegadas de diâmetro). As vazões dos poços tubulares de particulares variam de 5 a $20 \text{ m}^3/\text{h}$, com média de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, operando em regime 6/24h, com produção total estimada em $3,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. Com relação ao uso dessas águas, a maioria (58%) destina-se ao uso doméstico; 20% têm uso misto, ou seja, doméstico e irrigação, ou doméstico e industrial. Para o uso exclusivamente industrial o percentual é baixo, apenas de 10%, o mesmo número destina-se a irrigação; para dessedentação animal, o uso é de 2% (Figura 2). A captação d'água nos cacimbões ocorre de forma pouco expressiva, os mesmos não são bombeados e são utilizadas para fins secundários; os cacimbões não foram considerados na avaliação da produção de água.

O volume total de água bombeada do Sistema Aquífero Barreiras, incluindo os poços públicos e particulares é, portanto, de $33,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

A análise da correlação dos perfis de poços mostra a ocorrência de um pacote sedimentos da Formação Barreiras sobre rochas carbonáticas. Trata-se do Sistema Aquífero Barreiras com nível d'água variando de 4,0 a 26,89 m de profundidade, cujos sedimentos penetrados, são formados na sua parte superior por sedimentos arenosos com variação lateral de fácies para níveis argilosos, e na sua parte inferior, são arenitos predominantemente finos a grossos, com níveis argilosos, que lhes confere o caráter de um sistema aquífero livre, com a

ocorrência de semi-confinamentos (Figuras 3 e 4). A configuração dos perfis mostra também a presença de descontinuidades estruturais que podem limitar as potencialidades do SAB neste setor (Figura 4).

A Figura 5 apresenta o mapa de isópacas (espessura) do Sistema Aquífero Barreiras com equidistância de 5,0 m. Verifica-se que há um aumento das espessuras de montante para jusante com relação ao fluxo superficial. As menores espessuras ocorrem no alto curso da bacia do Rio Taborda, com menos de 35 m, chegando a 29 m, e as maiores espessuras se verificam no setor nordeste da área (cidade de Parnamirim) à margem direita do Rio Pitimbu, com valores superiores a 80 m (Figura 5) atingindo o máximo de 95 m (Tabela 1).

A espessura saturada do Sistema Aquífero Barreiras (Figura 6) apresenta um comportamento similar com relação à espessura do total, ou seja, a espessura saturada aumenta na direção geral do fluxo superficial (montante para jusante). A configuração das isolinhas de espessura saturada, entretanto, muda o que pode estar associado ao bombeamento de poços e/ou a estrutura hidrogeológica. As espessuras saturadas no setor oeste da área são menores que 25 m, e, no setor leste, à margem direita do Rio Pitimbu, as espessuras saturadas chegam a ultrapassar 50 m.

Verifica-se que a capacidade de produção dos poços tendem a aumentar no sentido de oeste para leste com valores que vão de menos de $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ a mais de $22 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ na região da cidade de Parnamirim.

Para efeito de interpretação dos resultados dos testes de bombeamento dos poços na avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos, com a aplicação do Método de Cooper-Jacob, válido para aquíferos confinados, os rebaixamentos sempre que necessário foram corrigidos (correção de Jacob), tendo em vista o caráter livre do Sistema Aquífero Barreiras. Em geral, não se verificou diferenças marcantes entre os rebaixamentos observados e os corrigidos.

Seguindo os procedimentos metodológicos, foram construídas as curvas de evolução dos rebaixamentos ao longo do tempo em escala semi-logarítmica, em cada um dos testes, tendo em vista a caracterização de uma reta representativa, que permitisse a aplicação do método. Para atender essas condições, dentro do possível foi selecionado um trecho intermediário, haja vista que no início dos bombeamentos os rebaixamentos são muito rápidos, e, portanto, susceptíveis de erros por métodos manuais de medição. No caso do trecho final, os rebaixamentos poderão estar afetados por fronteiras de recarga (rios ou lagoas que venham ser interceptados pelo cone de rebaixamento) ou fronteiras de descarga (como é o caso de falhas envolvendo descontinuidades geológicas).

Foram interpretados os resultados de 34 testes de bombeamento de poços penetrando totalmente o Sistema Aquífero Barreiras na região de Parnamirim, com a aplicação das equações (2), (3), (4), e (5), com a obtenção dos seguintes resultados (Tabela 2): a transmissividade (T) variou de $1,07 \times 10^{-4}$ m²/s (ou 9,2 m²/dia) a $2,80 \times 10^{-2}$ m²/s (ou 2419,2 m²/dia), com média de $5,9 \times 10^{-3}$ m²/s (ou 510,87 m²/dia); condutividade hidráulica (K) variou de $3,2 \times 10^{-6}$ m/s (ou 0,28 m/dia) e o maior $2,04 \times 10^{-3}$ m/s (ou 176,2 m/dia), com média de $2,82 \times 10^{-4}$ m/s (ou 24,3 m/dia); e, a porosidade efetiva variou de 0,09 a 0,23, com média de 0,15 (ou 15%). Esses parâmetros hidrodinâmicos são aproximados e apenas indicativos de ordem de grandeza. Os mesmos serão reavaliados posteriormente mediante a realização de testes de aquífero de longa duração e com disposição de poço(s) de observação (piezômetros). A porosidade específica é o parâmetro de mais difícil avaliação, cujo tempo de bombeamento deverá ser suficientemente longo tendo em vista a caracterização da drenagem retardada, típica de aquíferos livres.

No âmbito deste trabalho, a porosidade específica foi estimada com a aplicação de um método pouco convencional conforme apresentado anteriormente. O valor médio obtido foi comparado com valores de referência na literatura (Batu, 1998), de conformidade com o tipo de rocha. No caso de arenitos finos, a porosidade efetiva varia de 2% a 40%, com média de 21%; para arenitos médios, a porosidade efetiva varia de 12% a 41%, com média de 27%; para siltitos, a porosidade efetiva varia de 1% a 33%, com média de 12%. A partir dos perfis de poços avaliados, o Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim é constituído de arenitos finos a grossos com percentual argiloso, desse modo o valor obtido para μ (15%) mostra-se aceitável.

A Figura 7 apresenta o mapa com a distribuição dos valores da transmissividade, no qual se pode verificar que as mesmas crescem na direção oeste – leste. No setor leste as mesmas crescem de valores inferiores a 100 m²/dia até 400 m²/dia; no setor leste, as transmissividades aumentam de 400 até 700 m²/dia e no setor nordeste, na cidade de Parnamirim, as transmissividades atingem mais de 1000 m²/dia.

A condutividade hidráulica apresenta em termos aproximados um comportamento similar à transmissividade (Figura 8). No setor oeste as condutividades hidráulicas crescem de valores inferiores a 5 m/dia até 20 m/dia; no setor leste as mesmas aumentam de 20 até 40 m/dia e no setor nordeste, na cidade de Parnamirim, as condutividade hidráulica atingem mais de 100 m/dia (Figura 8).

De conformidade com a configuração das equipotenciais (Figura 9), as linhas de escoamento estão orientadas na direção oeste - leste de forma similar à rede de drenagem

superficial, sugerindo um comportamento típico de aquíferos livres. A região dos Tabuleiros corresponde às zonas de recarga, enquanto os vales constituem as zonas de descarga água subterrâneas. Os gradientes hidráulicos são variáveis, com valores que mudam de pouco menos de 0,01% a mais de 1%. Os gradientes mais baixos ocorrem nas imediações de lagoas, o que se verifica devido ao aumento das cargas hidráulicas nesses domínios, apesar de que as condições de efluência das lagoas prevalecem. A vazão do fluxo subterrâneo (Q), obtida com a aplicação da Lei de Darcy, foi estimada tomando como referência a equipotencial de 30 m (frente de escoamento L de 24 km); gradiente hidráulico (I) de 1% e transmissividade média no setor correspondente de $8,3 \times 10^{-3}$ m²/s. Aplicando esses valores na equação (6), resulta $Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$.

A recarga das águas subterrâneas (R) foi estimada pelo método da variação de carga com a aplicação da equação que requer o conhecimento das reservas reguladoras (RR) do aquífero, das retiradas de água por bombeamentos (W) e da recarga urbana (R_u).

Sobre a área (A) de 370 km² de ocorrência do Sistema Aquífero Barreiras, com variação sazonal de carga de 1,6 m (dh) e porosidade específica de 15%, obteve-se as reservas reguladoras (RR) de $88,8 \times 10^6$ m³ (equação 7); as retiradas de água do aquífero (W) foram avaliadas em $33,5 \times 10^6$ m³/ano. A recarga urbana foi avaliada com a aplicação das equações (8) e (9), conhecido o volume de água faturado (V_f) de $18,3 \times 10^6$ m³/ano e o volume de suprimento d'água da cidade de Parnamirim de $30,5 \times 10^6$ m³/ano, com a obtenção da R_u de $28,7 \times 10^6$ m³/ano. A aplicação desses resultados na equação (10) resulta na recarga (R) de $93,6 \times 10^6$ m³/ano ou 253 mm/ano, que corresponde a uma recarga de 16,4% do total precipitado de 1539 mm.

Para efeito de comparação a recarga das águas subterrâneas foi também estimada com a aplicação da Lei de Darcy mediante o conhecimento da vazão de fluxo subterrâneo (Q) = 60×10^6 m³/ano; Retiradas de água por bombeamento (W) = $33,5 \times 10^6$ m³/ano e recarga urbana (R_u) = $28,7 \times 10^6$ m³/ano, mediante a aplicação na equação (11), que forneceu a recarga (R) de $64,8 \times 10^6$ m³/ano ou 175 mm/ano, correspondente a uma taxa de infiltração de 11,4%. Os dois métodos utilizados na avaliação da recarga apresentam incertezas, porém a aplicação da Lei de Darcy em geral fornece valores mais baixos que os outros métodos (Melo *et al.*, 2013; Melo *et al.*, 2014).

Nessas condições, foi tomado para recarga das águas subterrâneas no âmbito deste trabalho, o valor obtido pelo método da variação de carga, ou seja, 253 mm/ano e taxa de infiltração de 16,4%, bem mais próximo do valor de 18% obtido por Melo *et al.*, 2014 para a Bacia do Rio Pirangi.

CONCLUSÕES

As águas subterrâneas da Região de Parnamirim estão armazenadas no Sistema Aquífero Barreiras, de caráter predominantemente livre. As mesmas constituem a principal fonte de suprimento das populações urbanas e rurais. Cerca de 90% do volume de água bombeado de $30,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ destina-se ao suprimento hídrico da cidade de Parnamirim, que está situada no interior da área de estudo. A cidade desenvolve-se de forma expressiva e a mesma não dispõe de uma estrutura urbana adequada em termos de abastecimento, saneamento e drenagem, o que gera riscos em potencial para as águas subterrâneas, devido principalmente à recarga urbana atribuída aos esgotos.

Em caráter geral, as transmissividades do aquífero em todo o setor oeste da Região de Parnamirim são baixas com valores da ordem de $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, e, poços com capacidade de produção da ordem de $10 \text{ m}^3/\text{h}$; no setor leste, as condições hidrogeológicas são bem mais favoráveis, principalmente na área da cidade de Parnamirim, cujas transmissividades do aquífero atingem valores superiores a $1000 \text{ m}^2/\text{dia}$ e poços produzem até $100 \text{ m}^3/\text{h}$; ao sul da cidade de Parnamirim, as transmissividades são mais modestas, da ordem de $400 \text{ m}^2/\text{dia}$ e poços com capacidade de produção de até $50 \text{ m}^3/\text{h}$. Portanto, as potencialidades hidrogeológicas da região mudam nos seus diferentes compartimentos, sendo o aquífero Barreiras de maior potencial nas áreas urbanas e peri-urbanas, à nordeste da área estudada, onde está situada a cidade de Parnamirim. A recarga das águas subterrâneas na Região de Parnamirim foi avaliada em 253 mm/ano , o que corresponde a 16,4% do total precipitado.

Estes parâmetros hidrogeológicos, apesar de apresentarem incertezas, constituem subsídios para o desenvolvimento de estudos mais detalhados, como também servem de orientação quanto a utilização atual dos recursos hídricos por parte dos órgãos gestores e encarregados do uso das águas. Sugere-se, entretanto, que a exploração das águas subterrâneas seja realizada mediante monitoramento automatizado dos níveis da qualidade das águas subterrâneas, como forma de controlar a exploração, tendo em vista à utilização mais segura dos recursos disponíveis.

REFERÊNCIAS

BATU, V. Aquifer Hydraulics: a comprehensive guide to hydrogeologic Data analyses. John Wiley & Sons, Inc. Canada. 727p, 1998.

BEZERRA, F. H. R. Pliocene-quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. Journal of South American Earth Sciences. 2001. p. 61-75.

BORGES, A. N. Implicações ambientais na bacia hidrográfica do Rio Pitimbú, RN, decorrentes das diversas formas de uso e ocupação do solo. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária da UFRN, 2002.

DUARTE, C. R.; PETTA, E. A.; MEDEIROS, C. N.; ARAUJO, L. P. Mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia do rio Pitimbú, RN. Anais II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju, SE, 2004.

FOSTER, S. S. D; MORRIS, B.; LAWRENCE, A.; CHILTON, JOHN. Groundwater impacts and issues in developing cities – An Introductory review. In: Groundwater in the Urban Environment. Selected City Profiles. Volume 21 of the International Contributions to Hydrogeology. Rotterdam: A.A. Bakema, 1999.

HEALY, R. W.; Cook, P. G. Using groundwater levels to estimate recharge. Hydrogeology Journal, v. 10, n.1, p. 91-109, 2002.

IPT. Estudo Hidrogeológico Detalhado do Estado do Rio Grande do Norte. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)/Secretaria de Planejamento do Estado do Rio Grande do Norte. Natal, 9Vol, 1982.

ISRAFILOV, R.G. Anthropogenic Changes to Hydrogeological Conditions in Urban Areas. Urban Groundwater Management and Sustainability. NATO Science Series. Volume 74, 2006, pp 11-28.

KOBAYASHI, R. T.; MOREIRA, L. F. P.; ANDRADE, H. T. A. Pitimbu River low land portion water and sediment monitoring data, Natal, Brazil. International Congress an Environment Modeling and software, Ottawa, Canada, 2010.

LUCENA, L.R.F.; QUEIROZ, M. A. Considerações sobre as influências de uma tectônica cenozoica na pesquisa e prospecção de recursos hídricos – o exemplo do litoral sul de Natal-RN, Brasil. Revista Águas Subterrâneas, ABAS. V. 1, nº 15, p. 81-88, 1996.

LUCENA, R. F. L.; ROSA FILHO, E. F.; BITTEN-COURT, A. V. L. A potenciometria do aquífero Barreiras no setor oriental da bacia do Rio Pirangi-RN e considerações sobre a relação com os mananciais superficiais. Revista Águas Subterrâneas, ABAS. V. 18, 2004.

LUCENA, R. F. L.; BECEGATO, V. A.; CABRAL, J. B. P. Considerações sobre a potenciometria do aquífero Barreiras e a influência da estruturação regional nesse contexto – setor da bacia do rio Pirangi-RN. Revista Eletrônica do Curso de Geografia do Campus Jatai – UFG. No 7, 2006.

MELO, J.G.; QUEIROZ, M. A. The effects of urban development on the groundwater recharge and its quality in Natal, RN, Brasil. In: SEILER, K. P.; WOHNLICH, S. New Approches Characterizing Groundwater Flow. Netherland: v. 2, p. 1233 – 1236, 2001

MELO, J.G.; VASCONCELOS, M. B.; DE MORAIS, S. D.; ALVES, R. S.. Avaliação hidrogeológica da Zona Norte da cidade de Natal, RN, e os problemas associados ao desenvolvimento urbano. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, RBRH. V. 17, no 1, p. 123-134, 2012.

MELO, J.G.; DE MORAIS, S. D.; ALVES, R. S.; VAS- CONCELOS, M. B.. Avaliação dos recursos hídricos do Aquífero Barreiras na bacia do Rio Maxaranguape, RN. Revista Água Subterrânea, ABAS. V 27, no 1, p. 53-64, 2013.

MELO, J.G.; ALVES, R.S.; SILVA, J.G. Estimativa da Recarga das Águas Subterrâneas do Aquífero Barreiras na Bacia do Rio Pirangi, RN. Revista águas Subterrâneas, n. 28, p. 68-81 Agosto de 2014.

PAZDRO, Z. Hydrogeologia Ogólna, W.G. Warszawa, p.575,1983.

SCANLON, B. R.; HEALY, R. W.; COOK, P. G. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. HydrogeologyJournal, V. 10, n. 1, p. 18-39, 2002.

SERHID - Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos. 2006. Quantificação da Oferta Hídrica, Elaboração do Plano de Gestão Integrada e Estudo de Alternativas de Reforço do Sistema Salto-Una-Timbo na Bacia do Rio Jacu no Rio Grande do Norte. 3 volumes.Dezembro, 2006.

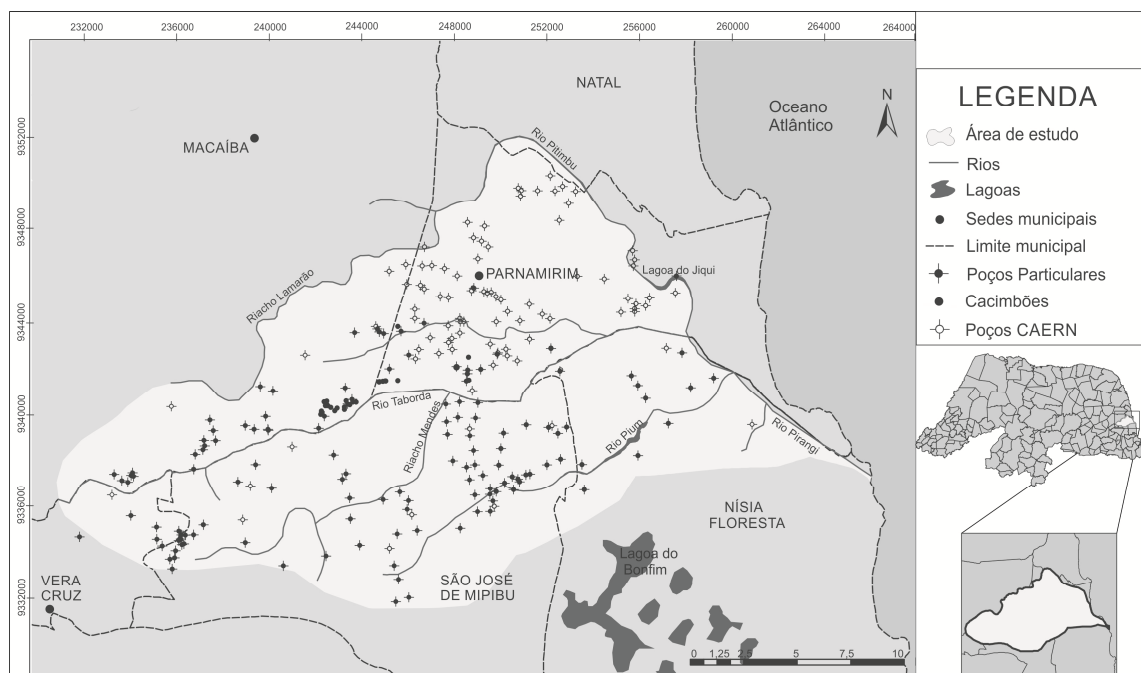


Figura 1. Mapa de localização com todos os poços cadastrados em campo, operados pelo sistema público de abastecimento (CAERN) e de particulares.

Figure 1. Location map with all the wells registered in the field, operated by the public supply system(CAERN) and individuals.

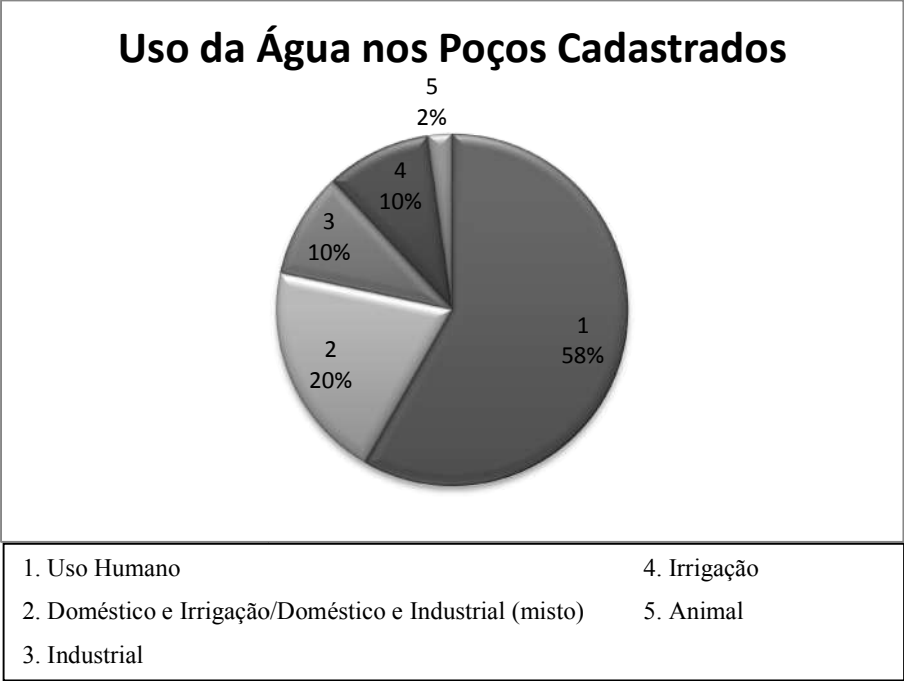


Figura 2. Distribuição do uso da água nos poços cadastrados.
Figure2. Distribution of water use in wells registered.

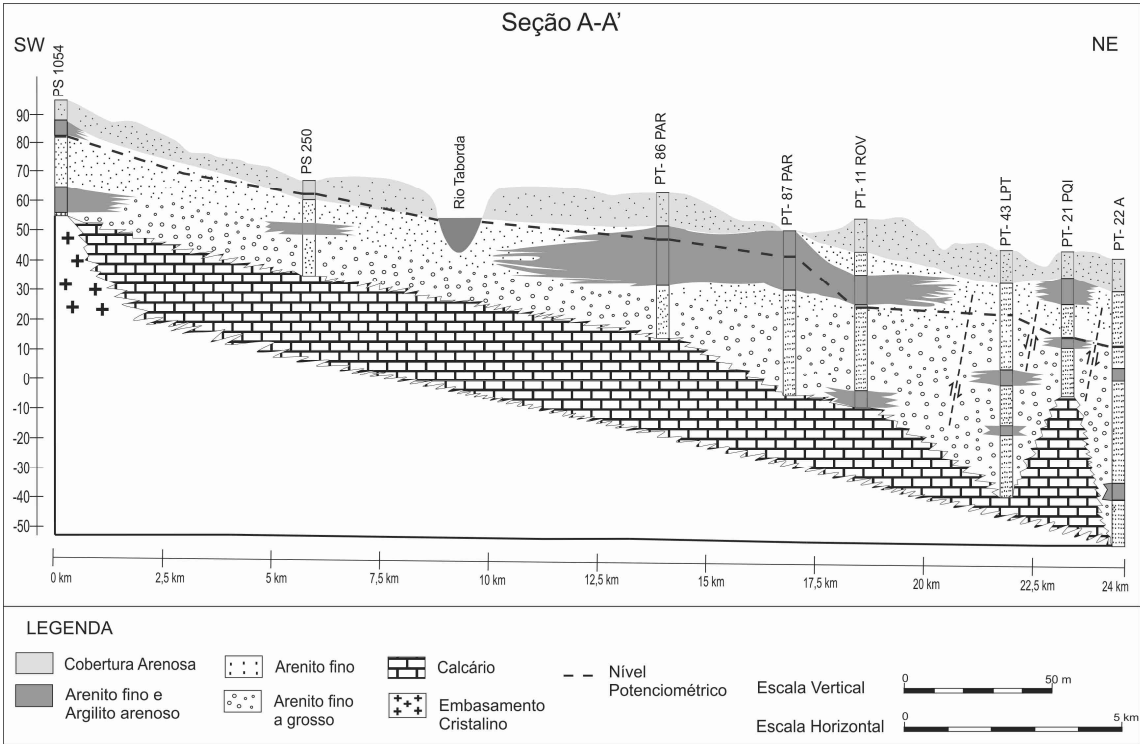


Figura 3. Seção hidrogeológica A-A'.
Figure 3. Hydrogeological section A-A'.

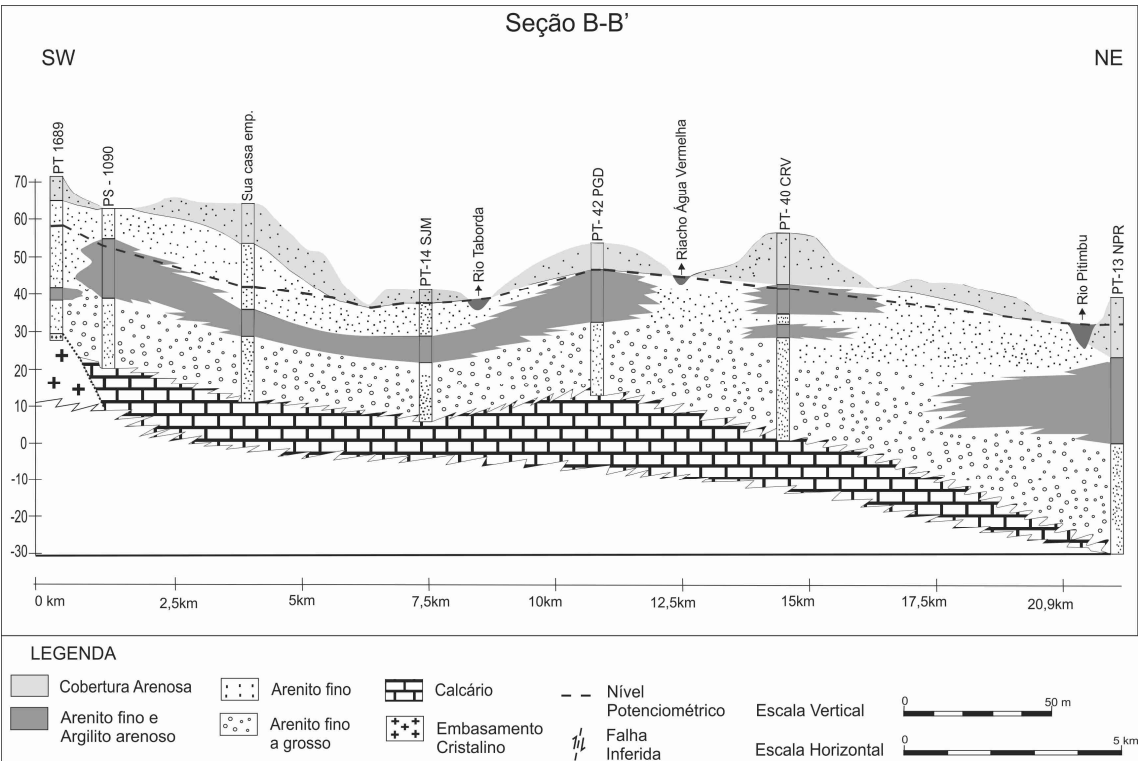
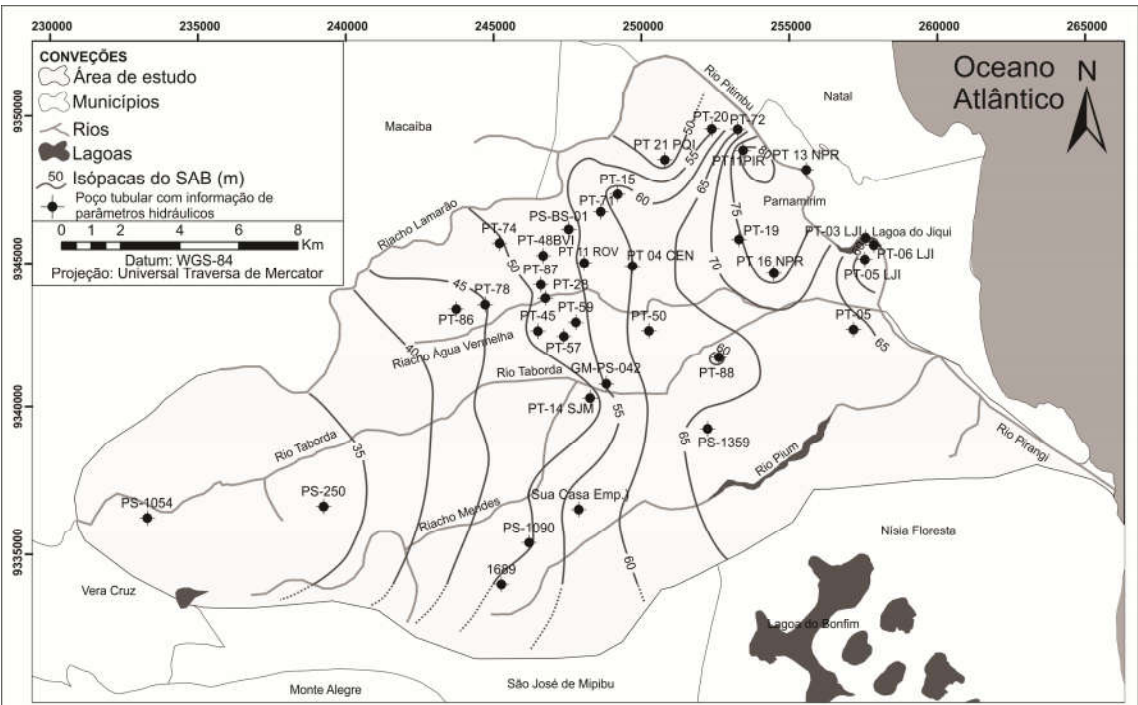


Figura 4. Seção hidrogeológica B-B'.
Figure 4. Hydrogeological section B-B'.



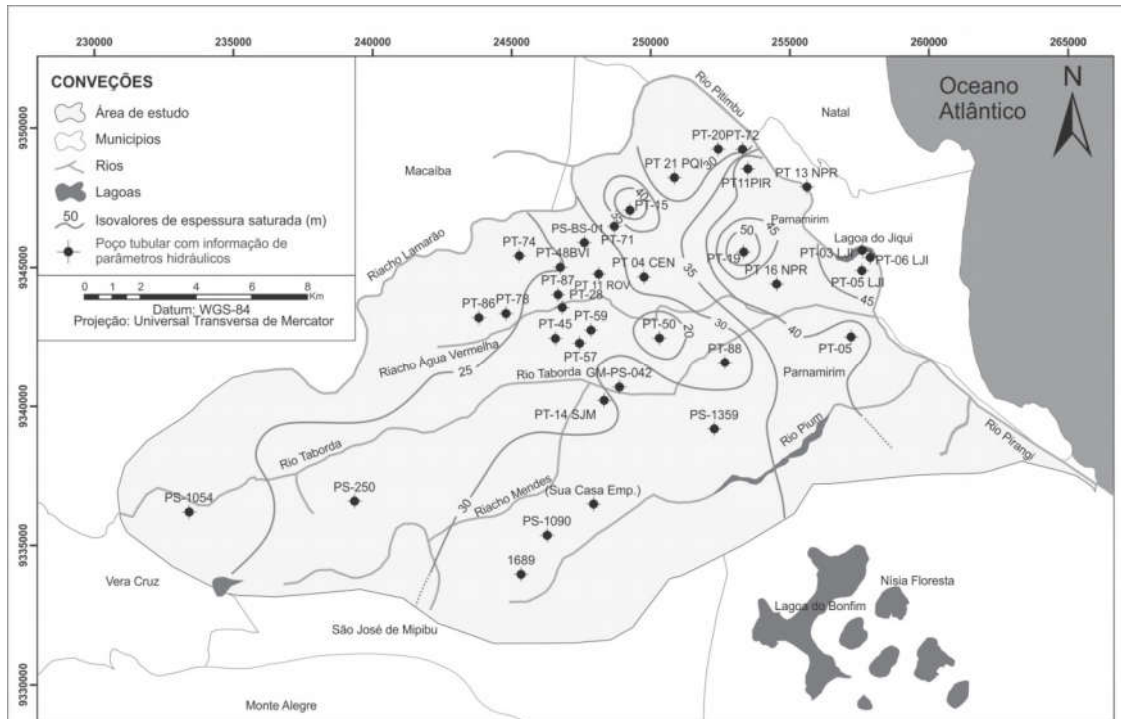


Figura 6. Espessura saturada do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.

Figure 6. Saturated thickness of the Barreiras Aquifer System in Parnamirim Region.

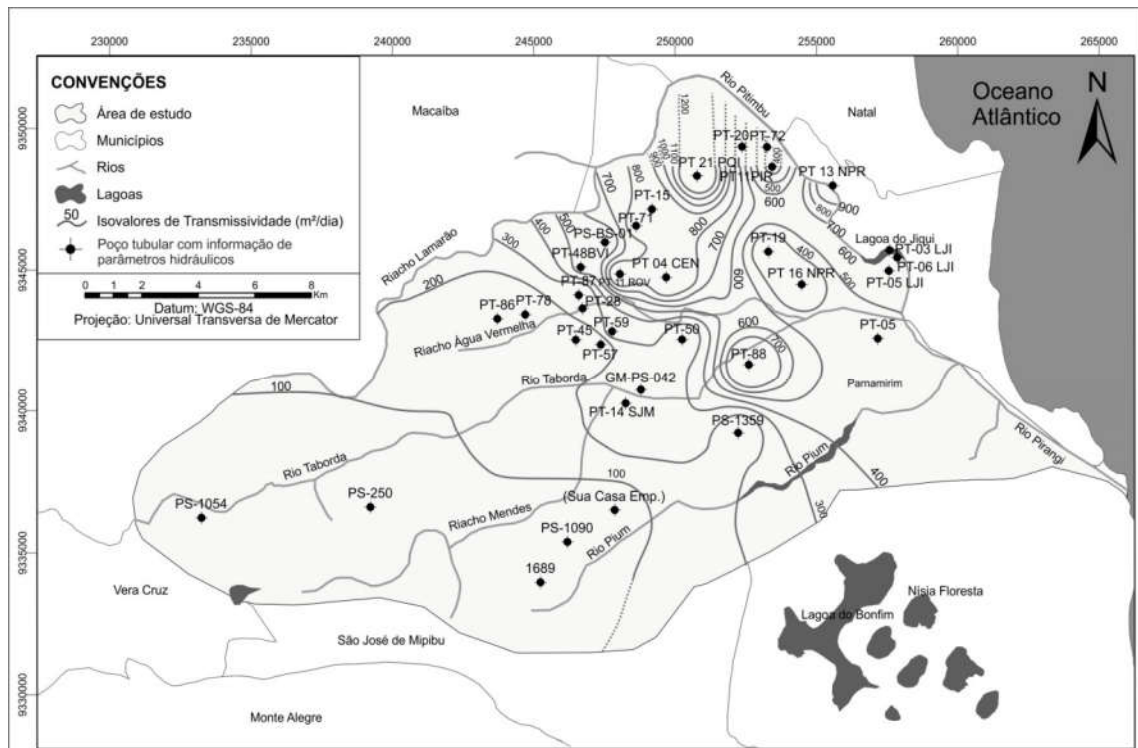


Figura 7. Transmissividade do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.

Figure 7. Transmissivity of the Barreiras Aquifer System in Parnamirim Region.

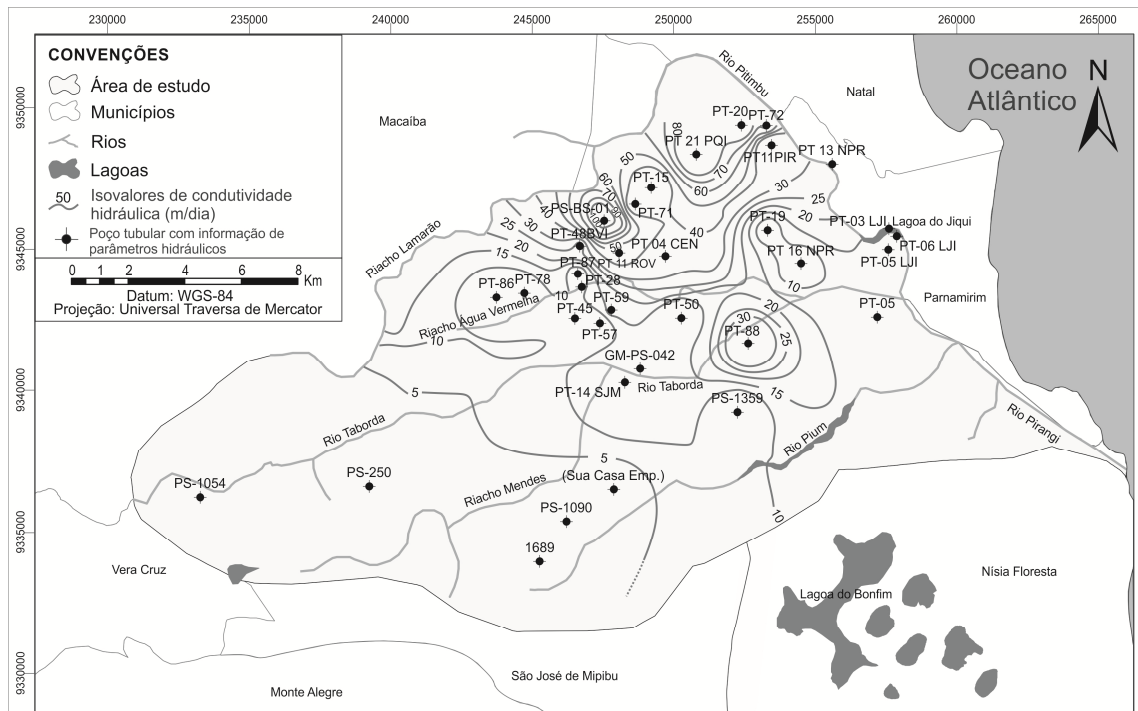


Figura 8. Condutividade hidráulica do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.

Figure 8. Hydraulic conductivity of the Barreiras Aquifer System in Parnamirim Region.

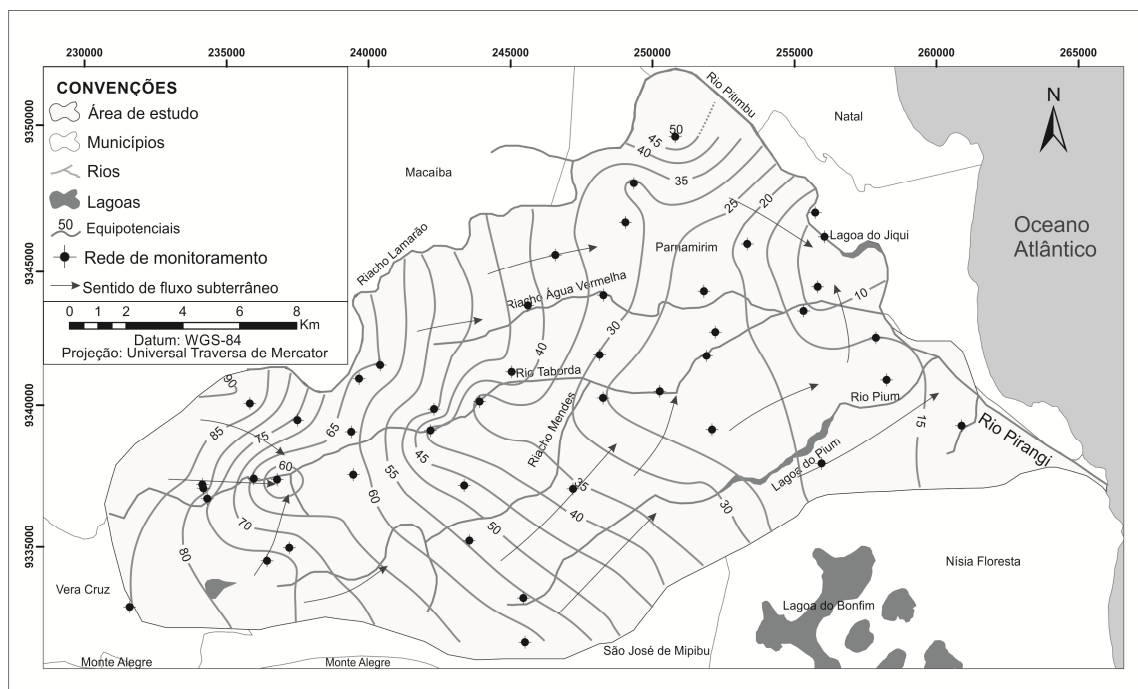


Figura 9. Potenciometria do Sistema Aquífero Barreiras na Região de Parnamirim.

Figure 9. Potentiometry of the Barreiras Aquifer System in Parnamirim Region.

Tabela 1. Espessura total e espessura saturada do Sistema Aquífero Barreiras.
 Table 1. Total thickness and saturated thickness of the Barreiras Aquifer System.

Poço	Coordenadas		e	h ₀
	UTM X	UTM Y	(m)	(m)
PT-05	257193	9342594	69	38,55
PT-15	249200	9347162	69	50
PT-20	252390	9349370	50	23,5
PT-28	246755	9343656	50	28
PT-50	250267	9342550	64	18
PT-57	247390	9342368	52,6	24,6
PT-59	247791	9342840	53	22
PT-71	248638	9346582	56	30,46
PT-72	253274	9349358	60	25
PT-74	245205	9345520	49,5	17,2
PT-78	244722	9343442	43	22
PT-86	243744	9343290	44	22
PT-87	246610	9344122	50	32
PT-88	252636	9341658	56	23
PT11PIR	253459	9348662	95	50
PS-BS 01	247545	9345995	52	27
PT-45	246509	9342544	54	32,3
PT-48BVI	246680	9345111	57	24
PT-05 LJI	257580	9344984	47	45,43
PT-06 LJI	257605	9345719	76	50
PT-03 LJI	257884	9345453	59	53,6
PT-19	253315	9345657	75	56,5
PT 11 ROV	248073	9344869	56	23,11
PT 04 CEN	249707	9344760	60	33,61
PT 16 NPR	254500	9344500	80	40,3
PT 21 PQI	250803	9348344	41,5	18,68
PT 13 NPR	255600	9348000	76	38,85
PT 43 LPT	249356	9347855	74	41,31
PT 42 PGD	246937	9343013	44	19,82
PT 40 CRV	250051	9344674	60	29
PT 22 A	250830	9349430	86	44,42
PT-14 SJM	248271	9340270	39	15,47
GM-PS-042	248818	9340759	61	54
PS-250	239250	9336620	29	25
(Sua Casa Emp.)	247890	9336518	60	48
PS-1359	252254	9339238	70	37
PS-1090	246208	9335390	48	24
1689	245267	9333974	52	35
PS-1054	233279	9336236	35	23

e: espessura do Barreiras; h₀: espessura saturada.

Tabela 2. Resumo dos parâmetros hidrodinâmicos obtidos.
Table 2. Summary of hydrodynamic parameters obtained.

Poço	Coordenadas		T	T	K	K	μ
	X	Y	m ² /s	m ² /dia	m/s	m/dia	
PT-05	257193	9342594	4,48x10 ⁻³	387,07	1,16x10 ⁻⁴	10,02	0,16
PT-15	249200	9347162	9,36x10 ⁻³	808,70	1,87x10 ⁻⁴	16,15	0,17
PT-20	252390	9349370	2,8x10 ⁻²	2419,20	1,19x10 ⁻³	102,81	0,22
PT-28	246755	9343656	3,02x10 ⁻³	260,93	1,08x10 ⁻⁴	9,33	0,16
PT-50	250267	9342550	1,8x10 ⁻³	155,52	1,03x10 ⁻⁴	8,89	0,15
PT-57	247390	9342368	8,18x10 ⁻⁴	70,7	3,32x10 ⁻⁵	2,86	0,13
PT-59	247791	9342840	4,56x10 ⁻³	393,9	2,07x10 ⁻⁴	17,88	0,17
PT-71	248638	9346582	1,01x10 ⁻²	872,64	3,31x10 ⁻⁴	28,59	0,18
PT-72	253274	9349358	2,09x10 ⁻²	1805,76	8,35x10 ⁻⁴	72,14	0,21
PT-78	244722	9343442	3,11x10 ⁻⁴	26,9	1,41x10 ⁻⁵	1,21	0,12
PT-86	243744	9343290	1,07x10 ⁻⁴	9,24	4,84x10 ⁻⁶	0,41	0,1
PT-87	246610	9344122	8,12x10 ⁻⁴	70,15	2,54x10 ⁻⁵	2,19	0,13
PT-88	252636	9341658	1,17x10 ⁻²	1010,88	5,09x10 ⁻⁴	43,97	0,2
PT11PIR	253459	9348662	3,07x10 ⁻³	26,52	6,14x10 ⁻⁵	5,30	0,14
PS-BS-01	247545	9345995	5,49x10 ⁻³	474,33	2,04x10 ⁻³	176,25	0,18
PT-45	246509	9342544	1,17x10 ⁻⁴	10,10	3,63x10 ⁻⁶	0,31	0,1
PT-48BVI	246680	9345111	6,43x10 ⁻³	555,55	2,68x10 ⁻⁴	23,15	0,18
PT-05 LJI	257580	9344984	3,85x10 ⁻³	332,64	8,47x10 ⁻⁵	7,31	0,15
PT-06 LJI	257605	9345719	9,71x10 ⁻³	838,94	1,94x10 ⁻⁴	16,76	0,17
PT-03 LJI	257884	9345453	9,71x10 ⁻³	838,94	1,81x10 ⁻⁴	15,63	0,17
PT-19	253315	9345657	3,45x10 ⁻³	298,08	6,1x10 ⁻⁵	5,27	0,15
PT 11 ROV	248073	9344869	1,2x10 ⁻²	1036,8	5,12x10 ⁻⁴	44,23	0,2
PT 04 CEN	249707	9344760	1,24x10 ⁻²	1071,36	3,7x10 ⁻⁴	31,96	0,19
PT 16 NPR	254500	9344500	2,87x10 ⁻³	247,97	6,49x10 ⁻⁵	5,60	0,15
PT 21 PQI	250803	9348344	1,67x10 ⁻²	1442,88	1,26x10 ⁻³	108,86	0,23
PT-14 SJM	248271	9340270	5,62x10 ⁻³	485,56	3,63x10 ⁻⁴	31,36	0,19
GM-PS-042	248818	9340759	1,79x10 ⁻⁴	15,46	3,32x10 ⁻⁶	0,28	0,09
PS-250	239250	9336620	4,55x10 ⁻⁴	39,31	1,82x10 ⁻⁵	1,5	0,12
(Sua Casa Emp.)	247890	9336518	3,24x10 ⁻⁴	27,99	6,76x10 ⁻⁶	0,58	0,1
PS-1359	252254	9339238	9,17x10 ⁻⁴	79,22	2,48x10 ⁻⁵	2,14	0,13
PS-1090	246208	9335390	2,18x10 ⁻⁴	18,83	9,08x10 ⁻⁶	0,78	0,11
1689	245267	9333974	1,23x10 ⁻³	106,27	3,5x10 ⁻⁶	3,02	0,13
PS-1054	233279	9336236	9,94x10 ⁻⁴	85,88	4,32x10 ⁻⁵	3,73	0,14
PT 13 NPR	255600	9348000	1,21x10 ⁻²	1045,44	3,12x10 ⁻⁴	26,95	0,19

T: Transmissividade; K: condutividade hidráulica; μ : porosidade específica

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA – Agência Nacional das Águas. Ministério do Meio Ambiente. Estudos Hidrogeológicos para a orientação do Manejo das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana de Natal. V. 2 – Avaliação da Urbanização e de outras Atividades Antrópicas nas Águas Subterrâneas, 2012.
- Angelim, L. A. A.; Nesi, J. R.; Torres, H. H. R.; Medeiros, V. C.; Santos, C. A.; Veiga Júnior, J. P.; Mendes, V. A. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio Grande do Norte. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 119p, 2006.
- Asmus, H. E. Controle estrutural da deposição mesozóica nas bacias da margem continental brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 160-175, 1975.
- Batu, V. *Aquifer Hydraulics: a comprehensive guide to hydrogeologic data analysis*. Wiley-Interscience, 1998.
- Bertani, R. T.; COSTA, I. G. & MATOS, R. M. D. Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e “habitat” do petróleo na Bacia Potiguar. In: Raja Gabaglia, G. P. & Milani, E. J. (eds.), *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*. Rio de Janeiro, Petrobras, pp. 291-310, 1990.
- Bezerra, F. H. R.; Amaro, V. E.; Vinta-Finzi, C.; Saadi, A. Pliocene-quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*. p. 61-75, 2001.
- Bezerra, F.H.R.; Lucena, L. R. F; Saad, A.; Moreira, J. A. M.; Lins, F. A. P. L.; Nogueira, A. M. B.; Macedo, J. W. P.; Nazaré Jr. D. Estruturação Neotectônica do litoral de Natal-RN com base na correlação entre dados geológicos, geomorfológicos e gravimétricos. In: *Simposio Nacional de Estudos Tectônicos, IV*, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte-MG. SBG, Núcleo MG. Bol. 12: p.317-321, 1993.
- Borges, A. N. Implicações ambientais na bacia hidrográfica do Rio Pitimbú, RN, decorrentes das diversas formas de uso e ocupação do solo. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Sanitária da UFRN, 2002.
- Castany, G. *Prospección y explotación de las aguas subterráneas*. Barcelona: Omega, p. 738, 1975.
- CONTEGE. Estudo hidrogeológico de Natal-RN. Consultoria Técnica de Geologia e Engenharia Ltda. Relatório inédito, Companhia de águas e Esgostos do Rio Grande do Norte, 1970.
- Correia, E. R. C. Caracterização da Vulnerabilidade Natural do Aquífero Boa Viagem no Município do Recife – Método GOD. Dissertação de Mestrado. UFPE, Centro de Tecnologia e Ciências. Recife, PE. 2006
- Costa, W.D. Estudos hidrogeológicos de Natal-RN. Consultoria técnica de Geologia e Engenharia Ltda. Natal, p. 20-54. Relatório inédito, Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, 1971.

- Costa, W.D. Estudo da disponibilidade hídrica da Lagoa do Bonfim. Costa Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais. Natal, 83 p. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte, 1997.
- Costa, W.D. & Salim, J. Aspectos estruturais da faixa sedimentar costeira da região de Natal-RN, Revista Estudos Sedimentológicos, V2:133-144, Natal, RN, 1972.
- CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Serviço geológico do Brasil. 2005. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea - Diagnóstico dos municípios do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em outubro de 2014.
- CPRM - Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Norte, escala 1:500.000. 2006.
- Córdoba, V. C.; Jardim de Sá, E. F.; Souza, D. C.; Antunes, A. F. Bacia Pernambuco-Paraíba. Boletim de Geociências da Petrobras, 15(2): 391-403, 2007.
- Duarte, C. R.; Petta, E. A.; Medeiros, C. N.; Araujo, L. P. Mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia do rio Pitimbú, RN. Anais II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju, SE, 2004.
- Duijvenbooden, W.V.; Waageningh, H.G.V. Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants, Proceedings and Information No. 38 of the International Conference held in the Netherlands, TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands, 1987.
- Feitosa, E.C. Plano estadual de recursos hídricos do Rio Grande do Norte - os recursos hídricos subterrâneos. HIDROSERVICE Engenharia Ltda. Natal. v.1. 96 p. Relatório diagnóstico. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte, 1997.
- Feitosa, E.C.; Feitosa, F.A.C.; Lira, H.M.P. Relações Estratigráficas e Estruturais entre a Bacia Potiguar e a Bacia PE/PB/RN – Uma Hipótese de Trabalho. In: XII Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas, 12. Anais Eletrônicos. Florianópolis, 2002.
- Fetter, C.W. Applied hydrogeology. 4th ed. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458. 598p, 2001.
- Foster, S. S. D; Morris, B.; Lawrence, A.; Chilton, J. Groundwater impacts and issues in developing cities – An Introductory review. In: Groundwater in the Urban Environment. Selected City Profiles. Volume 21 of the International Contributions to Hydrogeology. Rotterdam: A.A. Bakema, 1999.
- Foster, S.; Hirata, R. Groundwater Pollution Risk Assessment: a methodology using available data. In Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences - CEPIS. Lima, 1988.
- FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A.; GOMES, D. C.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Banco Mundial/Servmar. São Paulo, 2006.
- Furrier, M.; Araújo, M. E.; Menezes, L. F. Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 6, n. 2, p. 61-70, outubro 2006.

- Healy, R. W.; Cook, P. G. Using groundwater levels to estimate recharge. *Hydrogeology Journal*, v. 10, n.1, p. 91-109, 2002.
- IPT. Estudo Hidrogeológico Detalhado do Estado do Rio Grande do Norte. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)/Secretaria de Planejamento do Estado do Rio Grande do Norte. Natal, 9 Vol, 1982.
- Israfilov, R.G. Anthropogenic Changes to Hydrogeological Conditions in Urban Areas. *Urban Groundwater Management and Sustainability*. NATO Science Series. Volume 74, pp 11-28, 2006.
- Kobayashi, R. T.; Moreira, L. F. P.; Andrade, H. T. A. Pitimbu River low land portion water and sediment monitoring data, Natal, Brazil. *International Congress an Environment Modeling and software*, Ottawa, Canada, 2010.
- Lucena, L.R.F.; Queiroz, M. A. Considerações sobre as influências de uma tectônica cenozoica na pesquisa e prospecção de recursos hídricos – o exemplo do litoral sul de Natal- RN, Brasil. *Revista Águas Subterrâneas, ABAS*. V. 1, no 15, p. 81-88, 1996.
- Lucena, L. R. F. Implicações Tectônicas na Hidrologia do Aquífero Barreiras e Sistema Lacustre do Bonfim, Nísia Floresta-RN. *Dissertação (Mestrado)*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 1999.
- Lucena, L. R. F.; Rosa Filho, E.F.; Bittencourt, A. V. L.A Potenciometria do aquífero Barreiras no setor oriental da Bacia do rio Pirangi-RN e considerações sobre a relação com Mananciais superficiais. *Rev. Águas Subterrâneas*, n. 18, p. 19-28. Janeiro 2004.
- Lucena, L. R. F. Implicação da compartimentação estrutural no aquífero Barreiras na área da bacia do Rio Pirangi-RN. *Tese (doutorado)*. Universidade Federal de Curitiba, 2005.
- Lucena, R. F. L.; Becegato, V. A.; Cabral, J. B. P. Considerações sobre a potenciometria do aquífero Barreiras e a influência da estruturação regional nesse contexto – setor da bacia do rio Pirangi-RN. *Revista Eletrônica do Curso de Geografia do Campus Jatai – UFG*. No 7, 2006.
- Mabesoone, J. M.; Rolim, J. L.; Castro, C. Late cretaceous and Cenozoic history of northeastern, Brasil. *Geologie Mijnbouw*. p. 56-129-139, 1977.
- Mabesoone, J. M. et al. Revisão Geológica da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco, Paraíba e Parte do Rio Grande do Norte. *Estudos Geológicos*. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 252 p, 1991.
- Matos, R. M. D. Sistema de rifts cretáceos do Nordeste Brasileiro. In: *Seminário de Tectônica da Petrobrás*, 1, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1987. PETROBRAS/DEPEX, Rio de Janeiro, Atas, pp. 126-159, 1987.
- Melo, J. G. Impactos do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal – RN. *Tese (Doutorado)*, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 1995.
- Melo, J. G. Avaliação das potencialidades e condições para a exploração das águas subterrâneas da área de Emaús, Parnamirim - RN. *Recursos hídricos e qualidade das águas*. Departamento de Geologia da UFRN. Natal, 2008.

- Melo, J. G.; Vasconcelos, M. B.; Oliveira, J.; Medeiros, J. I. Avaliação das condições hidroambientais e definição de estratégias de manejo dos recursos hídricos nos domínios urbanos e periurbanos da zona norte de Natal/RN. Relatório final de pesquisa. MCT/CNPq/CT-Hidro/CT-Agro, 2009.
- Melo, J.G.; Vasconcelos, M. B.; DE Moraes, S. D.; Alves, R. S. Avaliação hidrogeológica da Zona Norte da cidade de Natal, RN, e os problemas associados ao desenvolvimento urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, RBRH. V. 17, nº1, p. 123-134, 2012.
- Melo, J.G.; De Moraes, S. D.; Alves, R. S.; Vasconcelos, M. B. Avaliação dos recursos hídricos do Aquífero Barreiras na bacia do Rio Maxaranguape, RN. *Revista Água Subterrânea*, ABAS. V 27, no 1, p. 53-64, 2013.
- Melo, J.G.; Alves, R.S.; Silva, J.G. Estimativa da Recarga das Águas Subterrâneas do Aquífero Barreiras na Bacia do Rio Pirangi, RN. *Revista águas Subterrâneas*, n. 28, p. 68-81 Agosto de 2014.
- Nogueira, F. C. C.; Bezerra, F. H. R.; Castro, D. L. Deformação rúptil em depósitos da formação Barreiras na porção leste da Bacia Potiguar. *Geol. USP, Sér. cient.* [online], vol.6, n.2. São Paulo. p. 51-59, 2006.
- Pazdro, Z. Hydrogeologia Ogólna, W.G. Warszawa, p.575. In: ALVAREZ, R.H.; NIEDZIELSKI, H. (1996). Estimacion de la recarga em la subcuenca Rio de las Avenidas Pachuca Hidalgo México. In: Congresso Latino-Americano de Hidr. Sub., 3, México: ALHSUD, p.35-46, 1983.
- Pessoa Neto, O. C.; Soares, U. M.; Da Silva, J. G. F.; Roesner, E. H.; Florencio, C. P.; De Souza, C. A. V. Bacia Potiguar. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 357-369, 2007.
- Salim, J.; Lima, M. S.; Mabesoone, J.M. Vales estruturais no litoral leste do Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, VI, Maceió. *Anais...* Maceió: SBG. p. 41-47, 1974.
- Salgado, O. A.; Jordy Filho, S. E.; Gonçalves, L. M. C. Vegetação. In: Brasil, Ministério de Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro. Folha SB.24-25 Jaguaribe-Natal. P. 485-544, 1981.
- Scanlon, B. R.; Healy, R. W.; Cook, P. G. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeology Journal*, V. 10, n. 1, p. 18-39, 2002.
- SERHID - Secretaria do Estado de Recursos Hídricos. 1998. Caracterização Hidrogeológica dos Aquíferos. Plano Estadual De Recursos Hídricos Relatório HE-1358-R11-0798. Hidroservice/SERHID, 1998.
- SERHID - Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos. 2006. Quantificação da Oferta Hídrica, Elaboração do Plano de Gestão Integrada e Estudo de Alternativas de Reforço do Sistema Salto-Una-Timbo na Bacia do Rio Jacu no Rio Grande do Norte. 3 volumes. Dezembro, 2006.
- Simmers, I. Recharge of phreatic aquifers in (semi) arid areas. *IAH Int. Contrib. Hydrogeology* 19, AA Balkema, Rotterdam. 277p, 1997.

Thornthwaite, C.W.; MATHER, JR. The Water Balance. Laboratory of Climatology, Centerton, NJ, USA, 1955.

<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=240325&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas> Acesso em 26/02/2015 às 11:15 mim.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Parâmetros hidrodinâmicos obtidos a partir dos testes de bombeamento dos poços avaliados no âmbito deste trabalho.

Poço	Coordenadas		e	Ø	NE	Q	h ₀	T		K		μ
	X	Y	(m)	(pol)	(m)	m³/h	(m)	m²/s	m²/dia	m/s	m/dia	
PT-05	257193	9342594	69	8	30,45	23,22	38,55	4,48x10 ⁻³	387,07	1,16x10 ⁻⁴	10,02	0,16
PT-15	249200	9347162	69	8	18,97	42,35	50	9,36x10 ⁻³	808,70	1,87x10 ⁻⁴	16,15	0,17
PT-20	252390	9349370	50	8	18,6	36	23,5	2,8x10 ⁻²	2419,20	1,19x10 ⁻³	102,81	0,22
PT-28	246755	9343656	50	6	13	18	28	3,02x10 ⁻³	260,93	1,08x10 ⁻⁴	9,33	0,16
PT-50	250267	9342550	64	6	30,4	15,3	18	1,8x10 ⁻³	155,52	1,03x10 ⁻⁴	8,89	0,15
PT-57	247390	9342368	52,6	8	20,83	19	24,6	8,18x10 ⁻⁴	70,7	3,32x10 ⁻⁵	2,86	0,13
PT-59	247791	9342840	53	8	21	65,45	22	4,56x10 ⁻³	393,9	2,07x10 ⁻⁴	17,88	0,17
PT-71	248638	9346582	56	8	19,54	40	30,46	1,01x10 ⁻²	872,64	3,31x10 ⁻⁴	28,59	0,18
PT-72	253274	9349358	60	8	27,17	37,89	25	2,09x10 ⁻²	1805,76	8,35x10 ⁻⁴	72,14	0,21
PT-78	244722	9343442	43	6	9,76	18	22	3,11x10 ⁻⁴	26,9	1,41x10 ⁻⁵	1,21	0,12
PT-86	243744	9343290	44	6	14,2	6,57	22	1,07x10 ⁻⁴	9,24	4,84x10 ⁻⁶	0,41	0,10
PT-87	246610	9344122	50	8	7,76	19,46	32	8,12x10 ⁻⁴	70,15	2,54x10 ⁻⁵	2,19	0,13
PT-88	252636	9341658	56	6	26,9	20	23	1,17x10 ⁻²	1010,88	5,09x10 ⁻⁴	43,97	0,20
PT11PIR	253459	9348662	95	8	38,6	29	50	3,07x10 ⁻³	26,52	6,14x10 ⁻⁵	5,30	0,14
PS-BSANTOS-	247545	9345995	52	6	20,88	23,75	27	5,49x10 ⁻³	474,33	2,04x10 ⁻³	176,25	0,18
PT-45	246509	9342544	54	6	13,76	13,7	32,3	1,17x10 ⁻⁴	10,10	3,63x10 ⁻⁶	0,31	0,10
PT-48BVI	246680	9345111	57	6	22,63	22,63	24	6,43x10 ⁻³	555,55	2,68x10 ⁻⁴	23,15	0,18
PT-05 LJI	257580	9344984	47	8	1,57	90	45,43	3,85x10 ⁻³	332,64	8,47x10 ⁻⁵	7,31	0,15
PT-06 LJI	257605	9345719	76	8	26	65,45	50	9,71x10 ⁻³	838,94	1,94x10 ⁻⁴	16,76	0,17
PT-03 LJI	257884	9345453	59	8	5,4	5,4	53,6	9,71x10 ⁻³	838,94	1,81x10 ⁻⁴	15,63	0,17
PT-19	253315	9345657	75	8	18,44	15	56,5	3,45x10 ⁻³	298,08	6,1x10 ⁻⁵	5,27	0,15

APÊNDICE A: Parâmetros hidrodinâmicos obtidos a partir dos testes de bombeamento dos poços avaliados no âmbito deste trabalho. (Continuação)

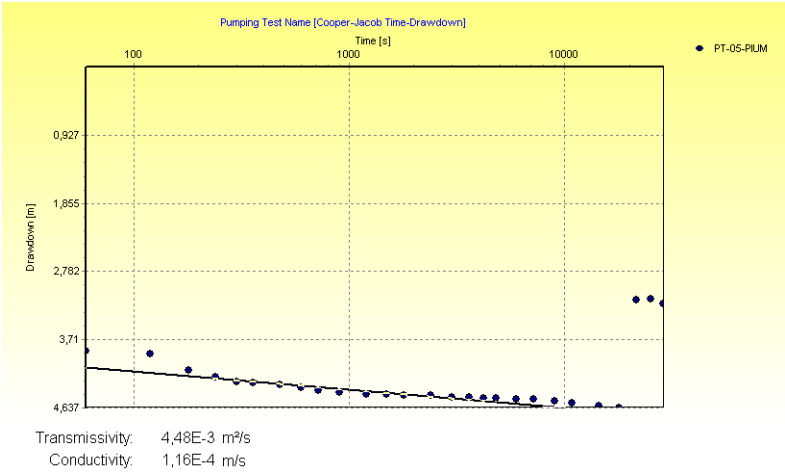
Poço	Coordenadas		e	Ø	NE	Q	h ₀	T		K		μ
	X	Y	(m)	(pol)	(m)	m³/h	(m)	m²/s	m²/dia	m/s	m/dia	
PT 11 ROV	248073	9344869	56	8	26,89	52,74	23,11	1,2x10 ⁻²	1036,8	5,12x10 ⁻⁴	44,23	0,20
PT 04 CEN	249707	9344760	60	8	15,39	12,2	33,61	1,24x10 ⁻²	1071,36	3,7x10 ⁻⁴	31,96	0,19
PT 16 NPR	254500	9344500	80	8	35,7	35	40,3	2,87x10 ⁻³	247,97	6,49x10 ⁻⁵	5,60	0,15
PT 21 PQI	250803	9348344	41,5	8	28,32	38,9	18,68	1,67x10 ⁻²	1442,88	1,26x10 ⁻³	108,86	0,23
PT 13 NPR	255600	9348000	76	8	37,15	55	38,85	1,21x10 ⁻²	1045,44	3,12x10 ⁻⁴	26,95	0,19
PT 43 LPT	249356	9347855	74	6	19,69	13,85	41,31					
PT 42 PGD	246937	9343013	44	6	9,18	16	19,82					
PT 40 CRV	250051	9344674	60	8	17,17	15,32	29					
PT 22 A	250830	9349430	86	6	26,58	50	44,42					
PT-14 SJM	248271	9340270	39	8	23,53	19,45	15,47	5,62x10 ⁻³	485,56	3,63x10 ⁻⁴	31,36	0,19
GM-PS-042	248818	9340759	61	6	7	7	54	1,79x10 ⁻⁴	15,46	3,32x10 ⁻⁶	0,28	0,09
PS-250	239250	9336620	29	6	4	8,75	25	4,55x10 ⁻⁴	39,31	1,82x10 ⁻⁵	1,5	0,12
(Sua Casa Emp.)	247890	9336518	60	4	25	3,4	48	3,24x10 ⁻⁴	27,99	6,76x10 ⁻⁶	0,58	0,10
PS-1359	252254	9339238	70	6	24	5,54	37	9,17x10 ⁻⁴	79,22	2,48x10 ⁻⁵	2,14	0,13
PS-1090	246208	9335390	48	6	24,35	5,4	24	2,18x10 ⁻⁴	18,83	9,08x10 ⁻⁶	0,78	0,11
1689	245267	9333974	52	8	17,35	27	35	1,23x10 ⁻³	106,27	3,5x10 ⁻⁶	3,02	0,13
PS-1054	233279	9336236	35	6	11	6	23	9,94x10 ⁻⁴	85,88	4,32x10 ⁻⁵	3,73	0,14

e: Espessura do Grupo Barreiras; Ø: polegadas; NE: Nível Estático; Q: Vazão de Bombeamento; h₀: Espessura saturada; T: Transmissividade; K: Condutividade Hidráulica;
μ: Porosidade Específica

APÊNDICEB: Dados dos testes de bombeamento dos respectivos poços e curvas obtidas com a aplicação do Método aproximativo de Cooper-Jacob Rebaixamento-Tempo.

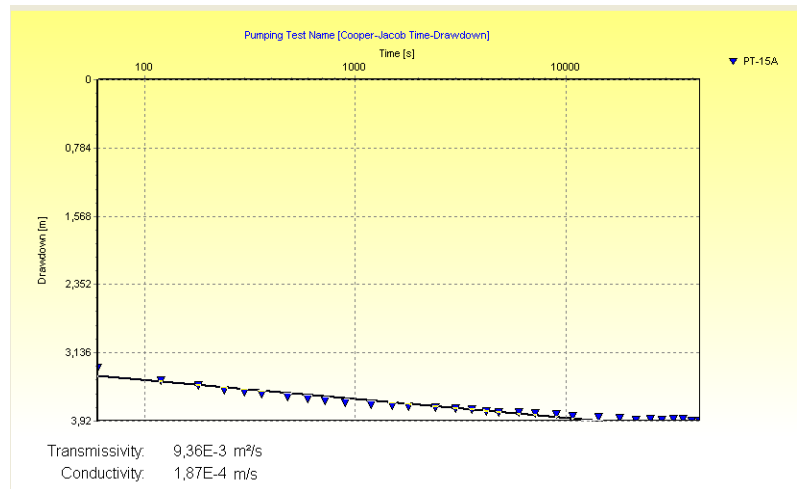
- PT-05

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
30,45	23,22	38,55
TB (min)	ND (m)	
1	34,32	
2	34,36	
3	34,579	
4	34,67	
5	34,728	
6	34,742	
8	34,775	
10	34,811	
12	34,85	
15	34,876	
20	34,9	
25	34,9	
30	34,913	
40	34,92	
50	34,945	
60	34,945	
70	34,953	
80	34,953	
100	34,969	
120	34,975	
150	35	
180	35,02	
240	35,067	
300	35,087	
360	33,622	
420	33,605	
480	33,669	



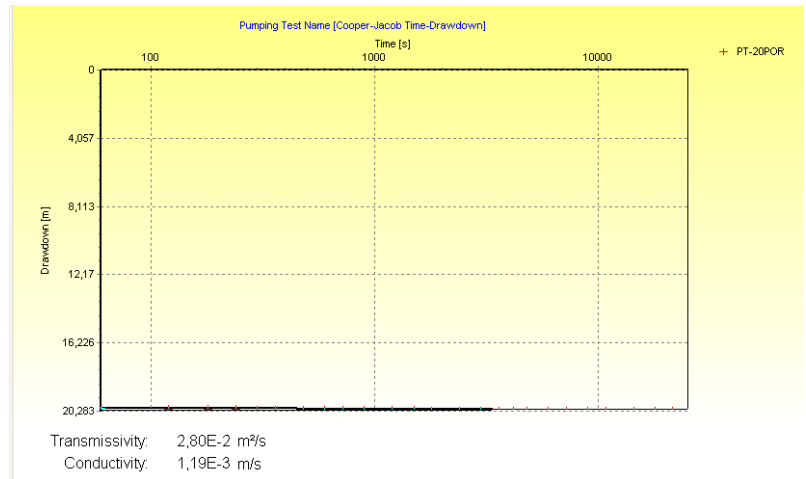
- PT-15

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
18,97	42,353	50
TB (min)	ND (m)	
1	22,285	
2	22,425	
3	22,48	
4	22,54	
5	22,555	
6	22,585	
8	22,615	
10	22,64	
12	22,655	
15	22,675	
20	22,705	
25	22,71	
30	22,725	
40	22,735	
50	22,75	
60	22,756	
70	22,775	
80	22,785	
100	22,795	
120	22,8	
150	22,815	
180	22,835	
240	22,85	
300	22,86	
360	22,88	
420	22,865	
480	22,875	
540	22,865	
600	22,87	
660	22,887	
720	22,89	



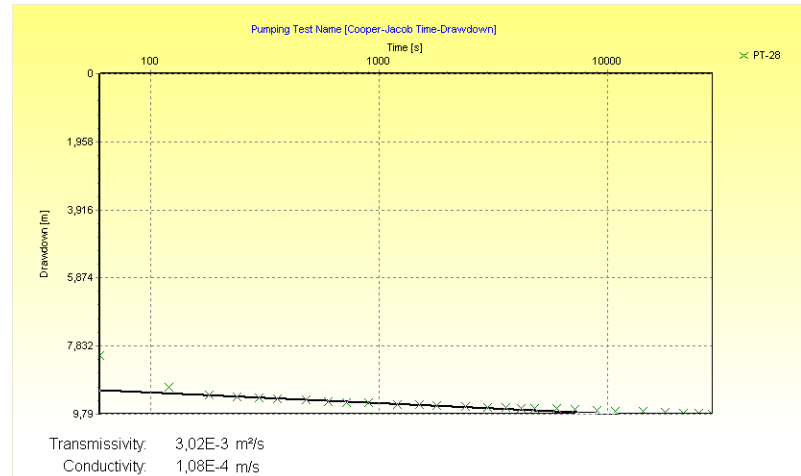
- PT-20

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
18,61	36	23,5
TB (min)	ND (m)	
1	20,102	
2	20,146	
3	20,164	
4	20,181	
5	20,198	
6	20,21	
8	20,229	
10	20,236	
12	20,24	
15	20,244	
20	20,247	
25	20,25	
30	20,256	
40	20,259	
50	20,263	
60	20,268	
70	20,272	
80	20,276	
100	20,28	
120	20,283	
150	20,283	
180	20,283	
240	20,283	
300	20,283	
360	20,283	
420	20,283	



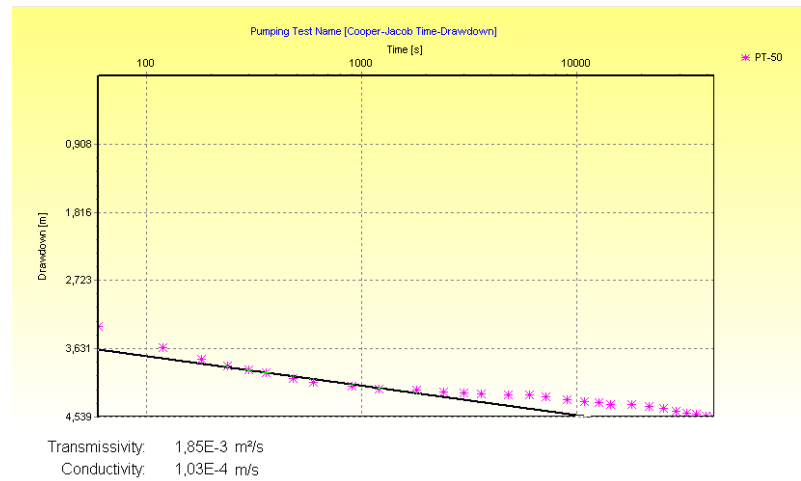
- PT-28

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
13,08	18	28
TB (min)	ND (m)	
1	21,193	
2	22,098	
3	22,328	
4	22,382	
5	22,408	
6	22,42	
8	22,454	
10	22,508	
12	22,526	
15	22,534	
20	22,586	
25	22,602	
30	22,618	
40	22,656	
50	22,668	
60	22,688	
70	22,694	
80	22,7	
100	22,708	
120	22,728	
150	22,75	
180	22,784	
240	22,794	
300	22,824	
360	22,83	
420	22,856	
480	22,87	



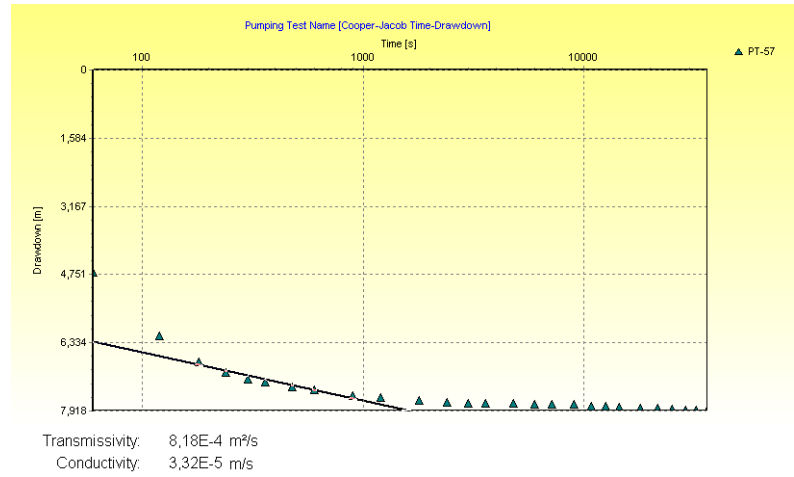
- PT-50

NE (m)	Q (m³/s)	b (m)
30,4	15,3	18
TB (min)	ND (m)	
1	33,67	
2	33,96	
3	34,103	
4	34,202	
5	34,245	
6	34,287	
8	34,369	
10	34,416	
15	34,465	
20	34,5	
30	34,513	
40	34,544	
50	34,559	
60	34,565	
80	34,577	
100	34,588	
120	34,606	
150	34,643	
180	34,666	
210	34,689	
240	34,706	
300	34,714	
360	34,732	
420	34,767	
480	34,795	
540	34,826	
600	34,844	
660	34,858	
720	34,877	



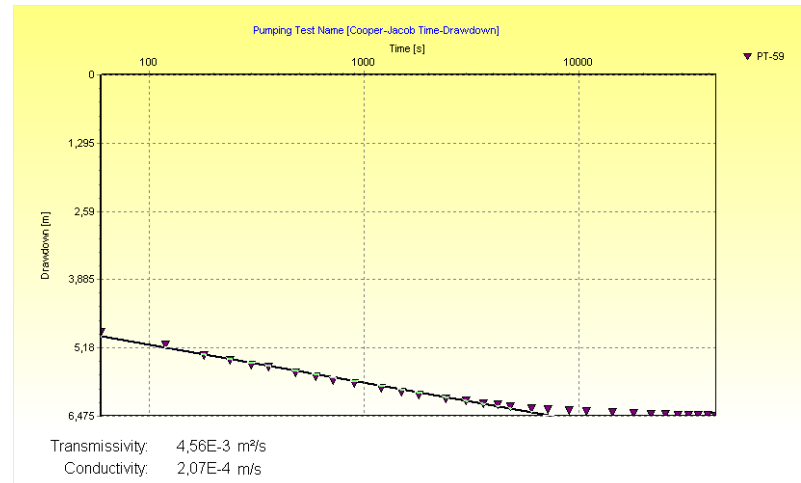
- PT-57

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
20,83	19	24,6
TB (min)	ND (m)	
1	25,534	
2	27,012	
3	27,607	
4	27,857	
5	28,018	
6	28,075	
8	28,193	
10	28,255	
15	28,389	
20	28,432	
30	28,507	
40	28,544	
50	28,558	
60	28,569	
80	28,574	
100	28,582	
120	28,588	
150	28,595	
180	28,632	
210	28,637	
240	28,66	
300	28,673	
360	28,691	
420	28,706	
480	28,717	
540	28,732	
600	28,748	



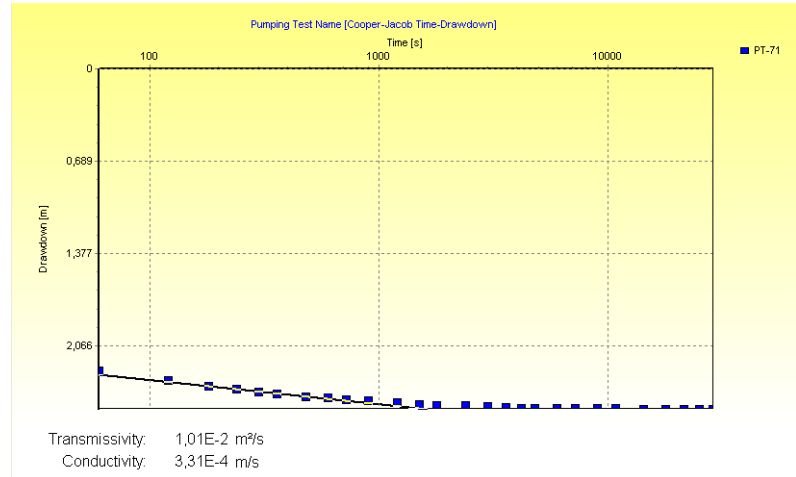
- PT-59

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
20,56	65,454	22
TB (min)	ND (m)	
1	25,44	
2	25,69	
3	25,875	
4	25,975	
5	26,06	
6	26,11	
8	26,215	
10	26,29	
12	26,35	
15	26,415	
20	26,51	
25	26,57	
30	26,625	
40	26,7	
50	26,75	
60	26,795	
70	26,82	
80	26,85	
100	26,88	
120	26,91	
150	26,93	
180	26,95	
240	26,97	
300	26,985	
360	26,99	
420	27	
480	27,01	
540	27,015	
600	27,02	
660	27,025	
720	27,035	



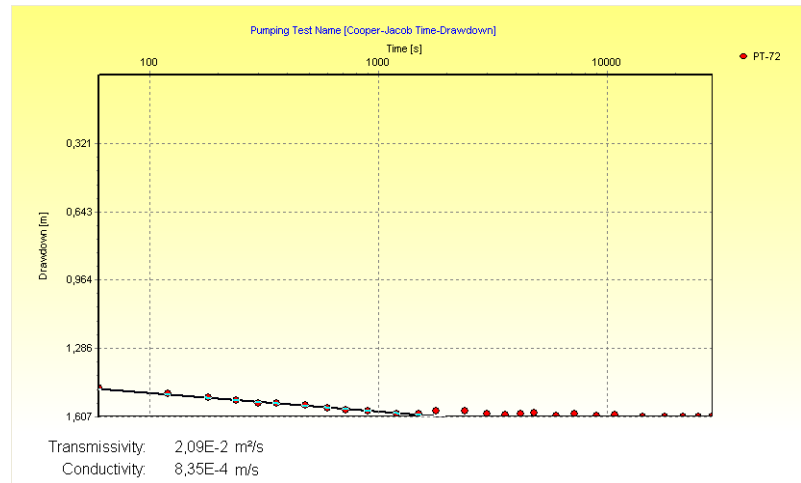
- PT-71

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
19,54	40	30,46
TB (min)	ND (m)	
1	21,789	
2	21,864	
3	21,905	
4	21,93	
5	21,947	
6	21,963	
8	22,983	
10	21,994	
12	22,007	
15	22,016	
20	22,03	
25	22,04	
30	22,046	
40	22,052	
50	22,056	
60	22,063	
70	22,068	
80	22,07	
100	22,072	
120	22,074	
150	22,074	
180	22,074	
240	22,075	
300	22,076	
360	22,078	
420	22,077	
480	22,077	



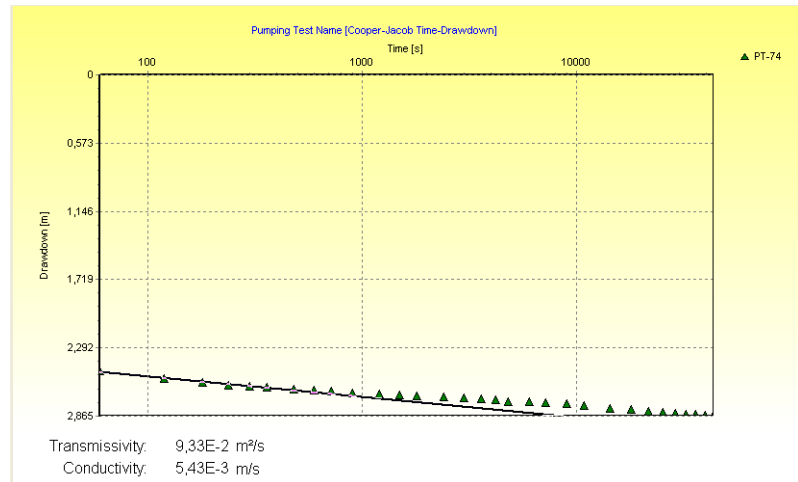
- PT-72

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
27,17	37,894	25
TB (min)	ND (m)	
1	28,64	
2	28,67	
3	28,686	
4	28,698	
5	28,713	
6	28,714	
8	28,724	
10	28,735	
12	28,743	
15	28,751	
20	28,762	
25	28,762	
30	28,749	
40	28,749	
50	28,762	
60	28,766	
70	28,764	
80	28,76	
100	28,772	
120	28,764	
150	28,773	
180	28,77	
240	2,775	
300	28,775	
360	28,777	
420	28,777	
480	28,775	



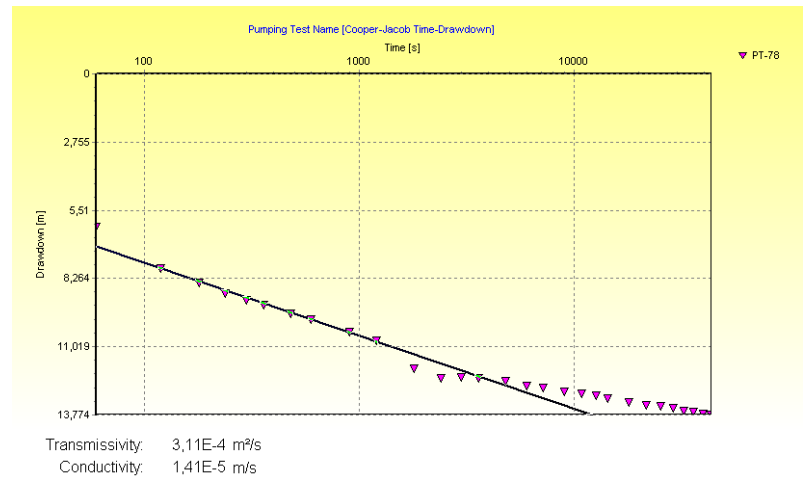
- PT-74

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
28,27	31,68	17,2
TB (min)	ND (m)	
1	30,755	
2	30,82	
3	30,85	
4	30,873	
5	30,883	
6	30,893	
8	30,907	
10	30,916	
12	30,925	
15	30,938	
20	30,95	
25	30,955	
30	30,962	
40	30,972	
50	30,98	
60	30,992	
70	31	
80	31,01	
100	31,017	
120	31,023	
150	31,032	
180	31,05	
240	21,068	
300	31,08	
360	31,093	
420	31,1	
480	31,11	
540	31,115	
600	31,122	
660	31,129	
720	31,135	



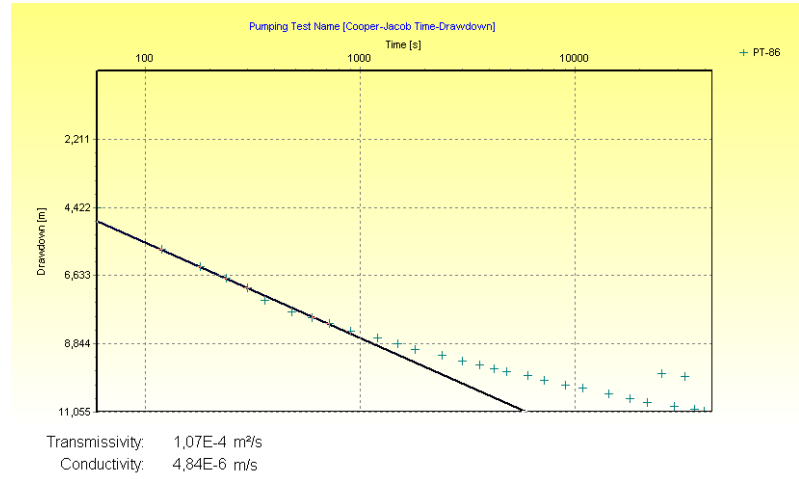
- PT-78

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
9,763	18	22
TB (min)	ND (m)	
1	15,955	
2	17,623	
3	18,217	
4	18,625	
5	18,9	
6	19,115	
8	19,46	
10	19,682	
15	20,177	
20	20,53	
30	21,66	
40	22,072	
50	22,018	
60	22,045	
80	22,18	
100	22,353	
120	22,463	
150	22,595	
180	22,68	
210	22,755	
240	22,87	
300	23,05	
360	23,132	
420	23,206	
480	23,278	
540	23,362	
600	23,434	
660	23,483	
720	23,537	



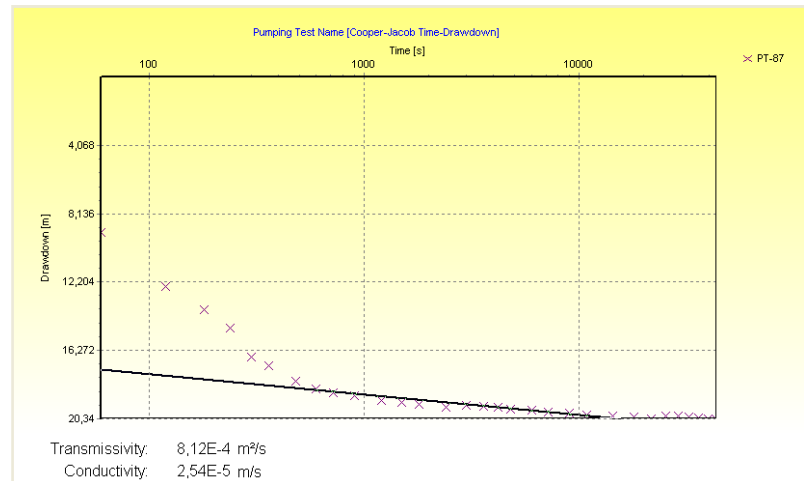
- PT-86

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
14,21	6,57	22
TB (min)	ND (m)	
1	18,645	
2	19,985	
3	20,565	
4	20,92	
5	21,245	
6	21,63	
8	22,005	
10	22,22	
12	22,4	
15	22,65	
20	22,87	
25	23,055	
30	23,22	
40	23,435	
50	23,605	
60	23,725	
70	23,855	
80	23,95	
100	24,08	
120	24,24	
150	24,385	
180	24,49	
240	24,68	
300	24,84	
360	24,94	
420	24,015	
480	25,07	
540	24,11	
600	25,175	
660	25,235	
720	25,265	



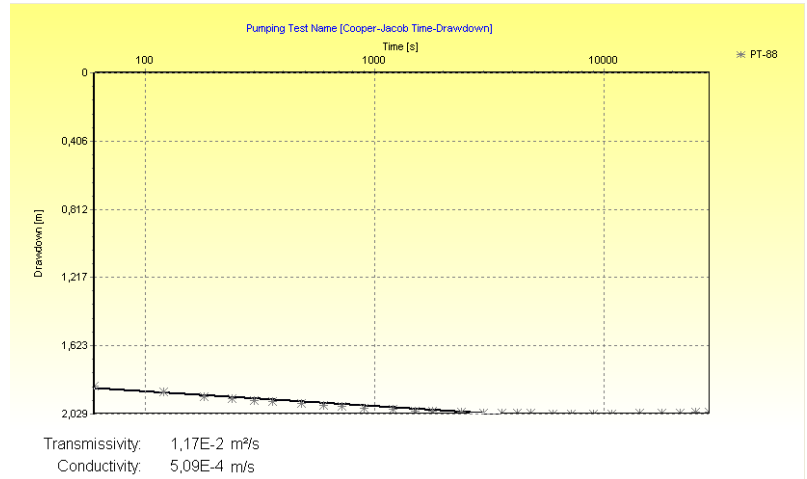
- PT-87

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
7,76	19,46	32
TB (min)	ND (m)	
1	17	
2	20,24	
3	21,615	
4	22,675	
5	24,42	
6	24,965	
8	25,835	
10	26,31	
12	26,52	
15	26,725	
20	26,985	
25	27,105	
30	27,21	
40	27,4	
50	27,27	
60	27,38	
70	27,435	
80	27,54	
100	27,61	
120	27,7	
150	27,75	
180	27,865	
240	27,945	
300	28	
360	28,075	
420	27,92	
480	27,95	
540	27,995	
600	28,06	
660	28,08	
720	28,1	



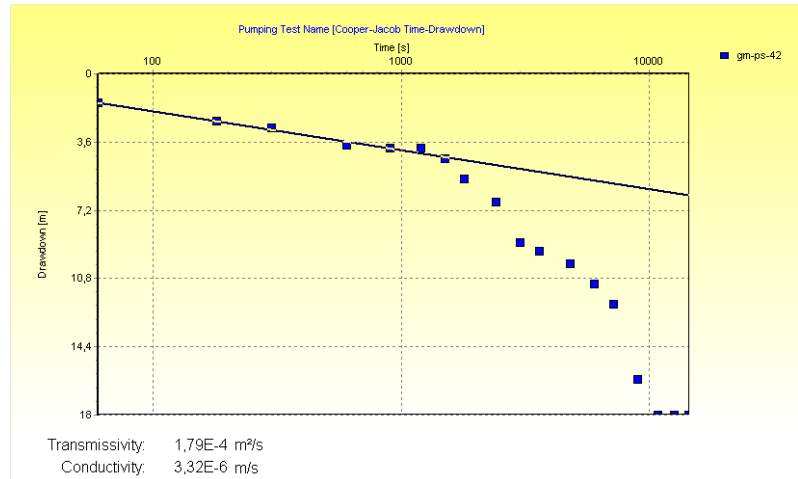
- PT-88

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
26,91	20	23
TB (min)	ND (m)	
1	28,77	
2	28,81	
3	28,835	
4	28,845	
5	28,856	
6	28,867	
8	28,875	
10	28,89	
12	28,896	
15	28,905	
20	28,913	
25	28,919	
30	28,922	
40	28,93	
50	28,932	
60	28,933	
70	28,933	
80	28,935	
100	28,937	
120	28,939	
150	28,939	
180	28,938	
240	28,936	
300	28,935	
360	28,935	
420	28,929	
480	28,929	



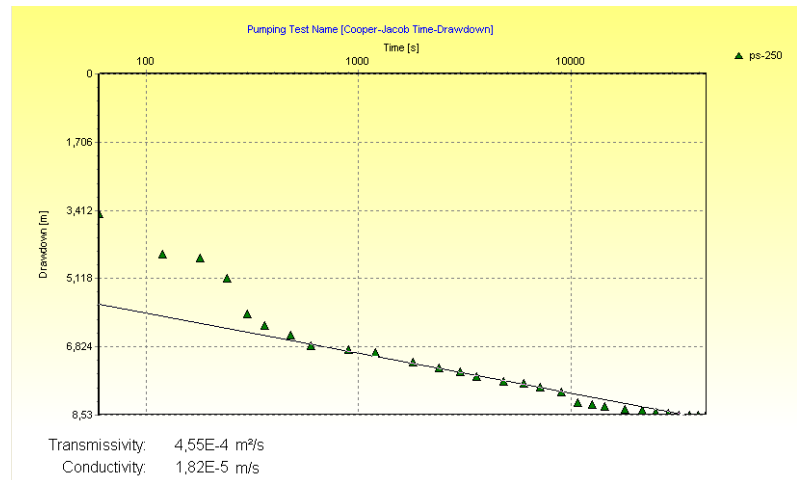
- GM-PS-042

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
7	7	54
TB (min)	ND (m)	
1	8,54	
3	9,51	
5	9,83	
10	10,74	
15	10,89	
20	10,9	
25	11,45	
30	12,54	
40	13,77	
50	15,874	
60	16,355	
80	17,03	
100	18,11	
120	19,13	
150	23,13	
180	25	
210	25	
240	25	
270		
300		
360		



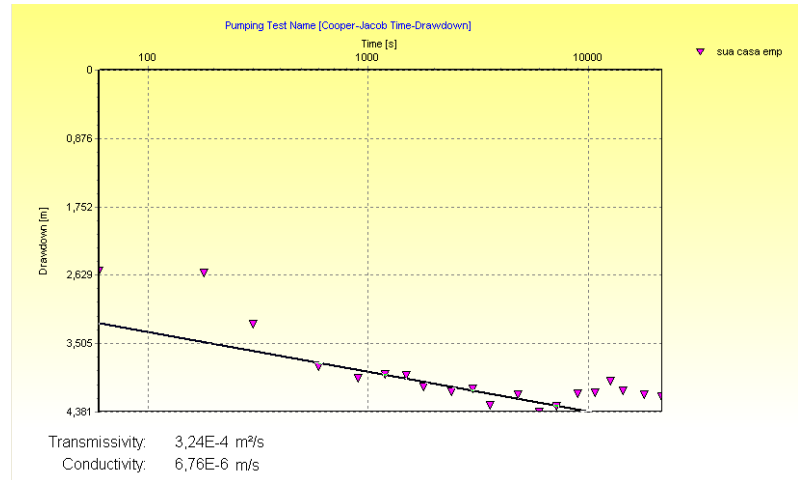
- PS-250

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
4	8,75	25
TB (min)	ND (m)	
1	7,5	
2	8,5	
3	8,6	
4	9,1	
5	10,01	
6	10,3	
8	10,53	
10	10,8	
15	10,89	
20	10,97	
30	11,21	
40	11,34	
50	11,45	
60	11,57	
80	11,68	
100	11,74	
120	11,83	
150	11,95	
180	12,21	
210	12,27	
240	12,32	
300	12,38	
360	12,41	
420	12,45	
480	12,49	
540	12,52	
600	12,53	
660	12,53	
720	12,53	



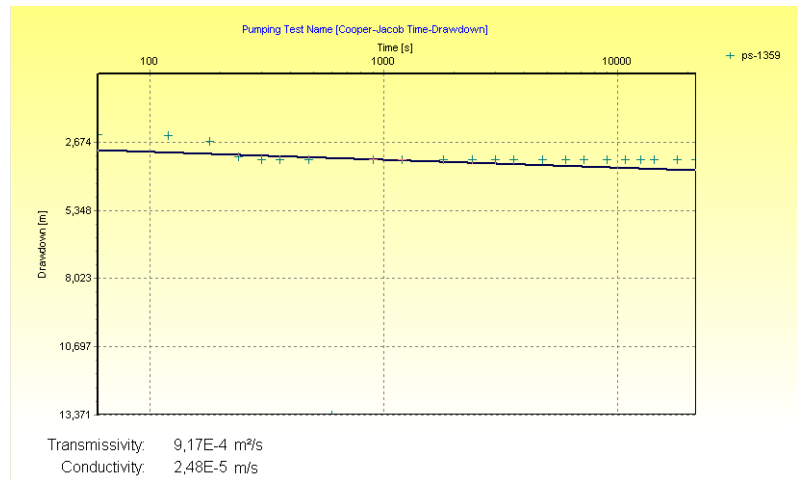
- Sua casa emp.

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
25	3,4	48
TB (min)	ND (m)	
1	27,568	
3	27,602	
5	28,255	
10	28,798	
15	28,946	
20	28,9	
25	28,914	
30	29,057	
40	29,121	
50	29,085	
60	29,292	
80	29,156	
100	29,381	
120	29,301	
150	29,149	
180	29,131	
210	28,988	
240	29,111	
300	29,158	
360	29,181	



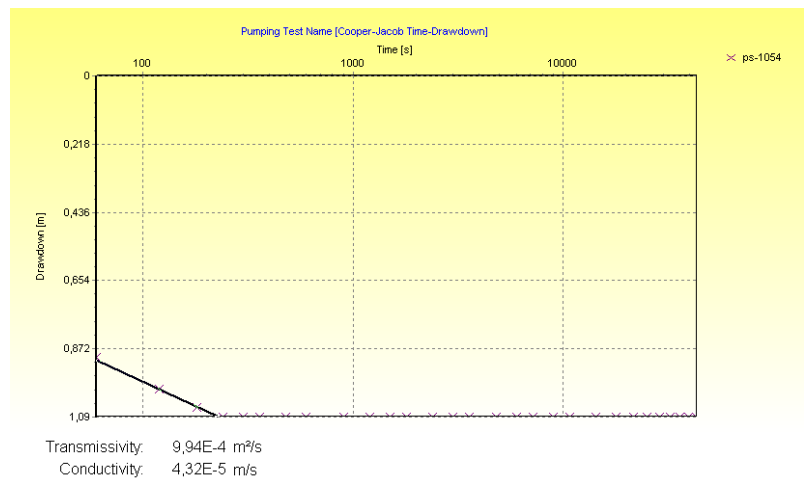
- PS-1359

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
24	5,54	37
TB (min)	ND (m)	
1	26,385	
2	26,41	
3	26,64	
4	27,265	
5	27,37	
6	27,37	
8	27,37	
10	37,371	
15	27,371	
20	27,371	
30	27,371	
40	27,372	
50	27,372	
60	27,373	
80	27,373	
100	27,373	
120	27,374	
150	27,374	
180	27,374	
210	27,375	
240	27,375	
300	27,375	
360	27,375	



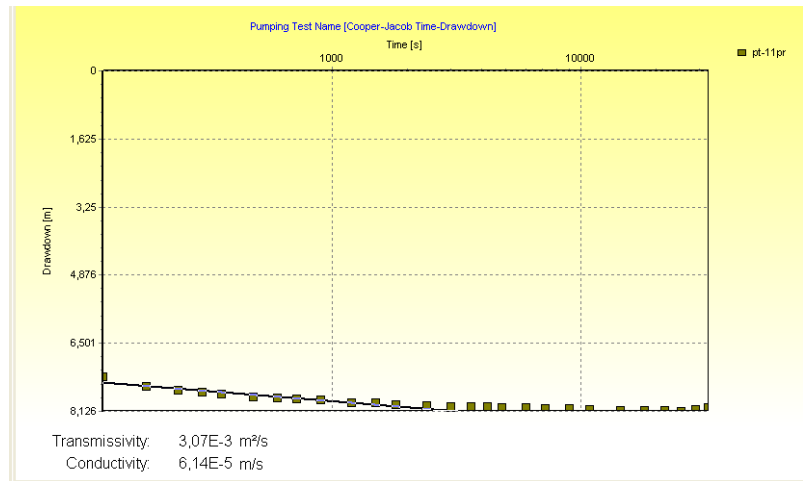
- PS-1054

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
11	6	23
TB (min)	ND (m)	
1	11,9	
2	12	
3	12,06	
4	12,09	
5	12,09	
6	12,09	
8	12,09	
10	12,09	
15	12,09	
20	12,09	
25	12,09	
30	12,09	
40	12,09	
50	12,09	
60	12,09	
80	12,09	
100	12,09	
120	12,09	
150	12,09	
180	12,09	
240	12,09	
300	12,09	
360	12,09	
420	12,09	
480	12,09	
540	12,09	
600	12,09	
660	12,09	
720	12,09	



- PT-11PIR

NE (m)	Q (m³/h)	b (m)
38,6	29	50
TB (min)	ND (m)	
1		
2	45,9	
3	46,138	
4	46,222	
5	46,274	
6	46,311	
8	46,378	
10	46,407	
12	46,439	
15	46,46	
20	46,51	
25	46,525	
30	46,554	
40	46,583	
50	46,603	
60	46,608	
70	46,621	
80	46,627	
100	46,632	
120	46,655	
150	46,655	
180	46,683	
240	46,696	
300	46,696	
360	46,71	
420	46,726	
480	46,685	
540	46,64	



APÊNDICE C: CADASTRO DE POÇOS REGIÃO DE PARNAMIRIM

Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
P-01	Poço Tubular	Parnamirim/Nova Esperança	248603	9341798	José Tiago Gadelha		6	30,16	10	2 hs	Doméstico/animal
C-01	Cacimbão	Parnamirim/Nova Esperança	248660	9342212	Granja Santo Marta-Zé Luis		6				Doméstico
P-02	Poço Tubular	Parnamirim/Nova Esperança	248629	9341656	Condomínio Montana Campos		4	30,36	10	12 horas	Doméstico
P-03	Poço Tubular	Parnamirim/Nova Esperança	248621	9341502	Granja Santa Adelaide-Marcinha	62	6	31,36	2 hs	2 horas	Doméstico
P-04	Poço Tubular	Parnamirim/Nova Esperança	248574	9341188	Granja São Paulo-Teodózio	60				24 horas	Doméstico/animal
C-02	Cacimbão	Parnamirim/Nova Esperança	248679	9341212	Granja Saissem						
P-05	Poço Tubular	Parnamirim/Nova Esperança	249191	9341686	Quinta dos Cajuais		6		12	1 hr	Doméstico
P-06	Poço Tubular	Macaíba/Santa Tereza	245756	9343328	Choppirata-Carlos Alberto Ferreira		4		8	2 horas	Casa de Show
C-03	Cacimbão	Macaíba/Santa Tereza	245613	9343530	Maria de Fátima da Silva	23,09	1,43 (Ext)	16,7			
C-04	Cacimbão	Japicanga/São José de Mipibu	245600	9341208	Eduardo Canuto/Sítio Recreio	6,54	1,50 (Ext)	1,83		2hs	Doméstico
C-05	Cacimbão	Japicanga/São José de Mipibu	244966	9341168	Antonio	4,42	1,2 (Ext)	1,25			Doméstico
C-06	Cacimbão	Japicanga/São José de Mipibu	244802	9341148	José Anselmo Soares	3,35	1,5 (Ext)	0,3			Irrigação
C-07	Cacimbão	Japicanga/São José de Mipibu	244809	9341162	José Anselmo Soares	3,71	1,55 (Ext)	1,45		2hs	Irrigação
C-08	Cacimbão	Macaíba	243804	9340248	Sítio Maria Rosa-João Breno	7,51	1,33 (Ext)	6,03			Doméstico
C-09	Cacimbão	Macaíba	243665	9340248	Aldesi Alves/Fazenda Betel	8,2	1,63 (Ext)	5,46			Irrigação

Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
P-07	Poço Tubular	Macaíba	243641	9340376	Aldesi Alves/Fazenda Betel		6				
P-08	Poço Tubular	Macaíba	243335	9340880	Aldesi Alves/Fazenda Betel		6"	15,29	8	1hr	Doméstico
C-10	Cacimbão	Macaíba	243536	9340138	Dona Nivalda	7,59	1,70 (Ext)	4,94			Irrigação
C-11	Cacimbão	Macaíba	243298	9340032	Granja São Paulo	7,5	1,75 (Ext)	5,49		1hr e 30 min	Doméstico
C-12	Cacimbão	Macaíba	243304	9339934	Granja São Paulo	7,26	4	2,78	5	1hr	Doméstico secundário
C-13	Cacimbão	Macaíba	242991	9339996	Granja São Paulo	10,8	1,48 (Ext)	7,6		4hs	Doméstico
C-14	Cacimbão	Macaíba	243019	934006	Granja São Paulo	9,96	1,3 (Ext)	4,95		4hs	Doméstico
C-15	Cacimbão	Macaíba	245082	9341194	Severina Maria da Silva Vieira	2,26	1,65 (Ext)	0,66			Doméstico
C-16	Cacimbão	Macaíba	245055	9341184	Severina Maria da Silva Vieira	3,86	1,8 (Ext)	0,94		30 min	Doméstico
C-17	Cacimbão	Macaíba	243382	9340308	Dona Nivalda	4,41	2,51 (Ext)	2,66			Doméstico
P-09	Poço Tubular	Macaíba	243467	9340160	Dona Nivalda		4"	6,81	2	10hs	Irrigação
C-18	Cacimbão	Macaíba	242886	9339882	Maria Margarida d Conceição		4			2hs	Doméstico
C-19	Cacimbão	Macaíba	242709	9340024	Josefa Martins da Silva		1,55 (Ext)			1hr	Doméstico
C-20	Cacimbão	Macaíba	242458	9340232	Marilene Alves		1,63 (Ext)				Doméstico
C-21	Cacimbão	Macaíba	242428	9340264	Francisca de Souza	16,2	1,45 (Ext)	14,98		2hs	Doméstico
C-22	Cacimbão	Japacanga	242536	9340302	Fátima	16,07	1,55 (Ext)				Doméstico
C-23	Cacimbão	Japacanga	242495	9340224	Sebastiana Claudete da Silva	16,25	1,54 (Ext)	15,33		1hr e 30 min	Doméstico
C-24	Cacimbão	Japacanga	242545	9340146	Francisco Canindé da Silva	14,09	1,52 (Ext)	12,91			Desativado

Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
C-25	Cacimbão	Japecanga	242588	9340100		14,18	1,44 (Ext)	12,25			Desativado
C-26	Cacimbão	Japecanga	242501	9340112	Maria Cassiana	12,66	1,45	11,23			Desativado
C-27	Cacimbão	Japecanga	242477	9340094	João Batista Barbosa	12,63	1,36 (Ext)	10,68		1hr	Doméstico
P-10	Poço Tubular	Japecanga	242444	9339652	Granja Japecanga		4			30 min	Doméstico
C-28	Cacimbão	Japecanga	242314	9339790	Cesar Luis	9,2	1,43 (Ext)	7,65			Desativado
C-29	Cacimbão	Japecanga	242314	9339870	Lucimar Dantas	7,73	1,60 (Ext)	6,49		30 min	Dméstico Secundário
C-30	Cacimbão	Japecanga	242280	9339712	Simone e Washinton	4,9	1,65 (Ext)			1 hs	Doméstico
P-11	Poço Tubular	Curralinho de Cima-Japecanga	239910	9339646	Fazenda Palmeiras do Alto		6"	20,6	15	3 hs	Água mineral
P-12	Poço Tubular	Curralinho de Cima-Japecanga	240227	9340758	Fazenda Palmeiras do Alto	24	6"	5,24	5	2 hs	Doméstico
P-13	Poço Tubular	Água Mineral Vitória-Japecanga	239682	9340940	Agua Mineral Vitoria		6"	14,61	15	8hs	Água Mineral
P-14	Poço Tubular	Japecanga	240006	9339092	Fazenda Palmeiras do Alto		4"		5	24hs	Doméstico
P-15	Poço Tubular	Japecanga	240017	9339044	Fazenda Palmeiras do Alto		4				Desativado
P-16	Poço Tubular	Japecanga	239027	9339248	Fazenda São João		4				Doméstico/Industrial
P-17	Poço Tubular	Curral das Juntas/Japecanga	237197	9338206	José das Chagas Bezerra da Rocha	30	4"	16,74		24hs	Doméstico
P-18	Poço Tubular		239402	9339084	Camilo		6"	15,93		24hs	Doméstico
P-19	Poço Tubular	Japecanga	237645	9339026	Diniz-Frango Bom Todo	30	6"	16,07	15	24hs	Doméstico/Industrial
P-20	Poço Tubular	Japecanga	237508	9339484	Diniz-Frango Bom Todo	31,52	6"	15,34			Desativado
P-21	Poço Tubular	Japecanga	237753	9338602	Diniz-Frango Bom Todo		6"	18,14			Doméstico/Industrial

Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
P-22	Poço Tubular	Japacanga	236870	9338000	Ismar Medeiros	32	6				
P-23	Poço Tubular	Japacanga	236792	9337378	Ismar Medeiros	36	6"				Animal
P-24	Poço Tubular	Cana Brava	233696	9336876	Roberto Amorim	39	6"	9,86	10	2 hs	doméstico
P-25	Poço Tubular	Fazenda Olheiro	233955	9336802	Irene Verissimo	34,5	6"	7,51	8	2 hs	
P-26	Poço Tubular	Fazenda Olheiro	233876	9336755	Irene Verissimo	34	6"	8	8	2 hs	
P-27	Poço Tubular		234095	9335352	Silvia Livia Simonete	40	6				
P-28	Poço Tubular		234191	9337076	Silvia Livia Simonete	35	6"	8,66	5	2hs	Doméstico
P-29	Poço Tubular		234159	9337208	Silvia Livia Simonete	30	6"	11,43			
P-30	Poço Tubular		234104	9337100	Silvia Livia Simonete	35	4"	11,87	7	2hs	Doméstico
P-31	Poço Tubular		237274	9338382	Valter Fernando	36	4		5	8hs	Doméstico/Irrigação
P-32	Poço Tubular		237247	9338606	Valter Fernando	36	4			8hs	Doméstico/Irrigação
P-33	Poço Tubular	Granja Bom Jesus-Cana Brava	233370	9337148	Roberto Guerra	36	6"		5	2hs	Doméstico/Irrigação
P-34	Poço Tubular	Lagoa Grande	232258	9332574			6"	14,33			
P-35	Poço Tubular	Lagoa Grande	232734	9332615			6"	12	5	6	Irrigação
P-36	Poço Tubular		231981	9331834	Alexandre Cabral		6"		20	6	Irrigação
P-37	Poço Tubular	Lagoa Grande	234769	9332806	João Dinarte Patriota		6"			8hs	Doméstico/Animal
P-38	Poço Tubular	Lagoa Grande	232906	9332776	João Dinarte Patriota		6"				Animal
P-39	Poço Tubular	Areias	235778	9333506	Luis Antonio		6"				Irrigação
P-40	Poço Tubular	Areias	235977	9333558	Luis Antonio		6"	15,86	2	12	Doméstico/Irrigação
P-41	Poço Tubular	Vera Cruz	232329	9332660			6				
P-42	Poço Tubular	Cobé	236408	9332092			6				
P-43	Poço Tubular	Cobé	235881	9333080	Marco Antonio dos Anjos		6				Doméstico
P-44	Poço Tubular	Cobé	235440	9334066	Eurico Azevedo Dias		6		5	8hs	Doméstico/Irrigação

Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
P-45	Poço Tubular	Cobé	236015	9333860		26,36	6"	5,98			
P-46	Poço Tubular	Cobé/Sítio Areias	236158	9334306	Associação de moradores	42	6"	14,02			doméstico
P-47	Poço Tubular	Cobé/Sítio Areias	236241	9334344		29	6"	14,2	10	1 hr e meia	Doméstico/Irrigação
P-48	Poço Tubular	Cobé/Sítio Areias	236804	9334536	Francisco dos Anjos de Paiva	27,5	6"	7,67	90	8 hs	Irrigação
P-49	Poço Tubular	Areias	236521	9334428		30	6"	8,6	8	6 hs	
P-50	Poço Tubular	Cobé/Sítio Areias	236379	9334156	José Ferreira		6"		6	8 hrs	Irrigação
P-51	Poço Tubular	Cobé/Sítio Areias	236288	9334122			6"	3,76	6	2 hs	
P-52	Poço Tubular	Cobé/Sítio Areias	236170	9334700	Luis Antonio		6"	14,25		15hs	Doméstico/Irrigação
P-53	Poço Tubular	Cobé/Sítio Areias	236257	9334528	Luis Antonio		4"			15hs	Doméstico/Irrigação
P-54	Poço Tubular	Cobé/Sítio Areias	236436	9334518	Luis Antonio		6"	16,17	4	12hs	Irrigação
P-55	Poço Tubular	Areias	236813	9334680			6"	15,2	8	6 hs	Doméstico/Irrigação
P-56	Poço Tubular	Areias	237219	9334968			6"	11,27			Irrigação/Doméstico
P-57	Poço Tubular	Jardim	237219	9334968	Antonio Joaquim Damascena		4"	14,87			
P-58	Poço Tubular	Jardim	238712	9336818	Emanoel Firmino		6"	16,2	8	30 min	Doméstico
P-59	Poço Tubular	Jardim	239472	9337554	Rogério Silvestre de Lima	30	4"	14,29		12hs	Doméstico/Irrigação
P-60	Poço Tubular	Areias	235213	9334350	José Leonaldo de Paiva	30	6"	13	20	8hs	Doméstico/Irrigação
P-61	Poço Tubular	Areias	235197	9334866	José Leonaldo de Paiva	28	6"		20	8hs	Doméstico/Irrigação
P-62	Poço Tubular	Areias	235305	9334600		27	6"	14			
P-63	Poço Tubular	Jacaracica	239033	9334208	Assentamento Gonçalves Soares		6"	13,79	8	4 hs	Doméstico
P-64	Poço Tubular	Japicanga	239122	9334097			6"	12,4	6	6 hs	Doméstico
P-65	Poço Tubular	Japicanga/São José de Mipibu	242194	9339122	Ronaldo Antonio de Oliveira	20,52	6"	1,67			

Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
P-66	Poço Tubular	Japacanga/Sítio Bom Jesus	242850	9337980	José Araújo Tavares	29,5	4"	14,93	5	2hs	Irrigação/Doméstico
P-67	Poço Tubular	São José de Mipibu/Sítio Jardim	240170	9336544	Jesuino de Azevedo Filho	34	8"			8hs	Irrigação/Doméstico
P-68	Poço Tubular	São José de Mipibu/Sítio Jardim	243215	9336922	Jesuino de Azevedo Filho		6"	21,07	3	24hs	Irrigação
P-69	Poço Tubular	São José de Mipibu/Sítio Jardim	243373	9337174	Jesuino de Azevedo Filho		6"	16,24	8	30 min	Doméstico
P-70	Poço Tubular	São José de Mipibu/Sítio Jardim	243536	9336104	Jesuino de Azevedo Filho				6	01hr e 30 min	Doméstico/Animal
P-71	Poço Tubular	São José de Mipibu/Mendes	243563	9335220	Kenedy	22	6"			12hs	Doméstico/Irrigação
P-72	Poço Tubular	Mendes	243702	9335015		27	6"		5	8 hs	
P-73	Poço Tubular	São José de Mipibu/Mendes	243972	9334098		30				15hs	Doméstico/Irrigação
P-74	Poço Tubular	Village dos vaqueiros	246.080	9331838	Ilton	46	4"	19,4			Doméstico
P-75	Poço Tubular	Village dos coqueiros	245518	9331638	Dinarte	(?)	6"	19,1	20	8 hs	Doméstico
P-76	Poço Tubular	Village dos coqueiros	245639	9332620	Lupo Edval Dantas	45	4"	12,36			Doméstico
P-77	Poço Tubular	Mendezinho	245455	9333210	Fátima	45	4"	14,17			Doméstico
P-78	Poço Tubular	Arenã	240676	9333216	Cícero Balbino	25	6"	13,74		12 hs	Irrigação
C-31	Cacimbão	Arenã	241989	9331994	Dr.Erberto	30	1,7	13,76			doméstico
P-79	Poço Tubular	Arenã	242529	9333646			6"	17,14	4	2 hs	
P-80	Poço Tubular	Arenã	242432	9333732			6"	18,56	12	2 hs	doméstico
C-32	Cacimbão	Mendes	248296	9334812	Sadir Mendes	28	1,5	20,34	8	2 hs	doméstico
C-33	Cacimbão	Passagem dos cavalos	249042	9335510	Muriel da Silva	12	1,55	15,81	6	8 hs	doméstico
P-81	Poço Tubular	Passagem dos cavalos	249042	9335510	Muriel da Silva	27					
P-81	Poço Tubular	Assent.Vale do	245580	9334568	José. Fco. Da	55	6"	18,88		10	Irrigação

		Lirio			Silva						
Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
P-82	Poço Tubular	Assent.Vale do Lirio	246437	9334706	Associação		6"	15,51	10	5 hs	Doméstico e irrigação
P-83	Poço Tubular	Passagem dos cavalos	249711	9335978	Dr. Valdir		4"	20,95	6	5 hs	Doméstico e irrigação
P-84	Poço Tubular	Passagem dos cavalos	249602	9335772			4"	17,6	8	6 hs	Doméstico e irrigação
P-85	Poço Tubular	Passagem dos cavalos	249598	9335526	Marciel	33	4"	8,24	4	5 hs	Doméstico
P-86	Poço Tubular	Passagem dos cavalos	248938	9336240	Nivaldo		4"	23,87	5	1hr	Doméstico
P-87	Poço Tubular	Granja Coração de Jesus	248695	9336904	Leoncio Fonseca		4"				Doméstico
P-88	Poço Tubular	Taborda	249280	9337088	João Maria	58	4"	28,37			Doméstico
P-89	Poço Tubular	Taborda	248932	9337542	Pedro Fausto	40	4"	34,1	5	2 hs	Doméstico
P-90	Poço Tubular	Taborda	248501	9337598		44	4"				
P-91	Poço Tubular	Taborda	248873	9338164	João Ferreira da Silva	42	4"	28,48	4	1 hr	Doméstico
C-34	Cacimbão	Taborda	248577	9337444	Rodrigues Jr.	20	1,37	25,02			
P-92	Poço Tubular	Taborda	248718	9338800	Cuca	60	6"	23,73		5 hs	Doméstico
P-93	Poço Tubular	Taborda	248600	9338875	Jair	56	6"	26,7	4	1 hr	Doméstico
P-94	Poço Tubular	Taborda	248200	9339596	Carlos Menezes		6"	29,72			Doméstico
P-95	Poço Tubular	Passagem dos cavalos	249595	9336504	Maria Das Graças	65	6"	sem acesso			Doméstico
P-96	Poço Tubular	Taborda	248962	9339560	Major Gabriel		6"	32,38			Doméstico
P-97	Poço Tubular	Comunidade Taborda	249056	9340226	Esc.Muni.Felipe Tavares		6"		6	12 hs	Doméstico
P-97	Poço Tubular	Taborda	248267	9340266	Bosque das Colinas		8"	23,18			Doméstico
P-98	Poço Tubular	Lual do Colorado	247676	9340170			6"	sem acesso			Doméstico
P-99	Poço Tubular	Lual do Colorado	247713	9339402			6"	sem acesso	6	2 hs	Doméstico
P-100	Poço Tubular	Lual do Colorado	247746	9338862			6"	sem acesso			Doméstico

Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
P-101	Poço Tubular	Pirangi de dentro	248140	9341782			6"	28,08			Doméstico
P-102	Poço Tubular	Mendes	246065	9335994	Alberto Magno		6"	sem acesso	4	2 hs	Doméstico
P-103	Poço Tubular	Mendes	246010	9335622	Maria Natividade	20		16,64			Doméstico
P-104	Poço Tubular	Comunidade Mendes	244974	9336036	Pref. Mun. S.J.Mipubu						Doméstico
P-105	Poço Tubular	Mendes	245700	9336370	Sales		4"	13,17		12 hs	Doméstico
P-106	Poço Tubular	Passagem dos cavalos	249576	9336264	José Benedito da Costa					1 hr	Doméstico
P-107	Poço Tubular	Poço Tubular	249477	9336123							Doméstico
P-108	Poço Tubular	Passagem dos cavalos	250.216	9.336.754	João Mesquita	77	6"	29,55	10	1hr	domestico
P-109	Poço Tubular	Taborda	250.540	9.337.032	Genivaldo			Sem acesso	8	6 hs	Industrial
P-110	Poço Tubular	Pium de Cima	250.608	9.336.464	Ofelia		4"	Sem acesso			domestico
P-111	Poço Tubular	Pium de Cima	251.302	9.337.144	Josemá de Azevedo		6"	Sem acesso	6	2 hs	domestico
P-112	Poço Tubular	Pium de Cima	252.141	9.337.110	Josias		6"	Sem acesso	20	1 hs	domestico
P-113	Poço Tubular	Pium de Cima	251.224	9.336.224			6"		13	1 hs	doméstico
P-114	Poço Tubular	Passagem dos Cavalos	249.856	9.336.388	Fernando do Posto	27,05	1,35	25,71		1 hr	domestico
P-115	Poço Tubular	Passagem dos Cavalos	250.869	9.336.818	Ubirací Holanda	60	4"	Sem acesso		6 hs	domestico
P-116	Poço Tubular	Passagem dos Cavalos	250.786	9.336.934	Ubirací Holanda	100	8"	Sem acesso	15	2 hs	irrigação
C-35	Cacimbão	Passagem dos Cavalos	250.881	9.336.738			1,57				
P-117	Poço Tubular	Pium de Cima	252.044	9.337.546	Carlos Diniz	60	6"	Sem acesso	25	12 hs	Aviário
P-118	Poço Tubular	Pium de Cima	253.555	9.337.568	Dr. Junior		4"	24,82		2 hs	domestico
P-119	Poço Tubular	Pium de Cima	252.629	9.337.786	Pref. Munic.		6"	Sem acesso			domestico
P-120	Poço Tubular	Pium de Cima	252.511	9.338.898	Adelson			Sem	8	2 hs	domestico

								acesso			
Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
P-121	Poço Tubular	Pium de Cima	252.894	9.339.168	Samuel	53	4"	25,16		2 hs	domestico
P-122	Poço Tubular	Pium de Cima	252.110	9.339.158	Cícero Vital	75	6"	27,1	25	1 hr	domestico
P-123	Poço Tubular	Lot. Cidade Bela	251.147	9.339.274			8"		8	4 hs	domestico
P-124	Poço Tubular	Taborda	250.057	9.338.250	Zezito		4"	29,1	15	2 hs	domestico
P-125	Poço Tubular	Taborda	249.975	9.337.538	Noel	33	1,65	29,5			domestico
P-126	Poço Tubular	Taborda	250.178	9.338.920		66	6"			2 hs	domestico
P-127	Poço Tubular	Cajupiranga	249.901	9.342.334							domestico
P-128	Poço Tubular		255.690	9.341.408	Frazão	50	4"		7	2 hs	domestico
P-129	Poço Tubular	Côlonia de Pium	255.970	9.340.992	Sind. Serv. Pub. Mun.	45	4"	17,35			domestico
P-130	Poço Tubular	Cajupiranga	252.209	9.342.590			8"	25,24	6		
P-131	Poço Tubular	Cajupiranga	252.604	9.341.612			6"	27,8			
P-132	Poço Tubular	Lagoazul	256.300	9.340.428	Esc. Mun. Fca P.		6"	24,6		6hs	domestico
P-133	Poço Tubular	E.T.E.	258.250	9.340.894			4"	28,81			domestico
C-36	Cacimbão	Lagoa Seca	257.873	9.342.398	Admilson		1,54 (Ext)				
P-134	Poço Tubular	Lagoa Seca	257.873	9.342.398	Admilson		6"	31,12			
P-135	Poço Tubular	Pium	259.244	9.341.310			8"				domestico
P-136	Poço Tubular	Próx. Ao Jiqui	257.622	9.345.722			8"	31,11			
P-137	Poço Tubular	Pium de cima	253.658	9.336.472	Tôrres		6"	Sem acesso	6	2 hs	Doméstico
P-138	Poço Tubular	Lagoaazul	255.965	9.337.954	Edgar		6"	4,03			Doméstico
P-139	Poço Tubular	Lagoa Azul	255.866	9.337.791	Casa do Padre		6"	4,5		2 hs	
P-140	Poço Tubular	Lagoaazul	257.279	9.339.326	Edvam		6"	2,35	10	2 hs	Doméstico
Pt - 01	Poço Tubular	Escritório Local (EE-1) / Em Frente ao Galpão	249465	9344989	CAERN	77	8X6	24,57	70	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 02	Poço Tubular	Em Frente ao Escritorio Local (EE-1)	249328	9345048	CAERN	74	8X6	23,16	75	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 03	Poço Tubular	Campo do	249644	9345024	CAERN	80	8X6	27,85	95	Uso	Abast Público

		Potiguar								Contínuo	
Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
Pt - 04	Poço Tubular	Rua Clementino Câmara (Colégio Elia Maia)	249841	9344824	CAERN	61	8	15,39	105	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 05	Poço Tubular	Rua Campo de Futebol (Cruzeiro)	250347	9344180	CAERN	75	6	25,3	30	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 07	Poço Tubular	Riacho Água Vermelha	248303	9343743	CAERN	40	6	5	70	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 08	Poço Tubular	Riacho Água Vermelha (EE-2)	248459	9343736	CAERN	41	8X6	1,96	50	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 09	Poço Tubular	Cohabinal	248792	9345089	CAERN	67	8X6	22,27	90	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 10	Poço Tubular	Cohabinal	248883	9345210	CAERN	67	8X6	27,57	80	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 11	Poço Tubular	Rosa dos Ventos	247441	9344827	CAERN	55,6	8	26,89	70	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 12	Poço Tubular	Loteamento São Paulo	248176	9345728	CAERN	56	8X6	25,28	60	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 13	Poço Tubular	Vale do Sol	248285	9343887	CAERN	50	8X6	11,43	60	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 14	Poço Tubular	Bairro Monte Castelo (Creche N. S. de Fátima)	249058	9346463	CAERN	67	8X6	23,6	30	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 15	Poço Tubular	Parque de Exposições Aristófanes Fernandes	249223	9347199	CAERN	70	8X6	22,73	80	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 16	Poço Tubular	Bairro Bela Vista	246586	9345327	CAERN	57	8X6	25,4	30	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 17	Poço Tubular	Loteamento Morada Nova	245990	9345365	CAERN	52,55	6	17,5	40	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 18	Poço Tubular	Bairro Emaús (BR 101)	252979	9348831	CAERN	52	6	52,25	40	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 19	Poço Tubular	Bairro Emaús (Escola Irmã Maura)	252568	9348098	CAERN	58	6	28	50	Uso Contínuo	Abast Público

Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
Pt - 20	Poço Tubular	Domus (Parque das Orquídes/Rua Isabelias)	252390	9349370	CAERN	52	8X6	18,61	70	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 21	Poço Tubular	Parque Industrial (Rua Rio Taborba)	250907	9349148	CAERN	48	8X6	28,32	35	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 22	Poço Tubular	Conjunto Jardim Aeroporto (Centro Comunitário)	250806	9349490	CAERN	87	8X6	26,58	50	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 24	Poço Tubular	Conjunto Jardim Aeroporto (Rua Aeroporto do Cariri)	251637	9349377	CAERN	80	6	30,6	100	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 26	Poço Tubular	Bairro Passagem de Areia (Conjunto Frei Damião)	247071	9346176	CAERN	49,5	6	25,14	30	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 27	Poço Tubular	Bairro Monte castelo (Conjunto Jockey Clube)	248879	9347350	CAERN	66	8X6	25	40	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 28	Poço Tubular	Bairro Jardim América (Estrada de Japécanga)	246755	9343656	CAERN	50	6	10,94	20	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 29	Poço Tubular	Parque de Exposições Aristófanes Fernandes	249503	9346959	CAERN	67	6	26,64	80	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 31	Poço Tubular	Loteamento Cajupiranga	245960	9346208	CAERN	54,8	8X6	22,3	50	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 32	Poço Tubular	Bairro Bela Vista	247779	9343561	CAERN	42	6	7,01	50	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 33	Poço Tubular	Pirangi de Dentro	245229	9345926	CAERN	48	8X6	21,95	30	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 34	Poço Tubular	Loteamento Pingo D'Água	251846	9344075	CAERN	65	6	32,8	40	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 35	Poço Tubular	Bairro Liberdade	249933	9342394	CAERN	65,5	8X6	33,65	46	Uso Contínuo	Abast Público

Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
Pt - 36	Poço Tubular	Loteamento Sonho Verde	247799	9344792	CAERN	64,3	8X6	25,8	60	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 37	Poço Tubular	Rosa dos Ventos	248613	9348019	CAERN	46,72	6	22,81	50	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 38	Poço Tubular	Loteamento Vida Nova	244662	9343541	CAERN	46	6	13,37	20	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 39	Poço Tubular	Loteamento Brasil	251287	9342986	CAERN	69,7	8	24,87	40	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 41	Poço Tubular	Loteamento Caminho do Atlântico	246661	9346153	CAERN	47,2	6	20,8	30	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 42	Poço Tubular	Loteamento Alameda dos Coqueiros	247007	9343053	CAERN	43,5	6	9,18	30	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 43	Poço Tubular	Pirangi de Dentro	249354	9347848	CAERN	73,8	8	19,69	40	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 44	Poço Tubular	Loteamento Parque do Trevo	246336	9343877	CAERN	48	8	16,51	50	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 46	Poço Tubular	Lot. Genário Ribeiro	246375	9342146	CAERN	50	8	10,7	23,4	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 47	Poço Tubular	Loteamento Santa Júlia (Próximo ao Frigorífico)	247622	9346038	CAERN	52	6	20,88	20	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 48	Poço Tubular	Residencial Vivendas de Parnamirim	246749	9345155	CAERN	58	6	22,63	60	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 49	Poço Tubular	(Bela Vista)	247941	9343012	CAERN	56	6	13	30	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 50	Poço Tubular	Lot. Parque verde (P. De Dentro)	250267	9342550	CAERN	65	6	30,34	20	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 51	Poço Tubular	Loteamento Caminho do Mar	252164	9343873	CAERN	71	6	22,8	80	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 52	Poço Tubular	Bairro Liberdade	247571	9345782	CAERN	57	6	18,68	50	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 53	Poço Tubular	Passagem de	246235	9344288	CAERN	48	6	11,53	50	Uso	Abast Público

		Areia								Contínuo	
Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
Pt - 56	Poço Tubular	Bairro S.Teresa	248291	9343244	CAERN	52	6	17,72	50	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 57	Poço Tubular	Cond. Nelson Monteiro-P. De Dentro	247383	9342375	CAERN	54	6	20,83	35	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 61	Poço Tubular	Parq. De Exposição	249743	9347458	CAERN	78	6	24,79	80	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 64	Poço Tubular	Rosa dos Ventos	247980	9344874	CAERN	72	8	19,5	50	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 66	Poço Tubular	Residencial Minha Santa	246573	9346837	CAERN	50	8	12,94	80	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 68	Poço Tubular	Cajupiranga	250332	9342275	CAERN	62	8	36,45	50	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-70	Poço Tubular	Lot. Santa Julia /Nova Esperança	246480	9342986	CAERN	38	6	10,72	50	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-71	Poço Tubular	Resid. Vida Nova/Monte Castelo	248.638	9.346.582	CAERN	55,5	8	16,34	90	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-72	Poço Tubular	Resid. Nova Colina -MRV	253.274	9.349.358	CAERN	60	8	27,17	80	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-74	Poço Tubular	Loteamento Bosque Brasil	245.266	9.341.710	CAERN	50	8	28,27	40	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-76	Poço Tubular	Parque dos Flamboyant-Bela Vista	245.205	9.245.520	CAERN	41	8	15,2	40	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-77	Poço Tubular	Jardins Amsterdan-Reservatorio	252.215	9.342.595	CAERN	41,2	8	14,6	30	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-84	Poço Tubular	Terra de Engenho Sta Julia	246.268	9.342.890	CAERN	60	8	26,04	30	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-85	Poço Tubular	Loteamento Cidade Campestre	244.741	9.343.269	CAERN	44	8	20,95	20	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-87	Poço Tubular	Loteamento cidade Campestre	244.722	9.343.442	CAERN	50,5	8	7,76	20	Uso Contínuo	Abast Público

Id	Ponto d'água	Localidade	X (UTM)	Y (UTM)	Proprietário	Prof. (m)	Ø	NE (m)	Q (m³/h)	Reg (h/dia)	Uso da água
Pt-88	Poço Tubular	Lot. Bosque das Paineiras-Paiva Gomes	243.502	9.343.616	CAERN	58	8	27,48	40	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-90	Poço Tubular	Terra de Engenho Sta Julia	246.100	9.342.306	CAERN	53	8	17,45	80	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-91	Poço Tubular	Lot. Luar do colorado	247.675	9.340.171	CAERN	47	6	17,99	20	Uso Contínuo	Abast Público
Pt-92	Poço Tubular	Lot. Luar do colorado	247.719	9.339.398	CAERN	62,5	8	19		Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 19	Poço Tubular	lot. Luar do colorado	253350	9345709	CAERN	76	8	18,44	37,5	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 16	Poço Tubular	Bella Luna/Belo Monte(antigo 13 SJM	255543	9344741	CAERN	80	8	39,7	35	Uso Contínuo	Abast Público
Pt - 13	Poço Tubular	Bella Luna/Belo Monte (Antigo 12 SJM	255707	9348158	CAERN	77,5	8	37,15	60	Uso Contínuo	Abast Público
PT-05	Poço Tubular	Parque das Paineiras- Paiva Gomes	257.193	9.342.594	CAERN	71	6	30,45	50	Uso Contínuo	Abast Público

ANEXOS

ANEXO A

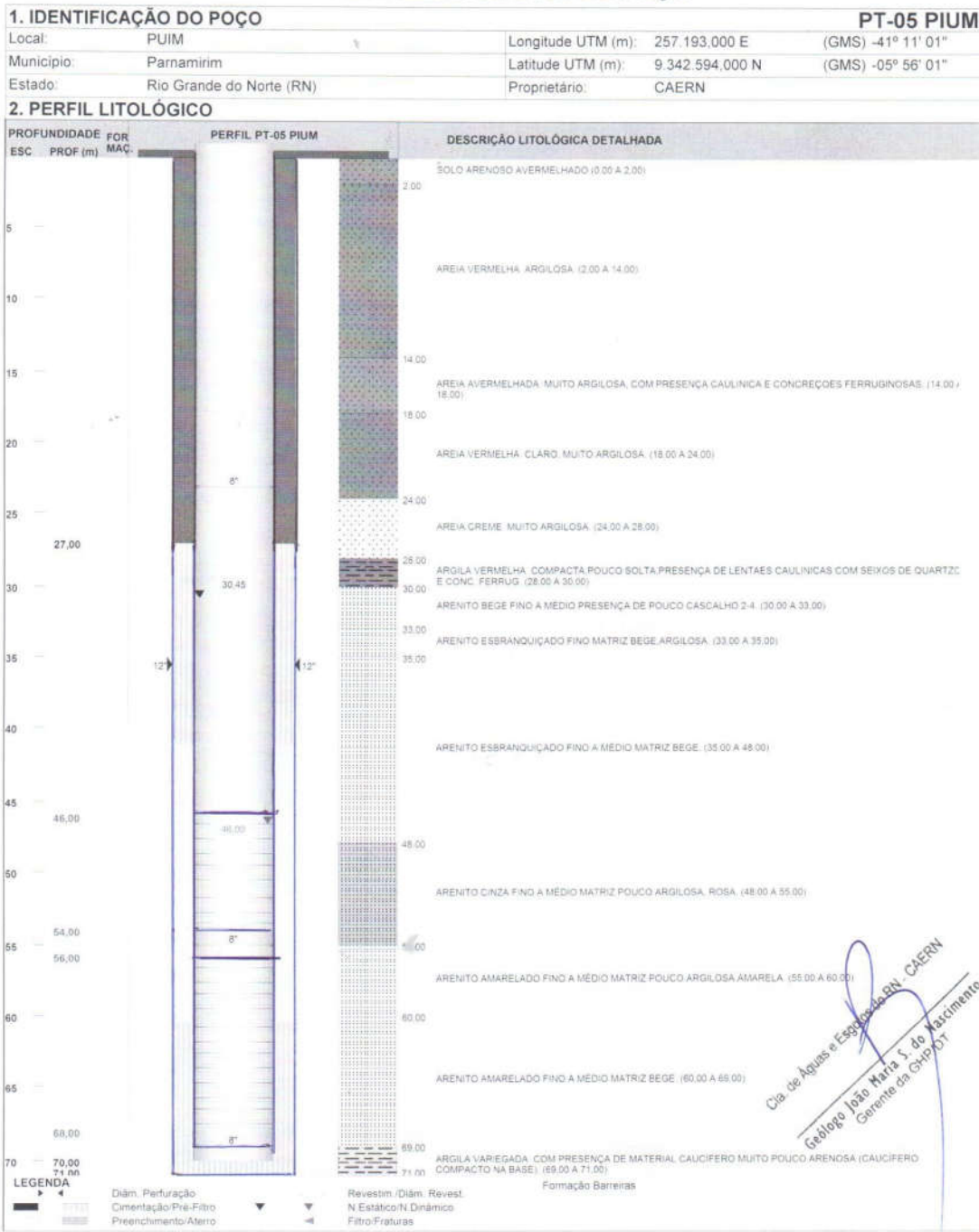
Perfis litológicos e construtivos dos poços avaliados no âmbito deste trabalho.

1. Perfil litológico e construtivo do poço PT-05.



CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN
Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO

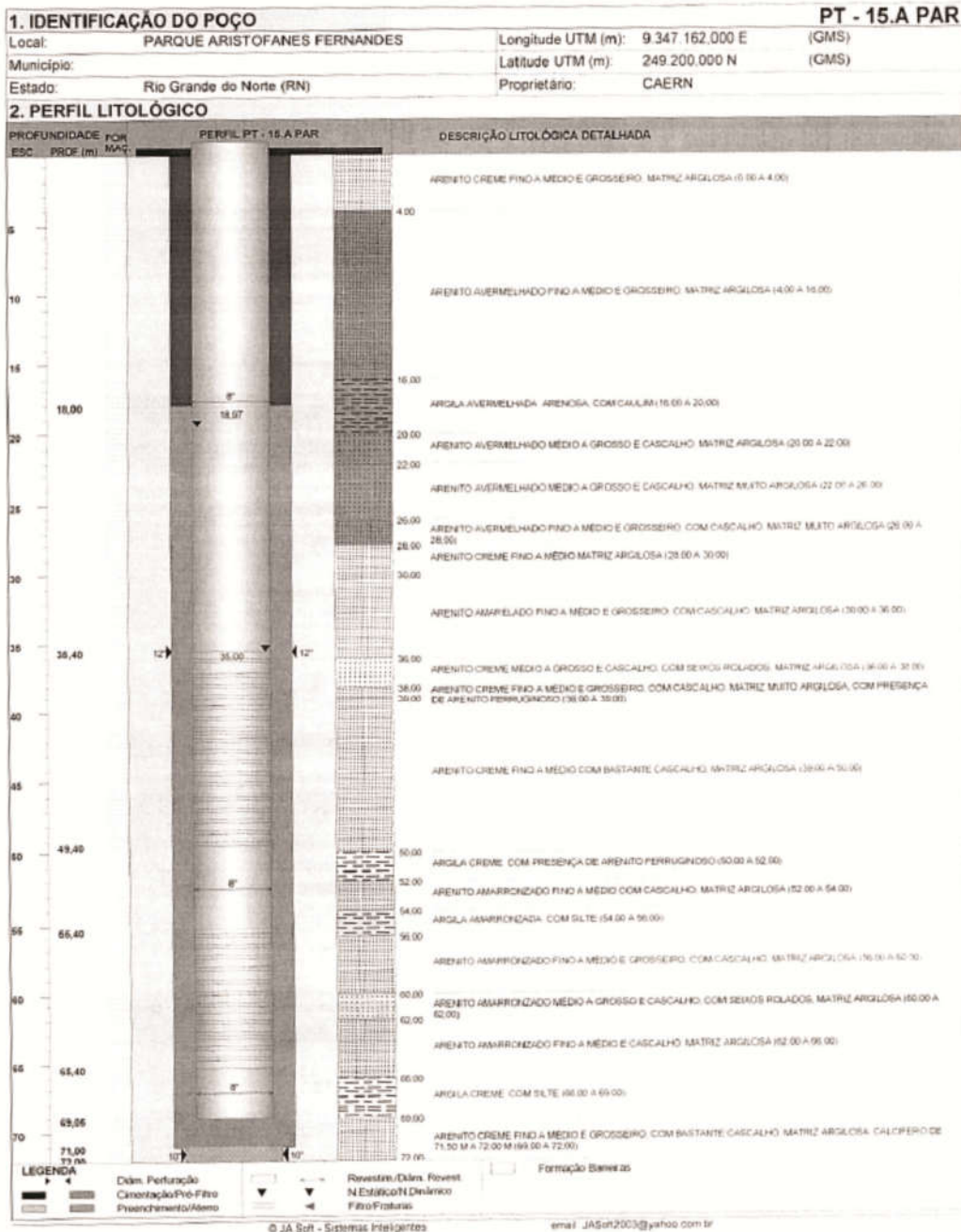


2. Perfil litológico e construtivo do poço PT-15.

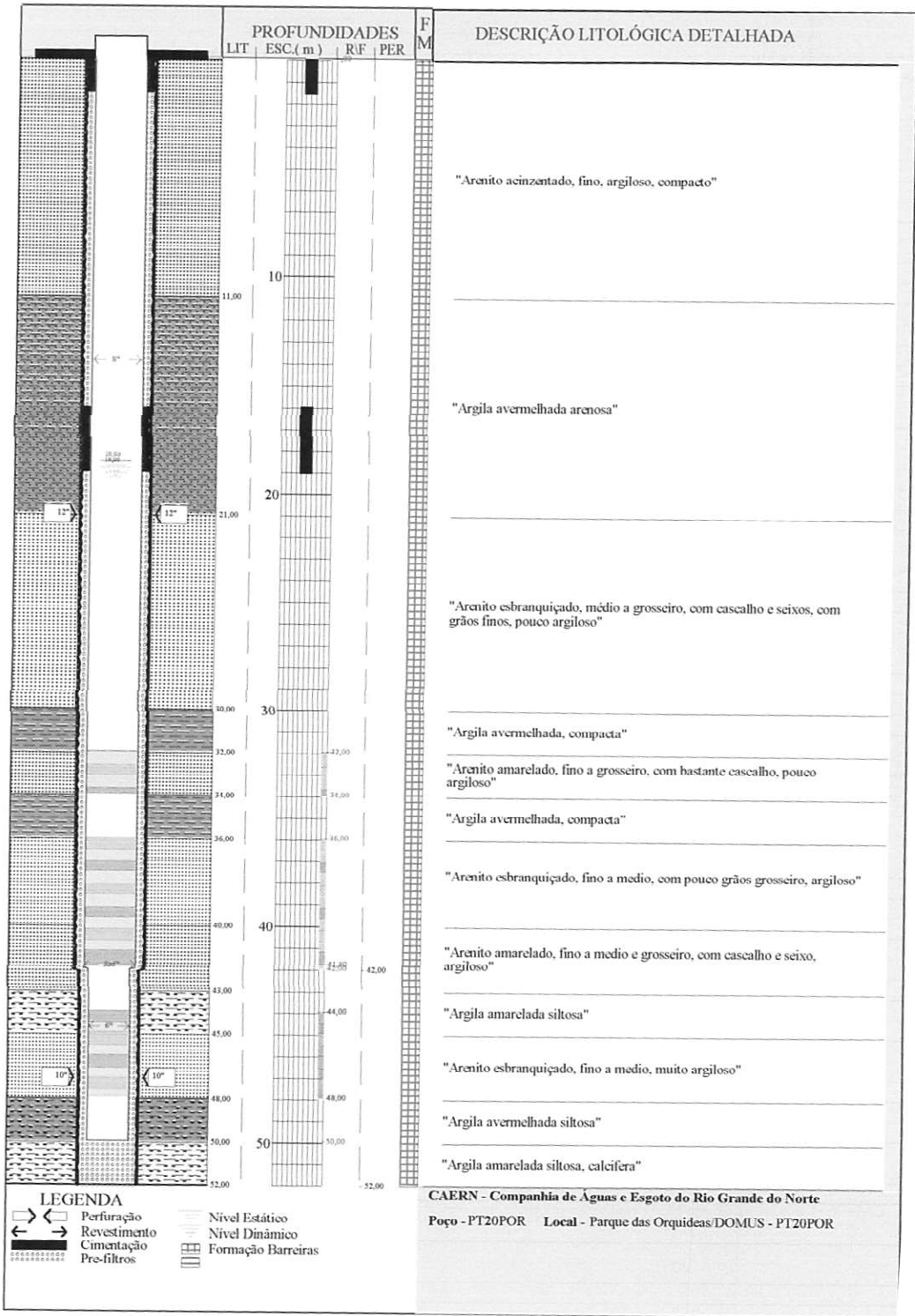


CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN
 Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
 Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
 CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

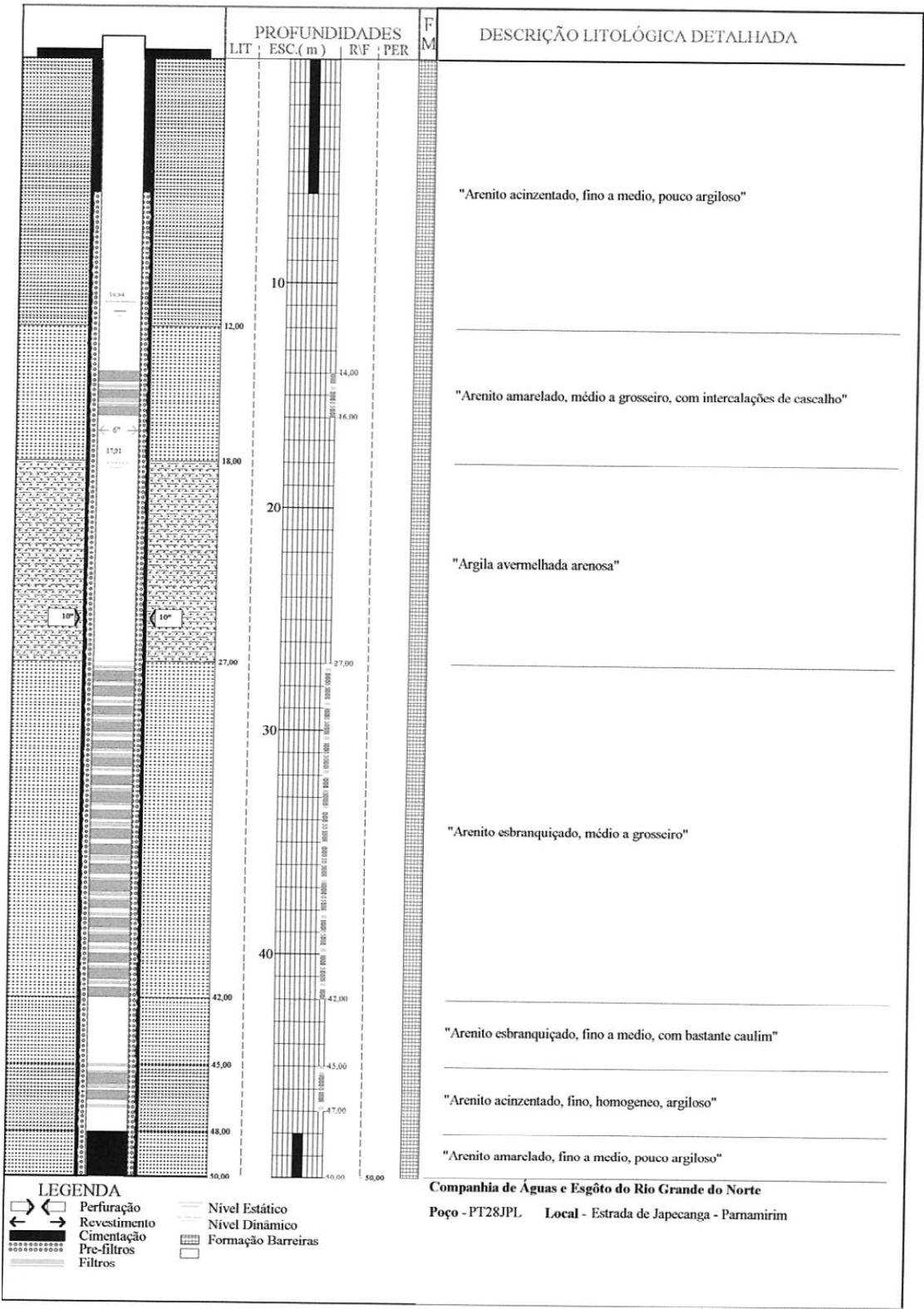
PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO



3. Perfil litológico e construtivo do poço PT-20.



4. Perfil litológico e construtivo do poço PT-28.



5. Perfil litológico e construtivo do poço PT-50.

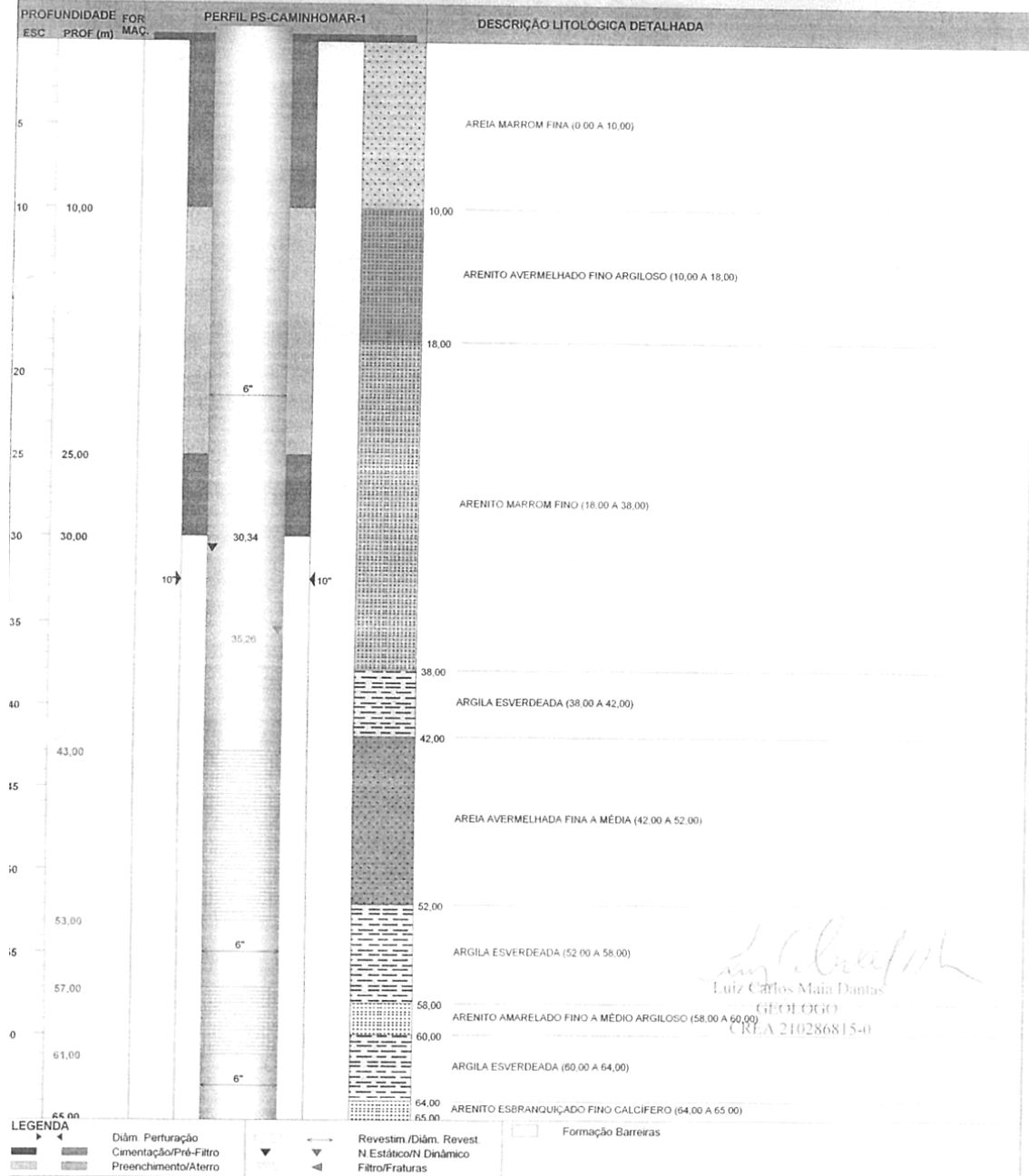


HIDROPOÇOS LTDA
 Perfuração de Poços Artesianos
 Rua Maria Nazaré de Araújo, 121 - Capim Macio - Natal - RN
 Telefax: (084) 3219-4362

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO

1. IDENTIFICAÇÃO DO POÇO			PS-CAMINHOMAR-1	
Local:	Loteamento Caminho do Mar - Cajupiranga	Longitude UTM (m):	250.225.000 E	(GMS) -35° 15' 00"
Município:	Parnamirim	Latitude UTM (m):	9.342.496.000 N	(GMS) -05° 56' 01"
Estado:	Rio Grande do Norte (RN)	Proprietário:	Viverde Empreendimentos Ltda.	

2. PERFIL LITOLÓGICO



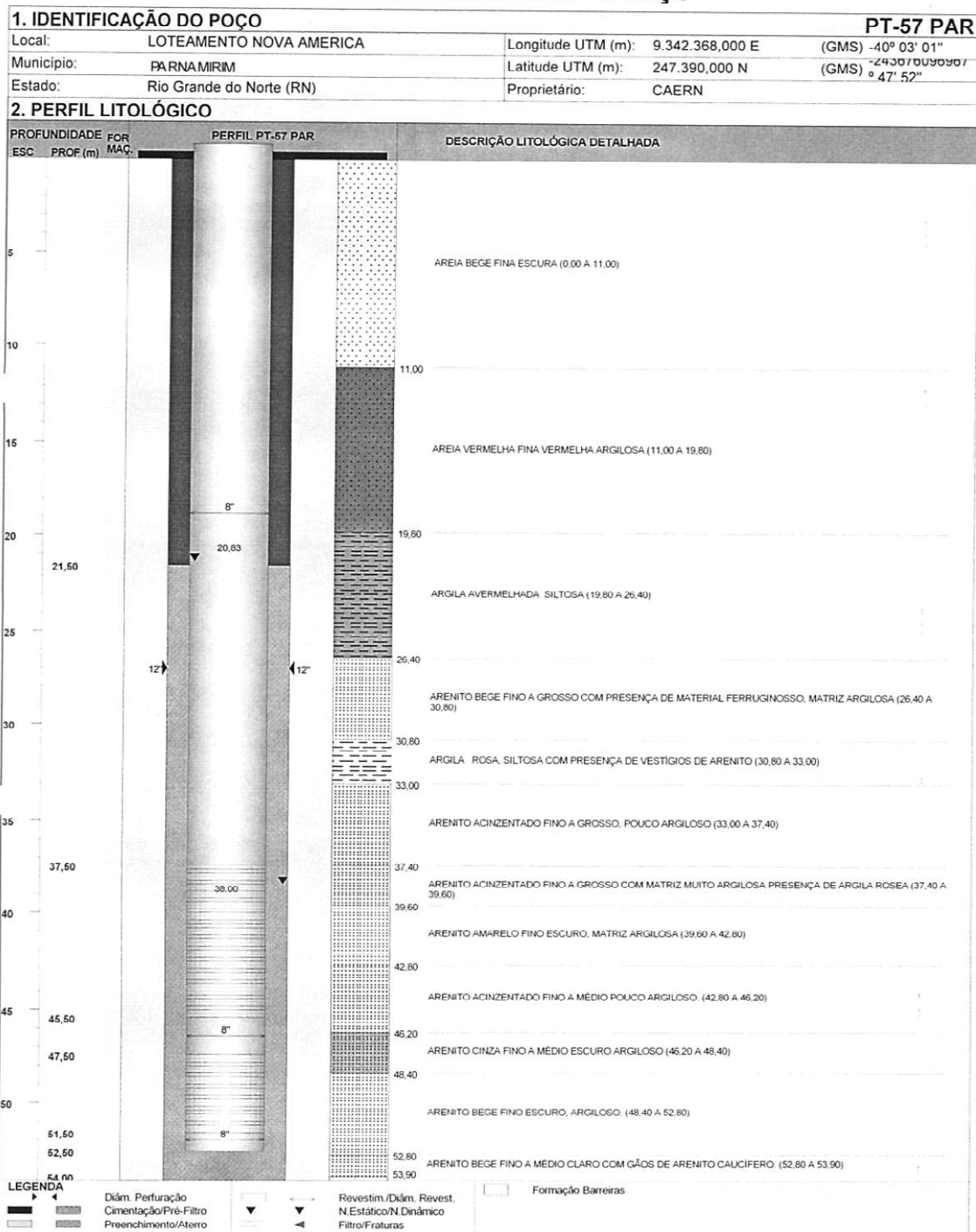
6. Perfil litológico e construtivo do poço PT-57.



CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN

Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO



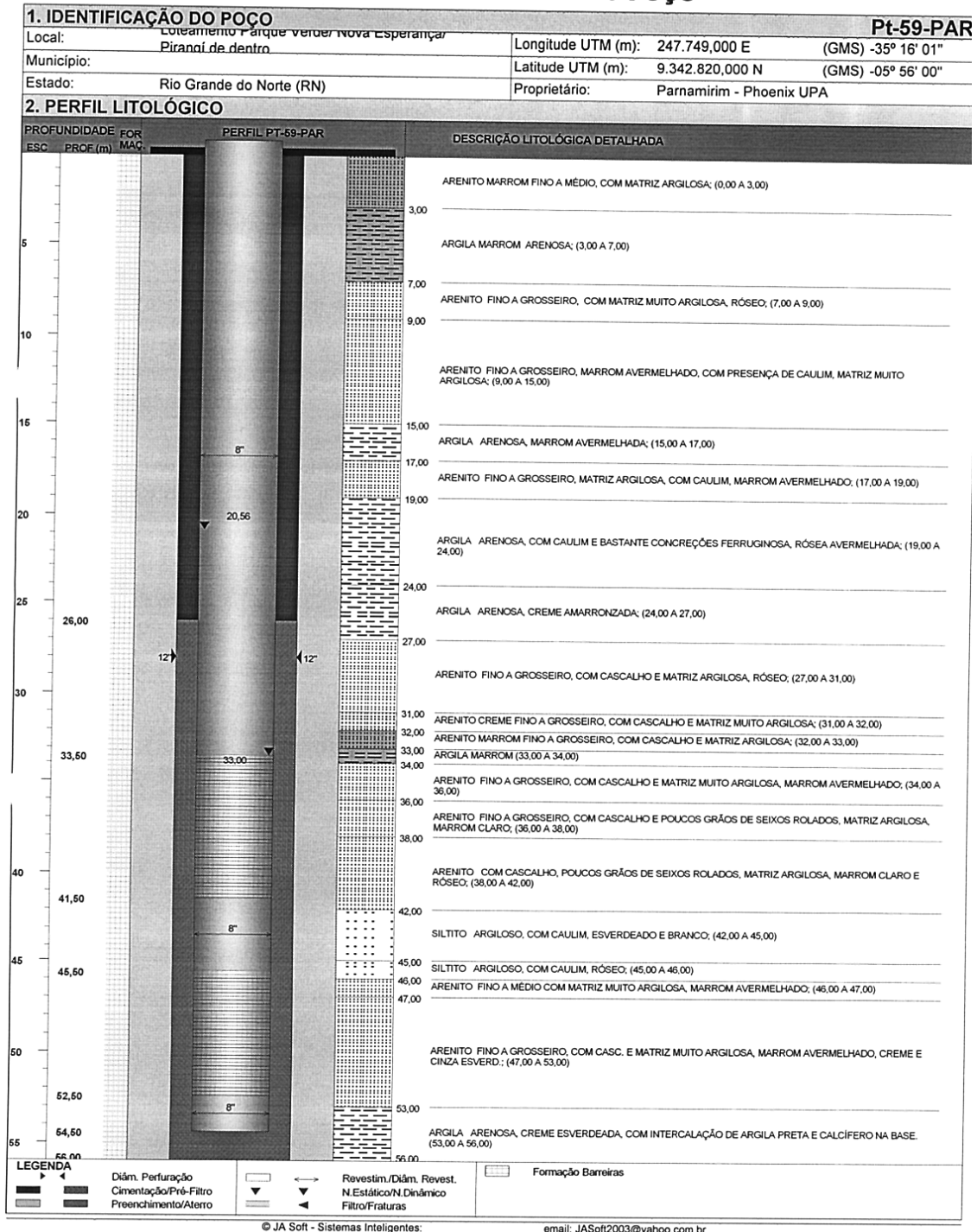
7. Perfil litológico e construtivo do poço PT-59.



CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN

Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO



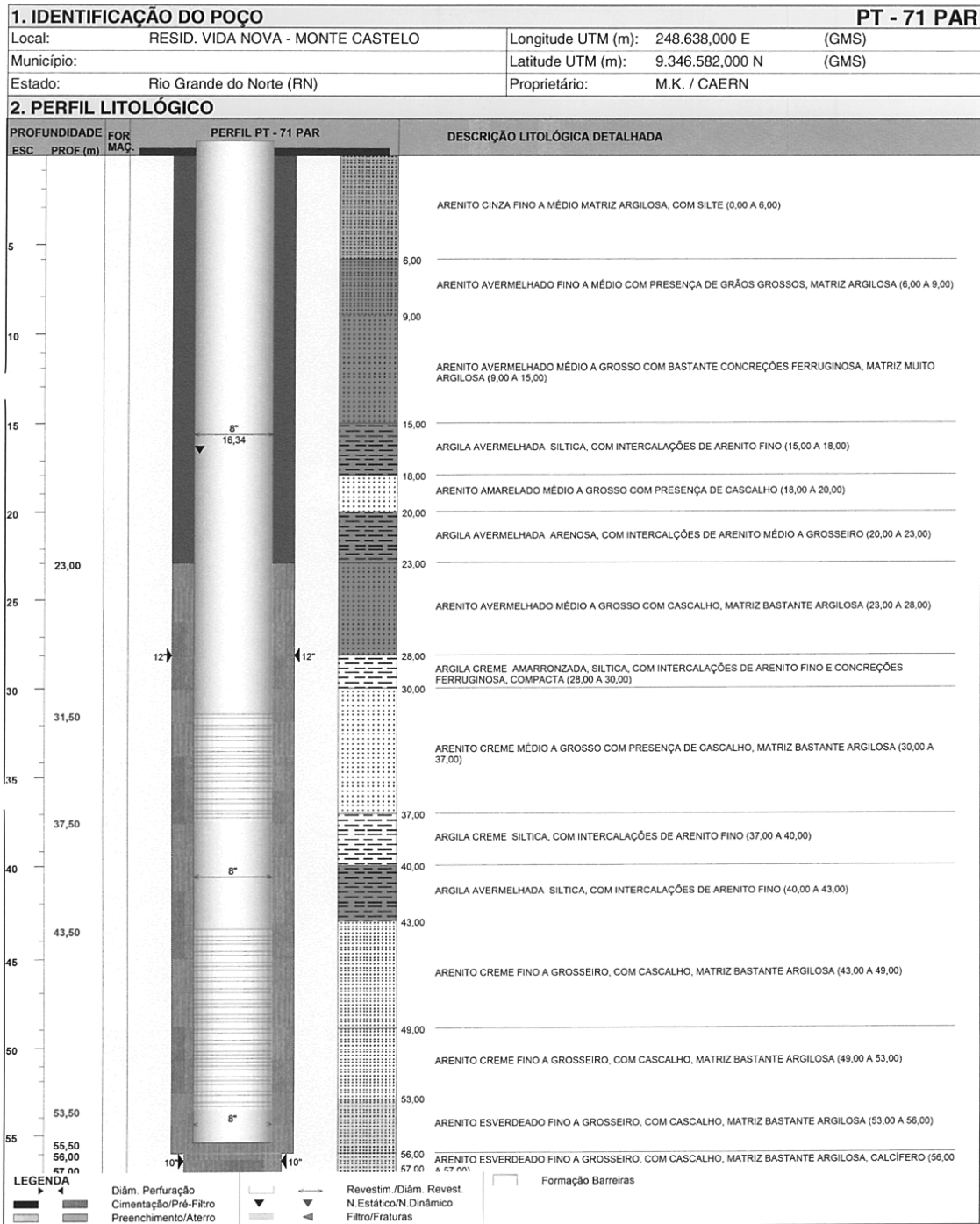
8. Perfil litológico e construtivo do poço PT-71.



CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN

Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO



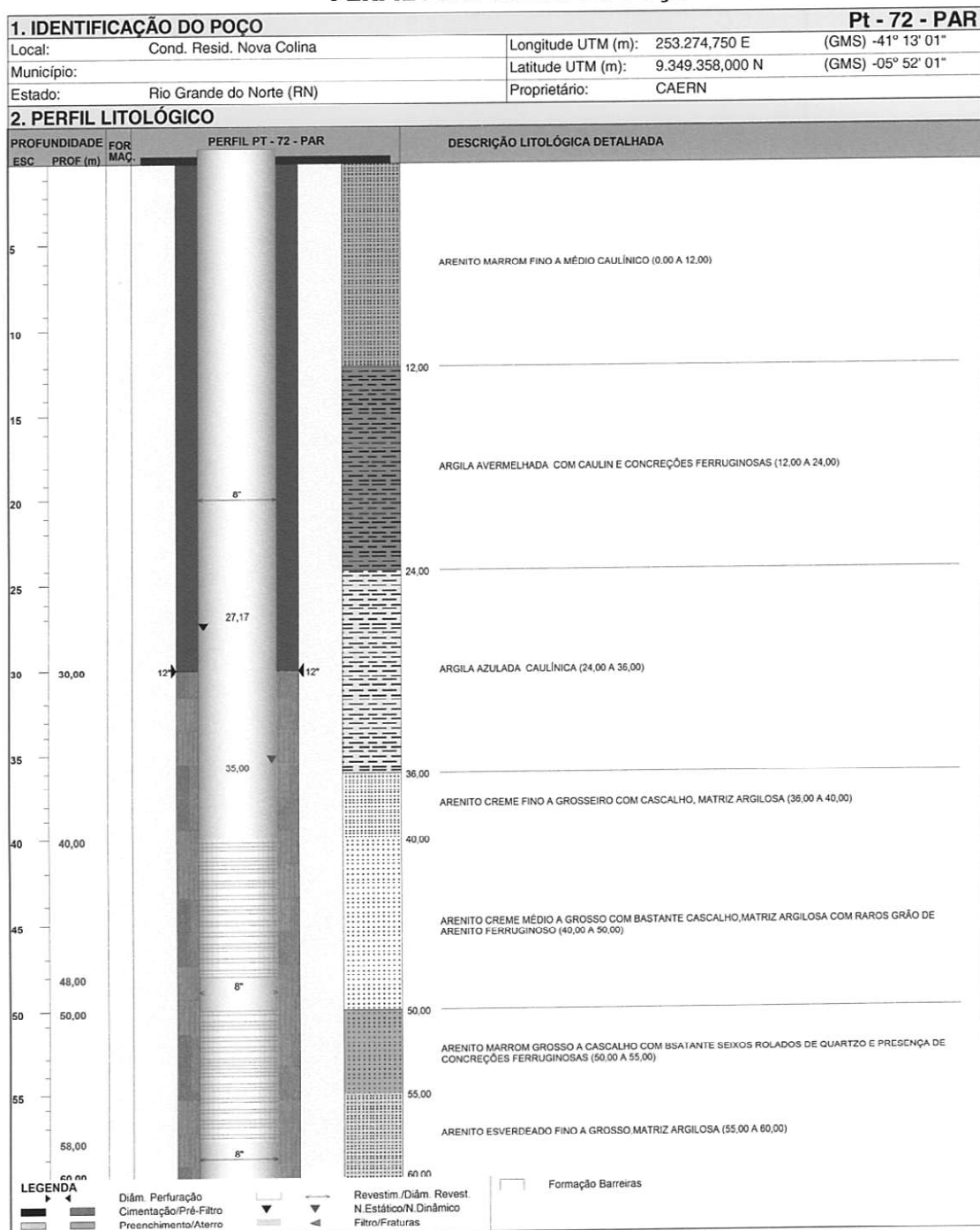
9. Perfil litológico e construtivo do poço PT-72.



CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN

Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO



10. Perfil litológico e construtivo do poço PT-78.



HIDROPOÇOS LTDA
 Perfuração de Poços Artesianais
 Rua Maria Nazaré de Araújo, 121 - Capim Macio - Natal - RN
 Telefax: (084) 3219-4362

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO

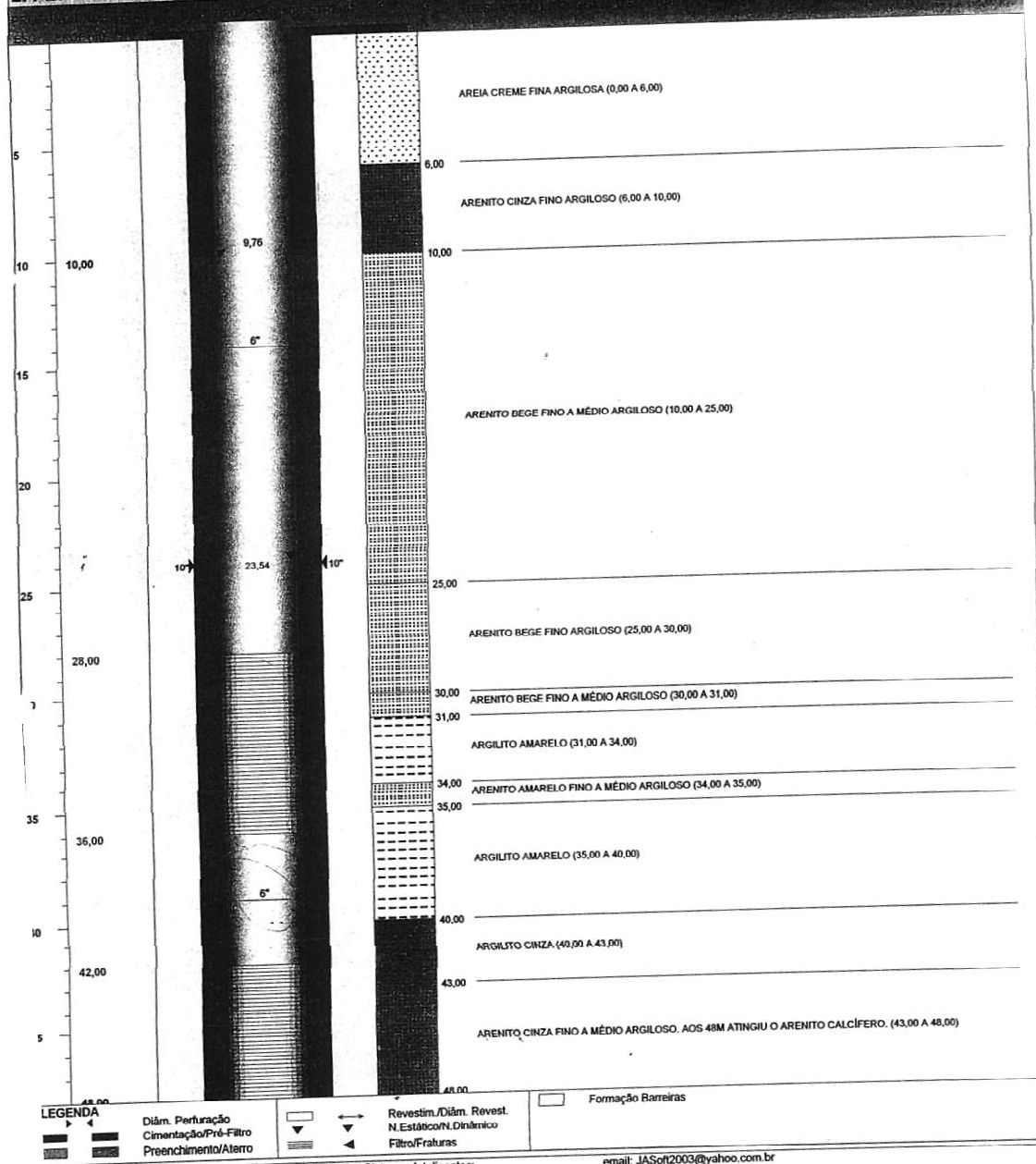
PT-78 PAR

PS-CAMPESTRE-02

1. IDENTIFICAÇÃO DO POÇO

Local:	Loteamento Cidade Campestre - Japecanga	Longitude UTM (m):	244.722.000 E (GMS) -35° 18' 00"
Município:	Macaíba	Latitude UTM (m):	9.343.442.000 N (GMS) -05° 56' 00"
Estado:	Rio Grande do Norte (RN)	Proprietário:	Viverde SPE 1 Emp Imobiliários Ltda

2. PERFIL LITOLÓGICO

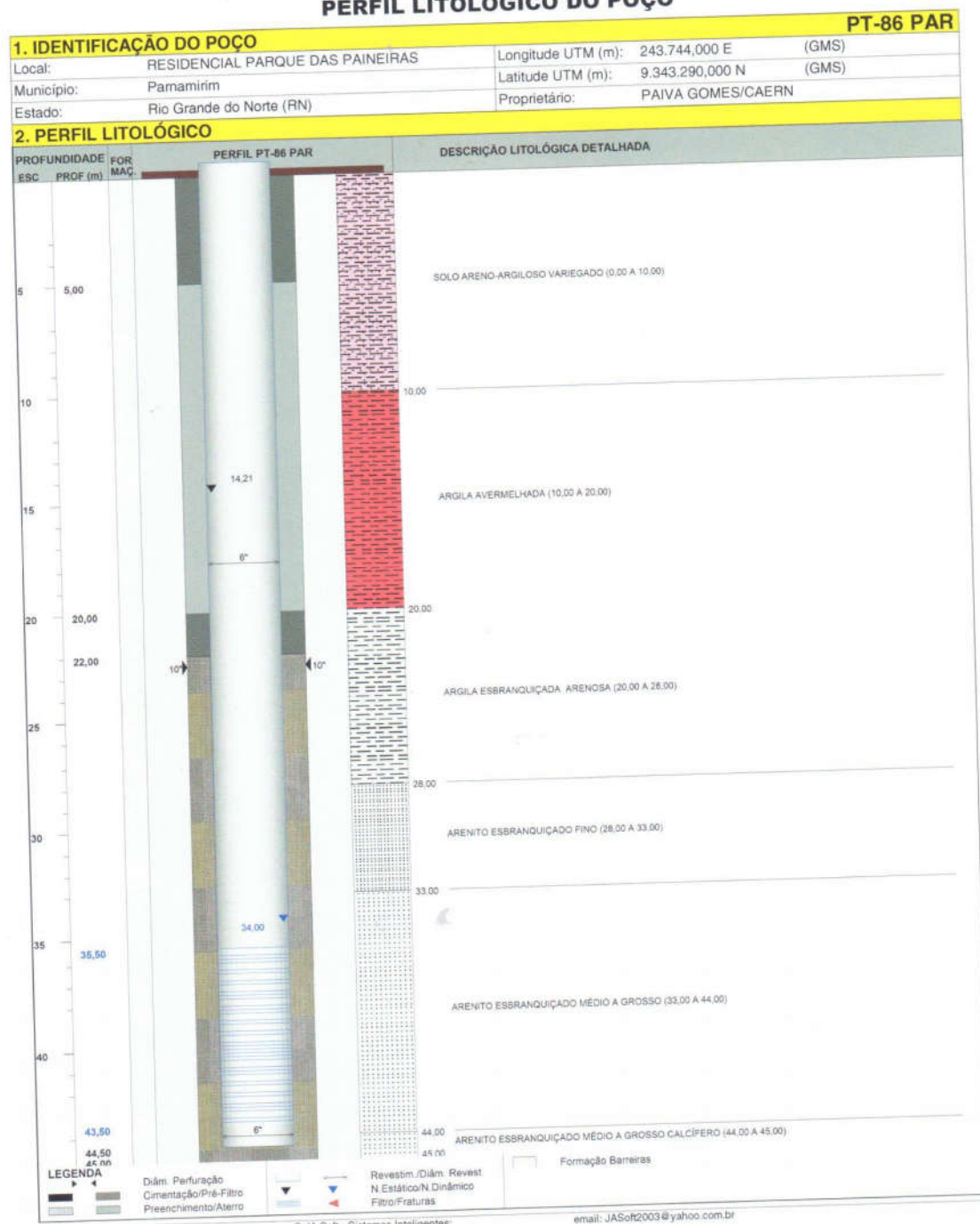


11. Perfil litológico e construtivo do poço PT-86.



CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN
 Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
 Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
 CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO



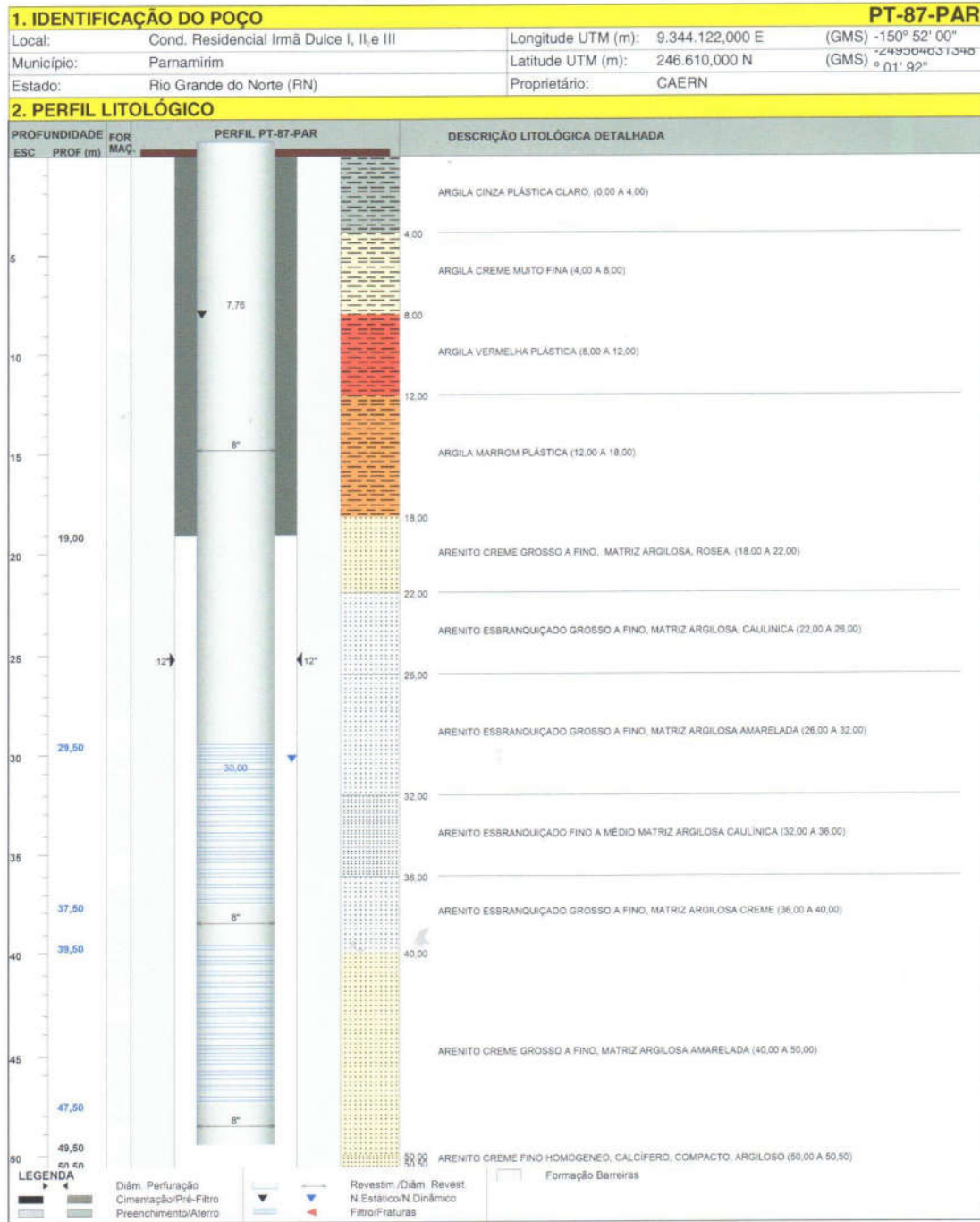
12. Perfil litológico e construtivo do poço PT-87.



CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN

Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO



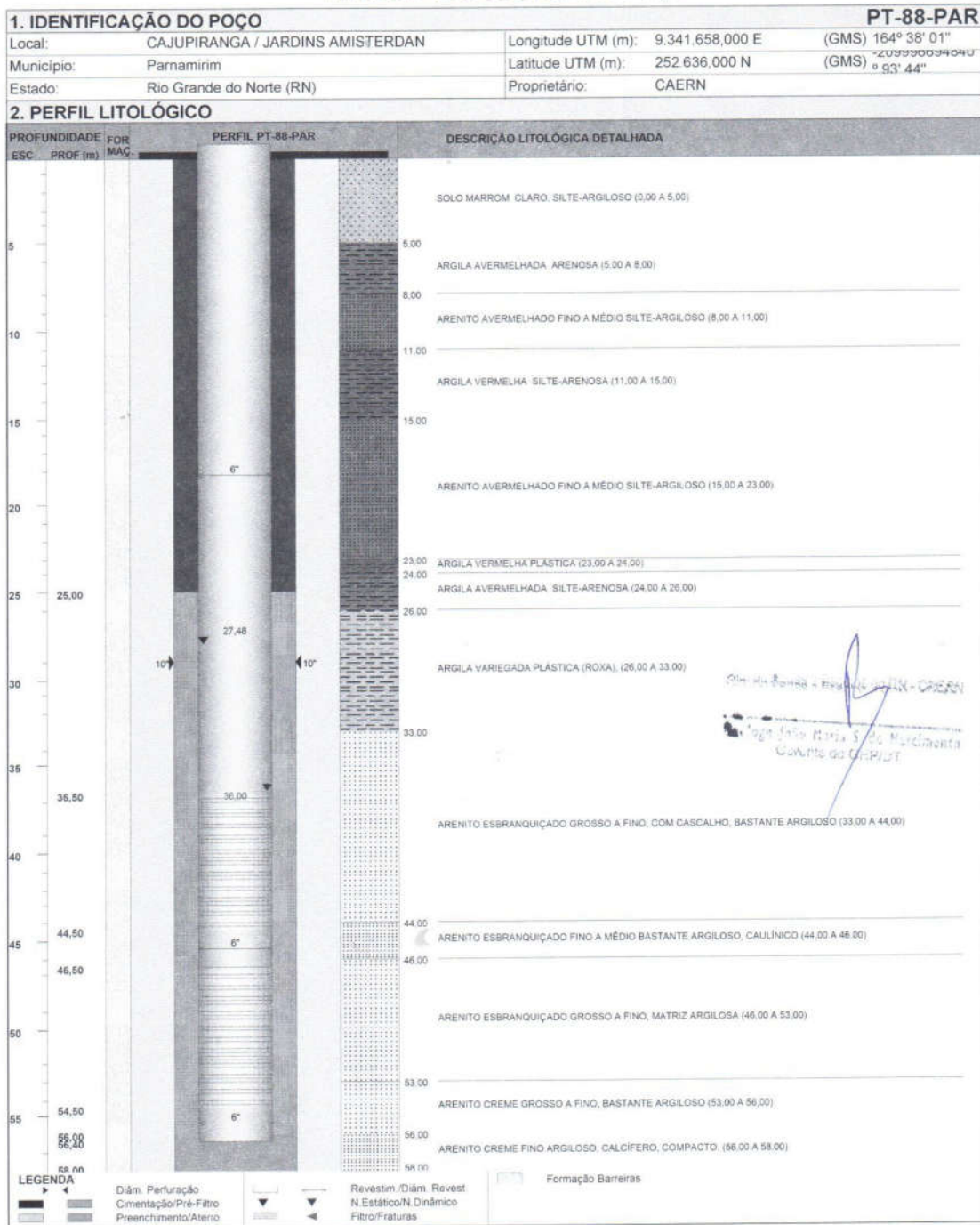
13. Perfil litológico e construtivo do poço PT-88.



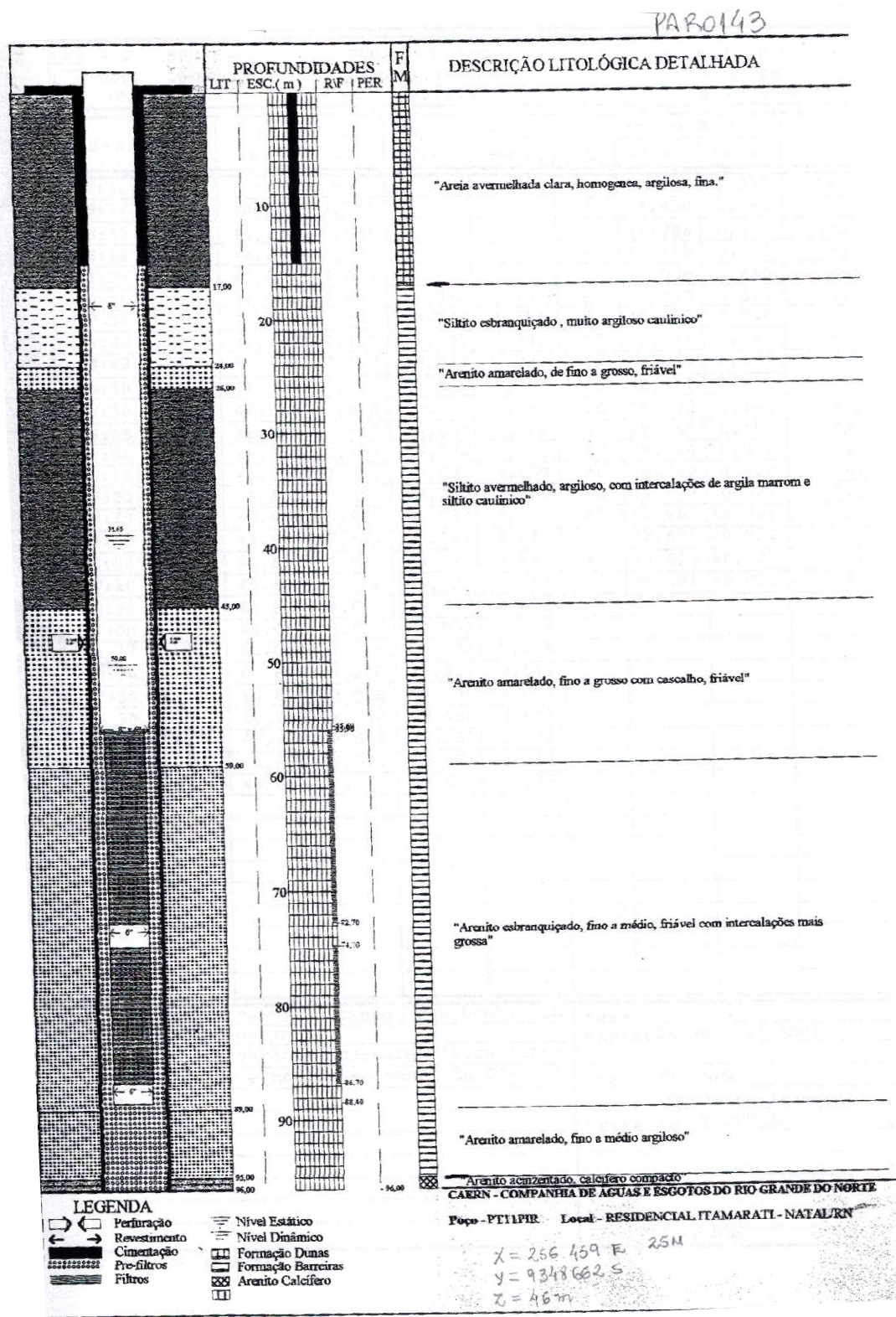
CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN

Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO



14. Perfil litológico e construtivo do poço PT11PIR.



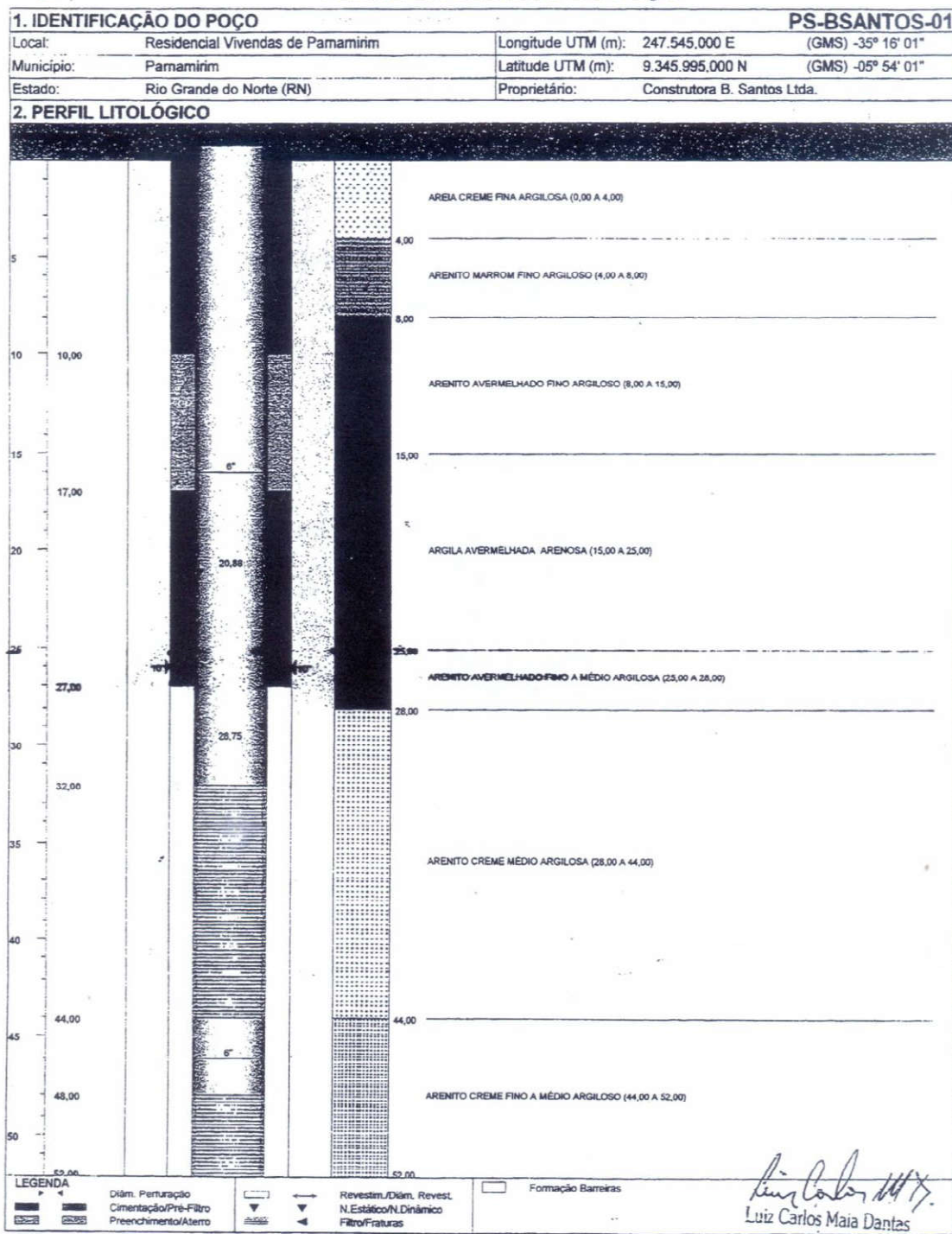
15. Perfil litológico e construtivo do poço PS-BSANTOS-01.



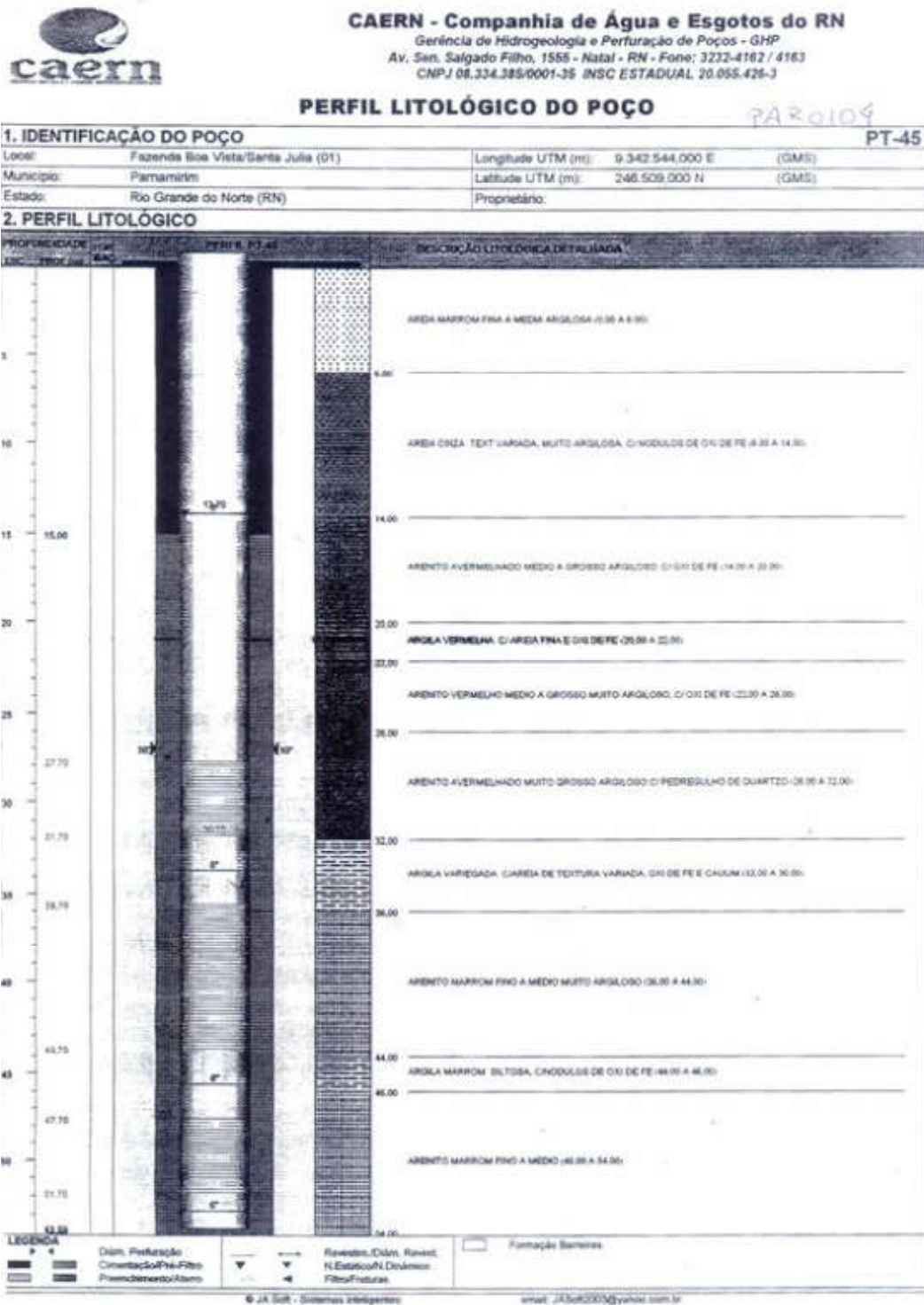
HIDROPOÇOS LTDA
 Perfuração de Poços Artesianais
 Rua Maria Nazaré de Araújo, 121 - Capim Macio - Natal - RN
 Telefax: (084) 3219-4362

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO

PAR 011



16. Perfil litológico e construtivo do poço PT-45.



17. Perfil litológico e construtivo do poço PT-48BVI.

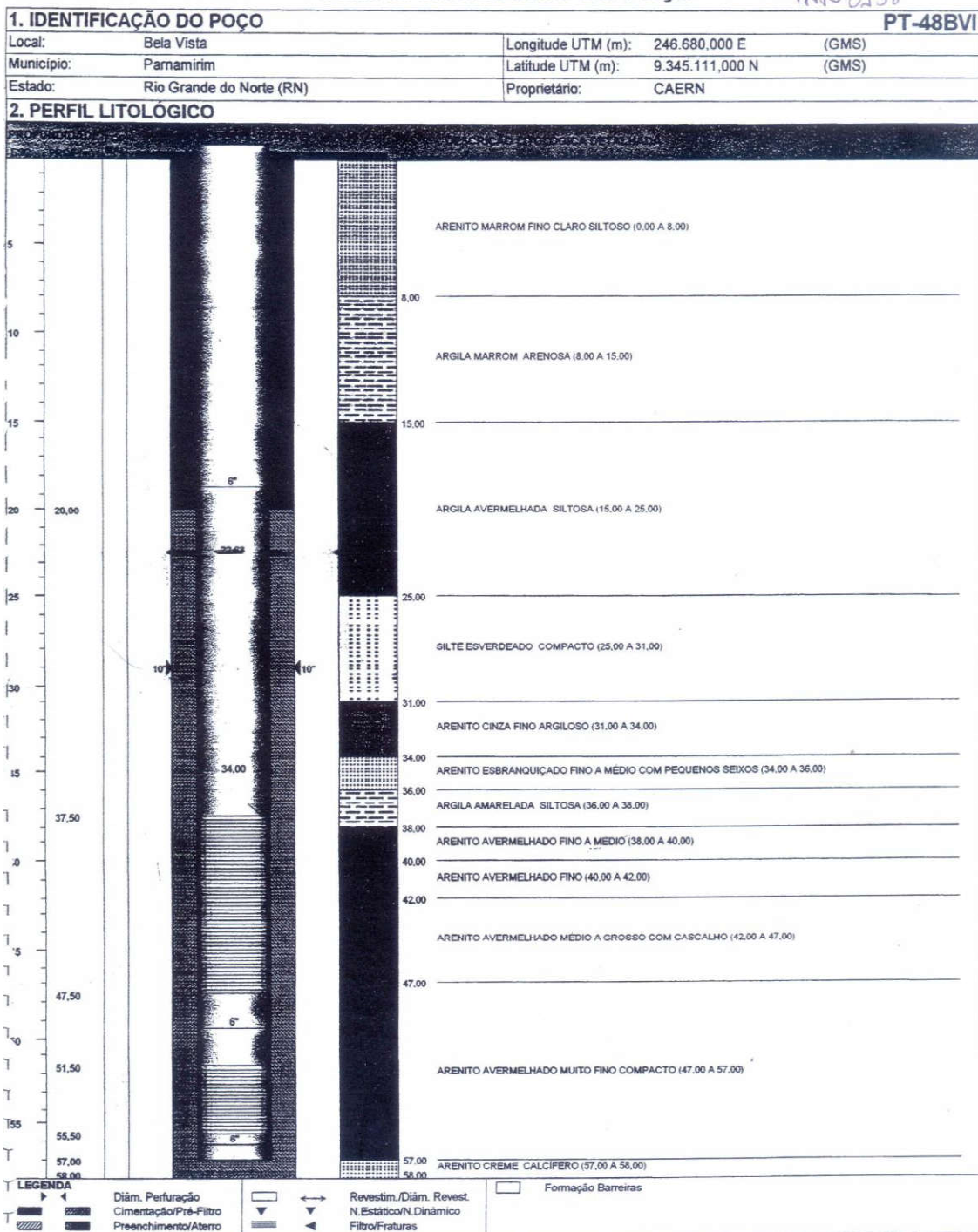


CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN

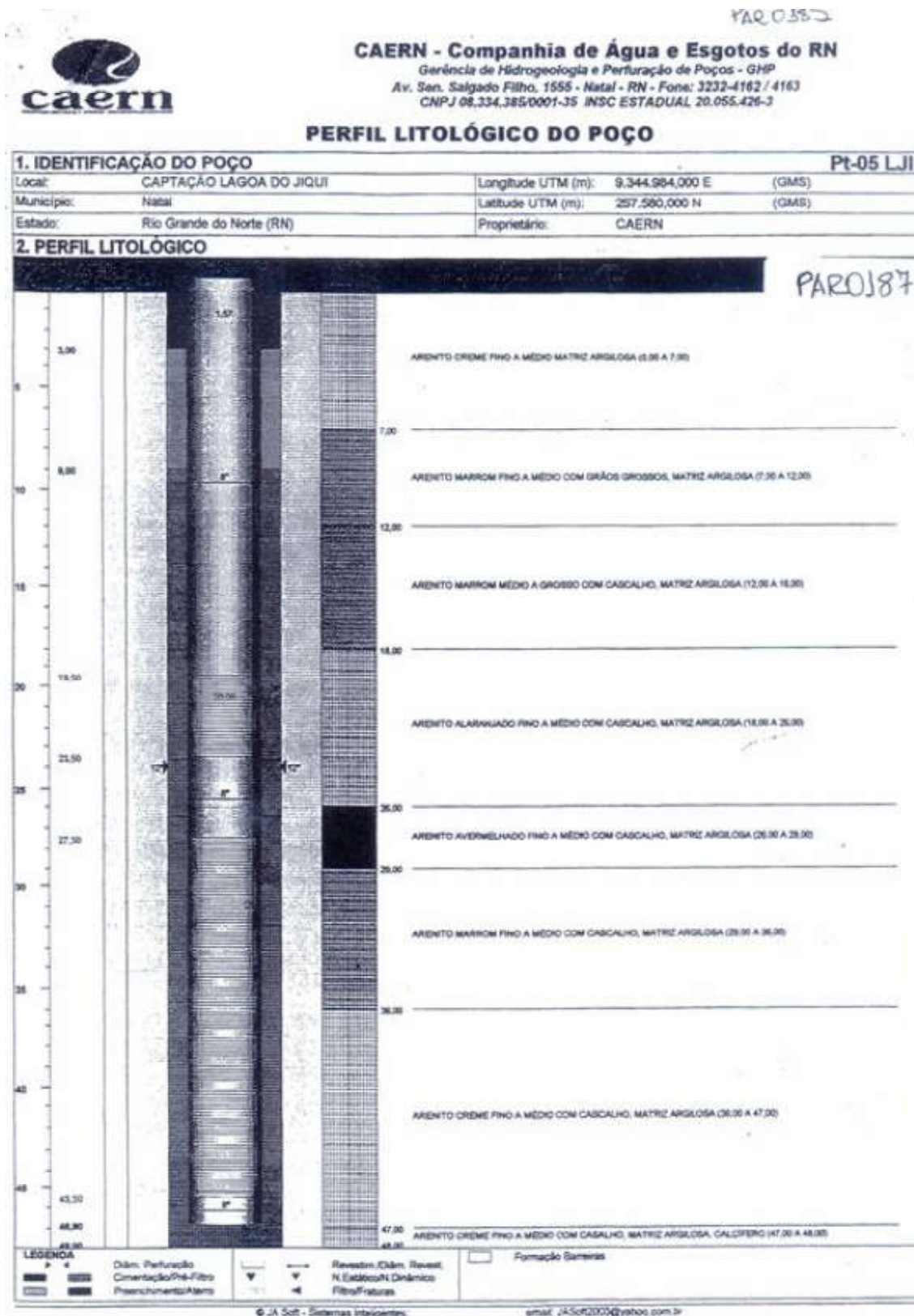
Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO

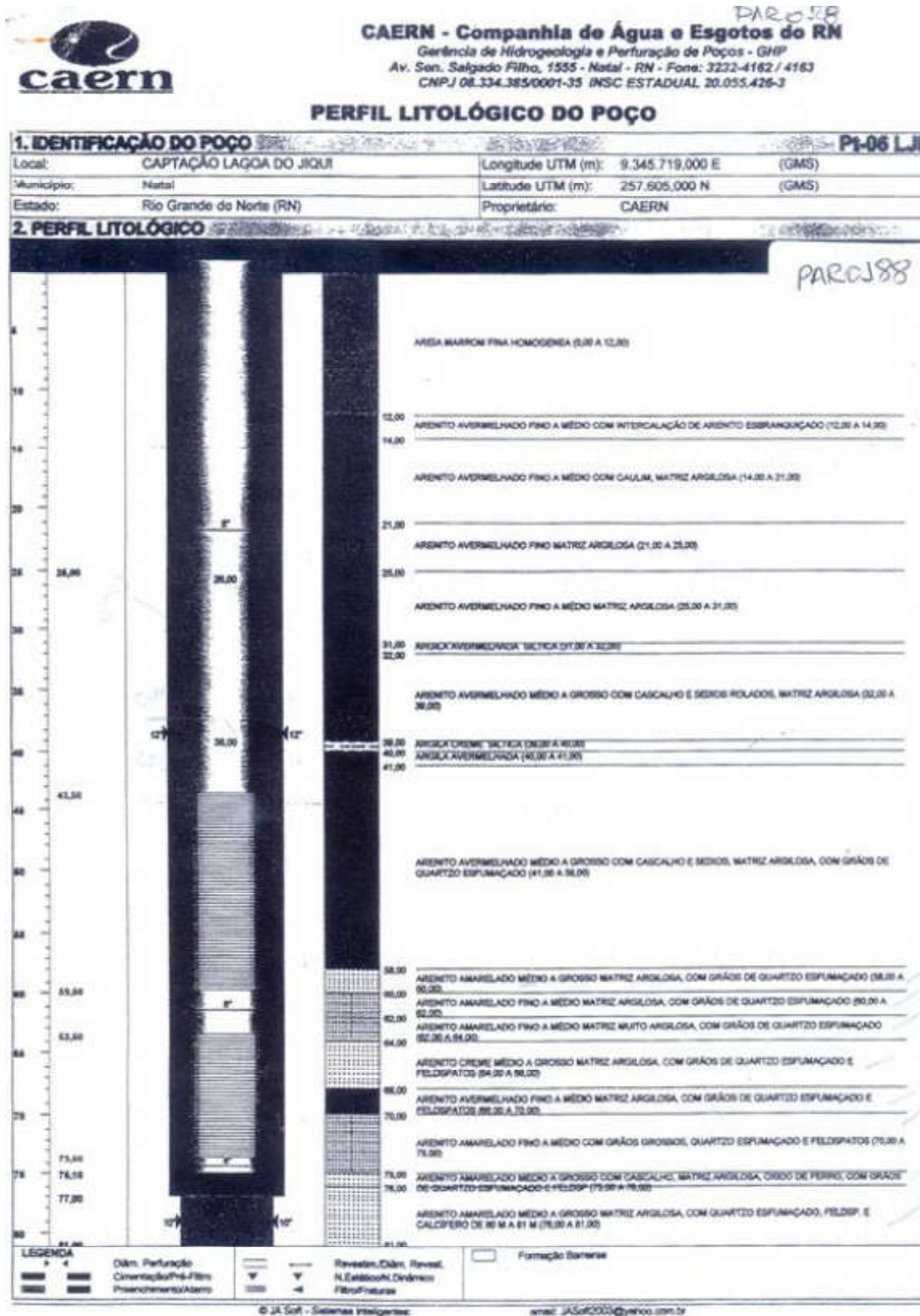
PAR 0158



18. Perfil litológico e construtivo do poço PT-05LJI.



19. Perfil litológico e construtivo do poço PT-06LJI.



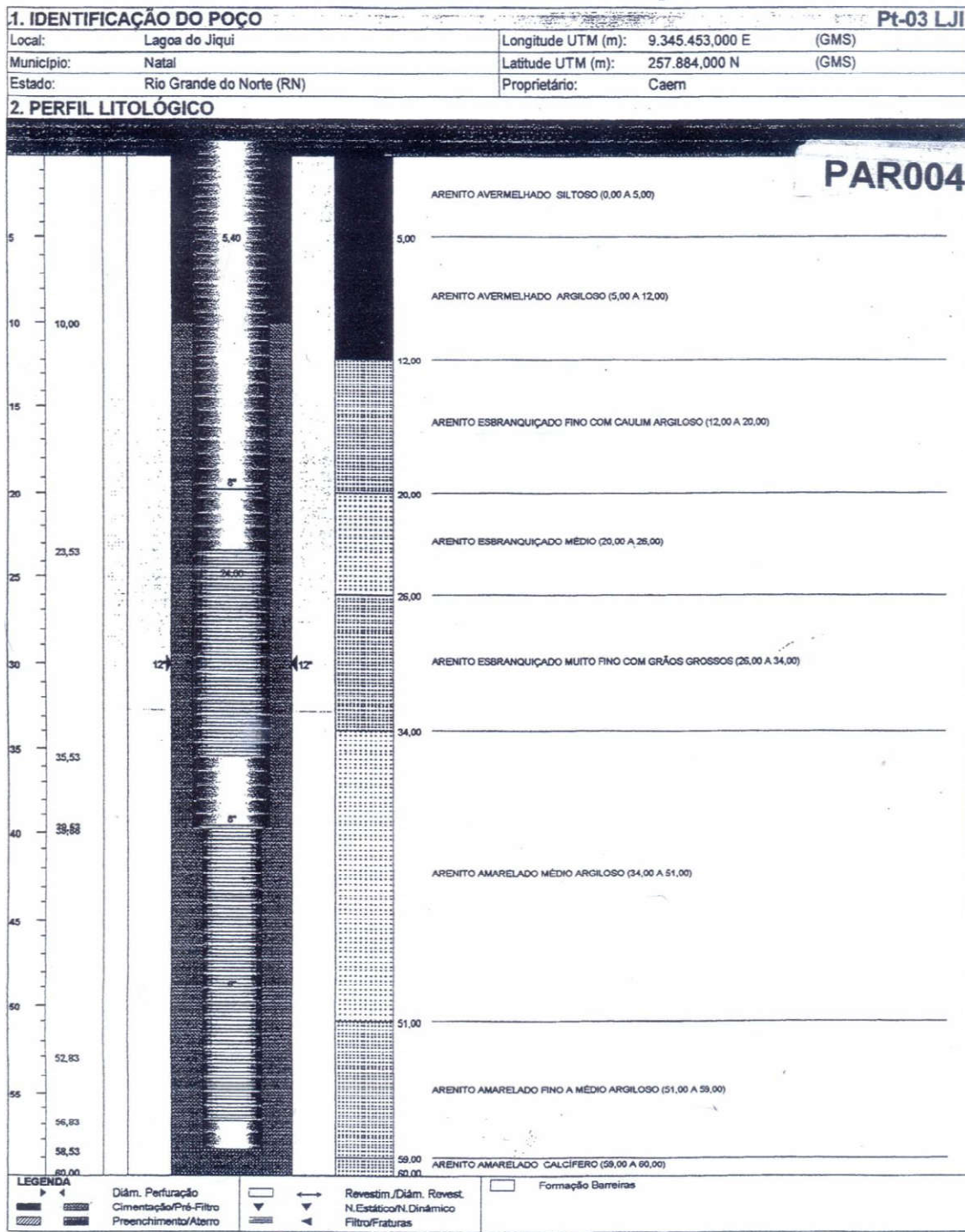
20. Perfil litológico e construtivo do poço PT-03LJI.



CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN

Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO



21. Perfil litológico e construtivo do poço PT-19.

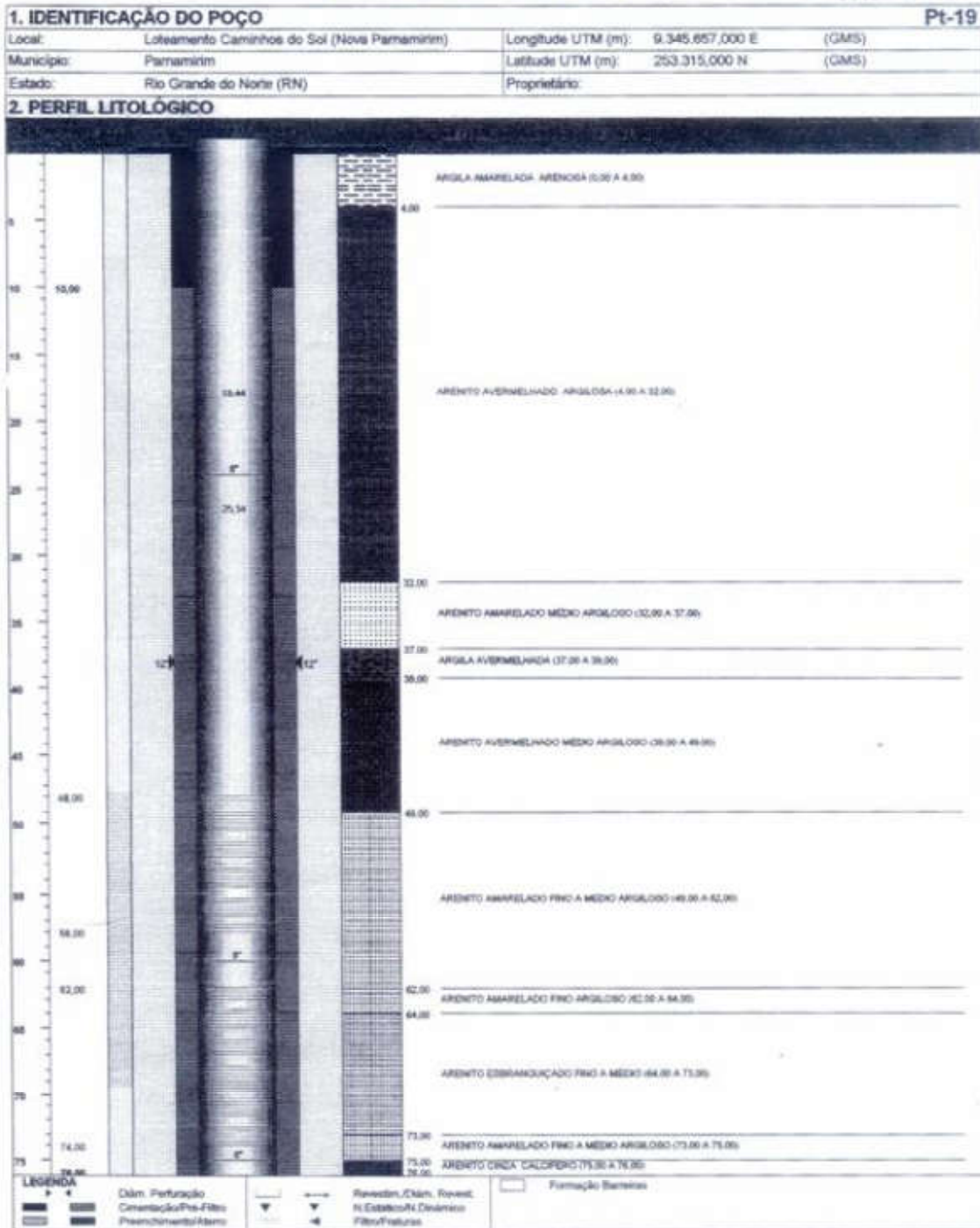


CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN

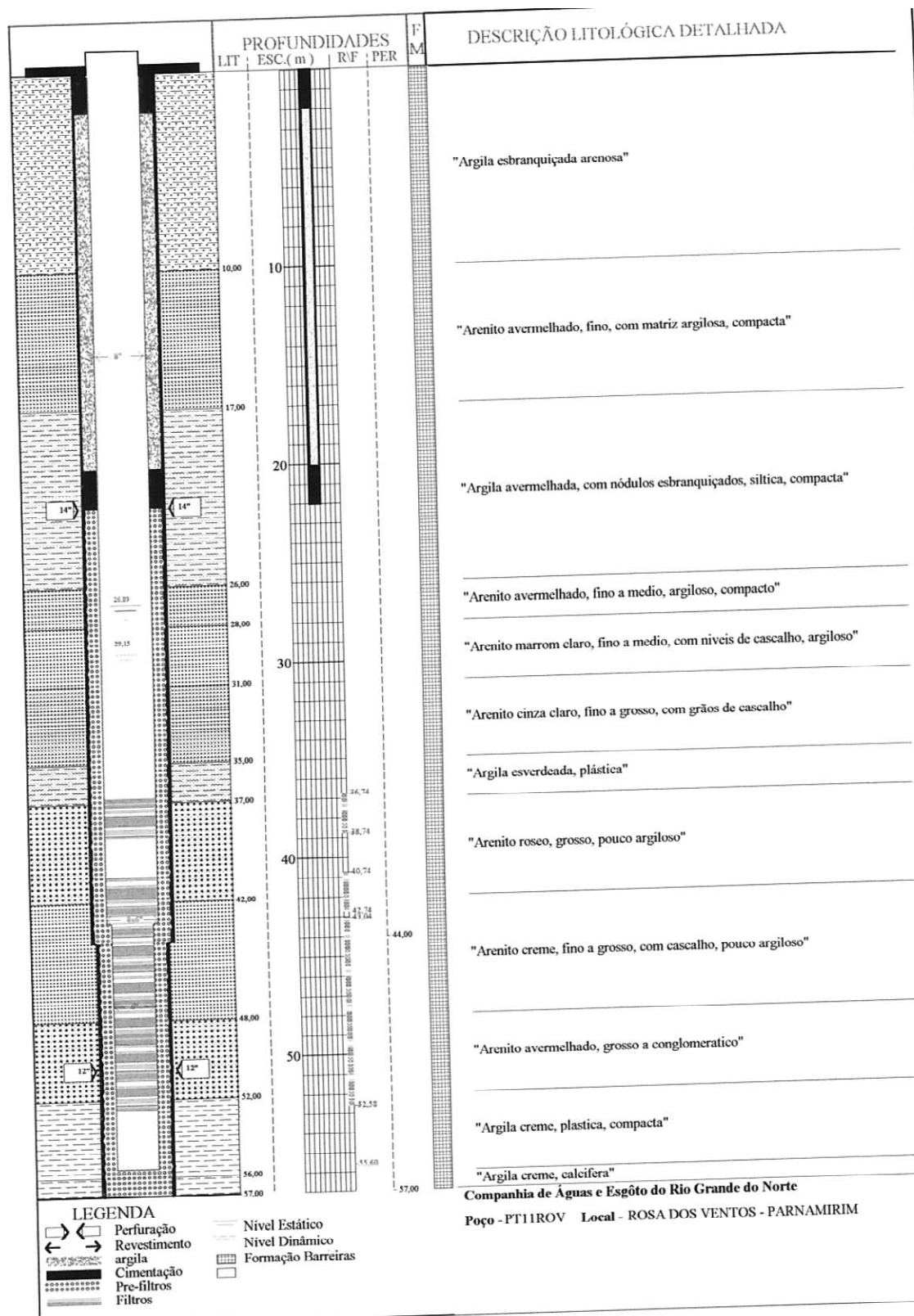
Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO

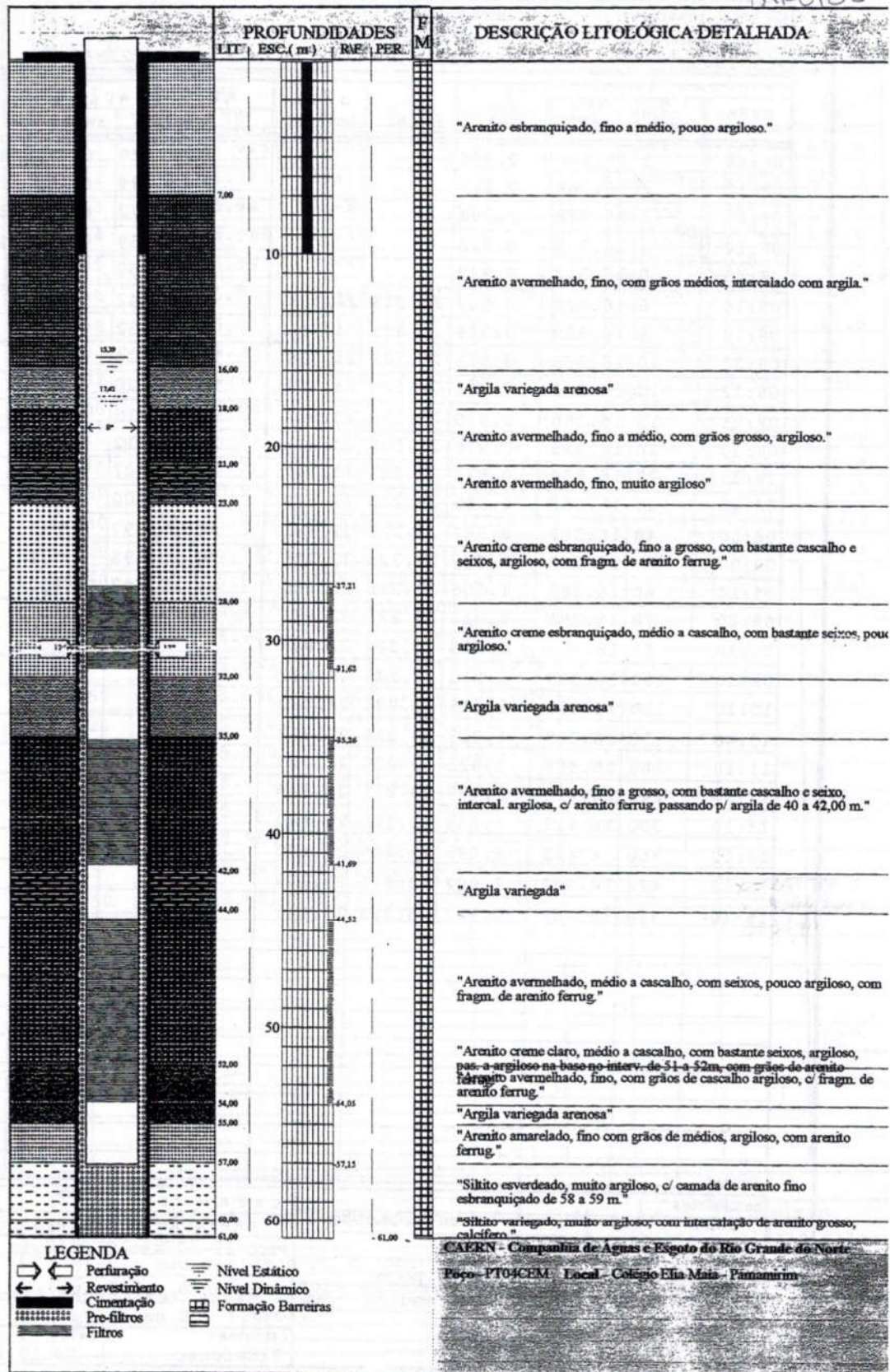
PAR 0138



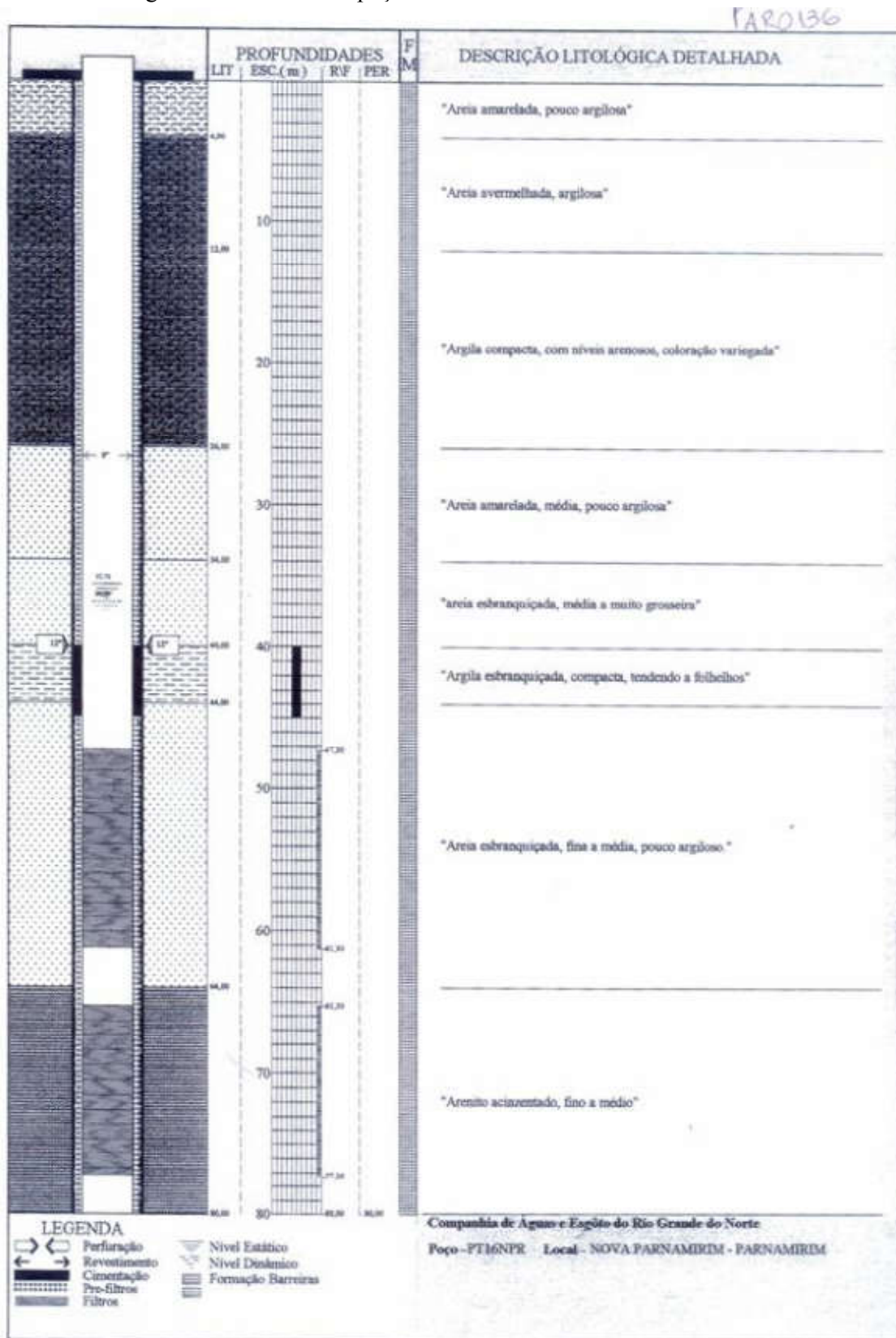
22. Perfil litológico e construtivo do poço PT11ROV.



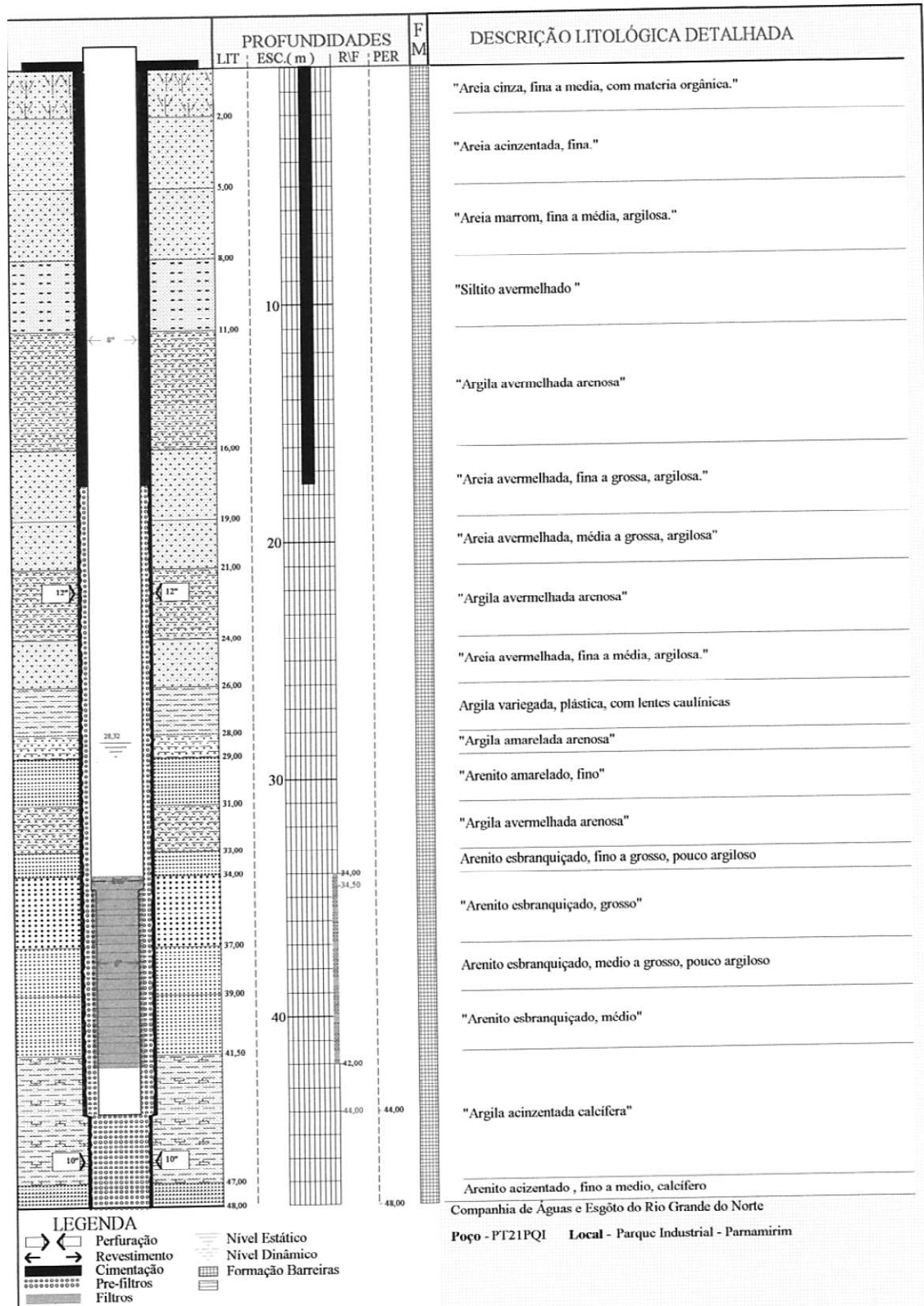
23. Perfil litológico e construtivo do poço PT-04CEN.



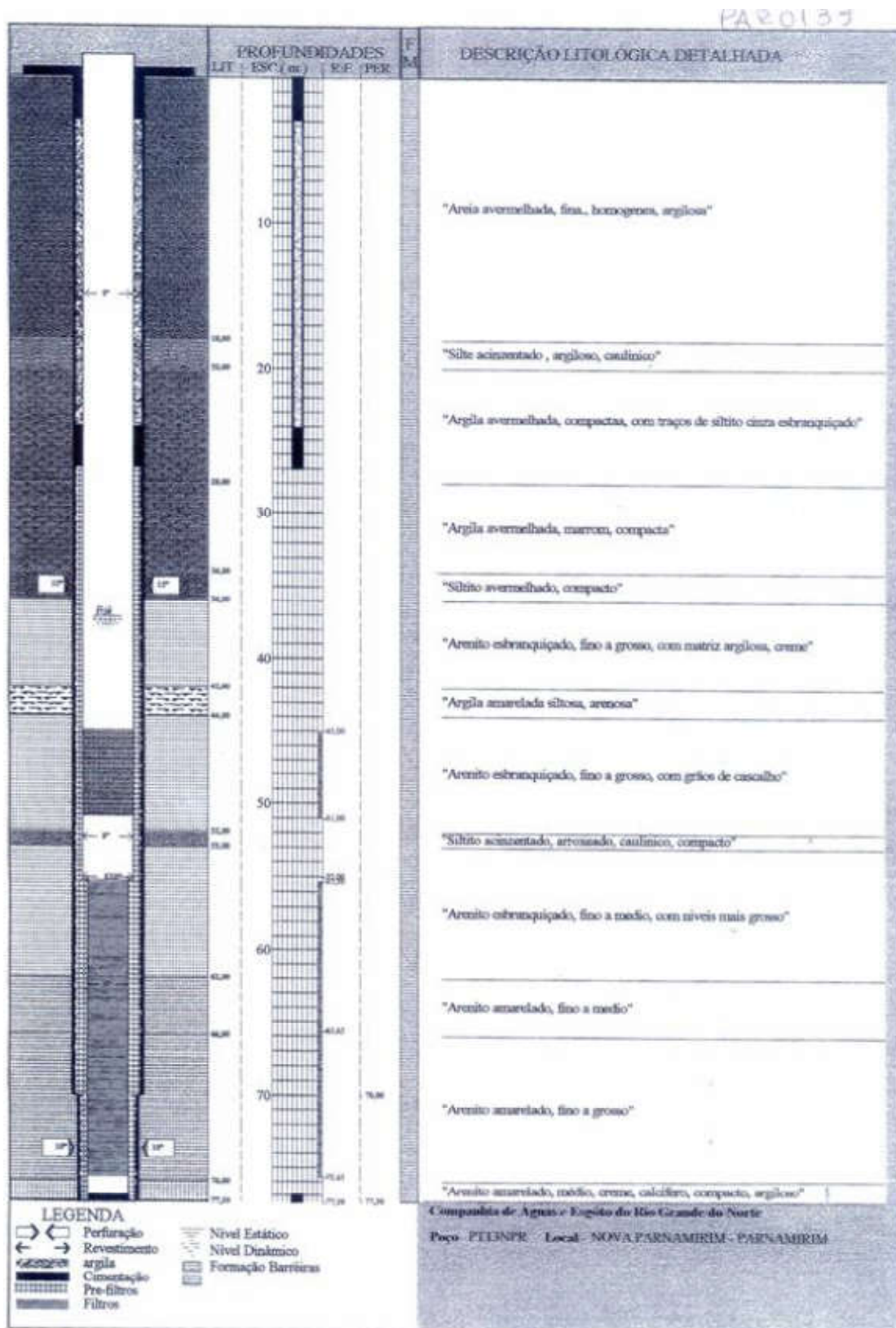
24. Perfil litológico e construtivo do poço PT-16NPR.



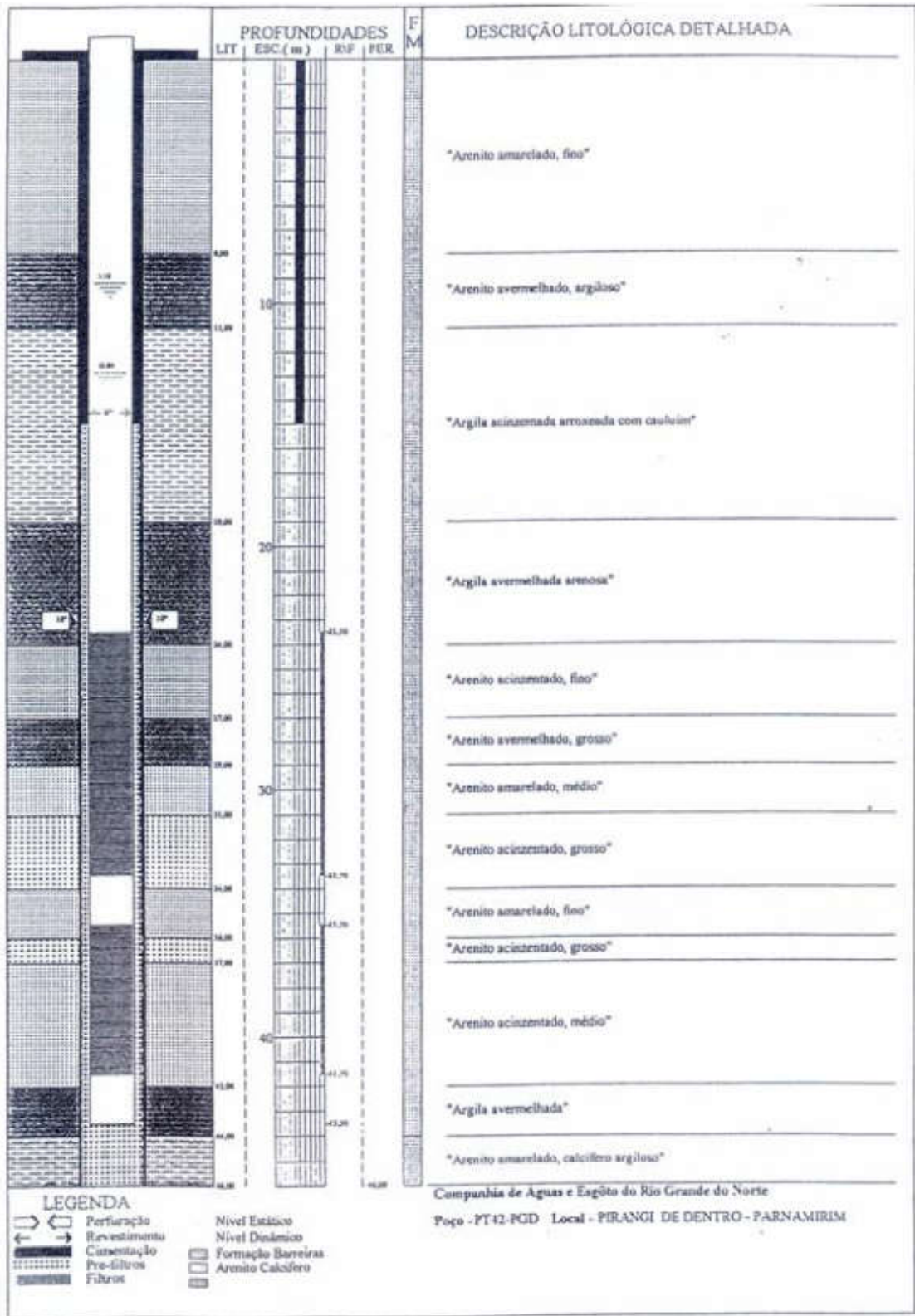
25. Perfil litológico e construtivo do poço PT-21PQI.



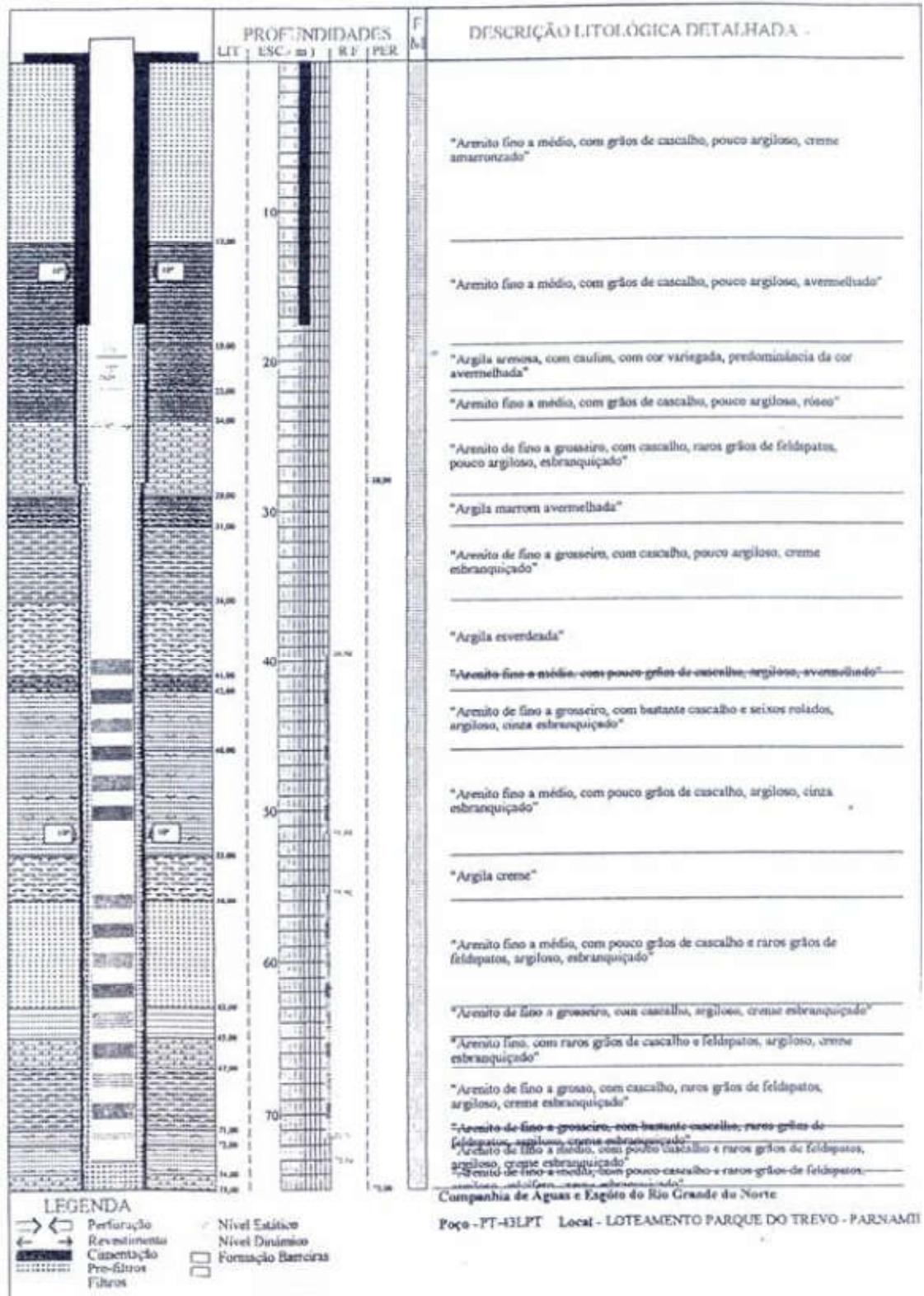
26. Perfil litológico e construtivo do poço PT-13NPR.



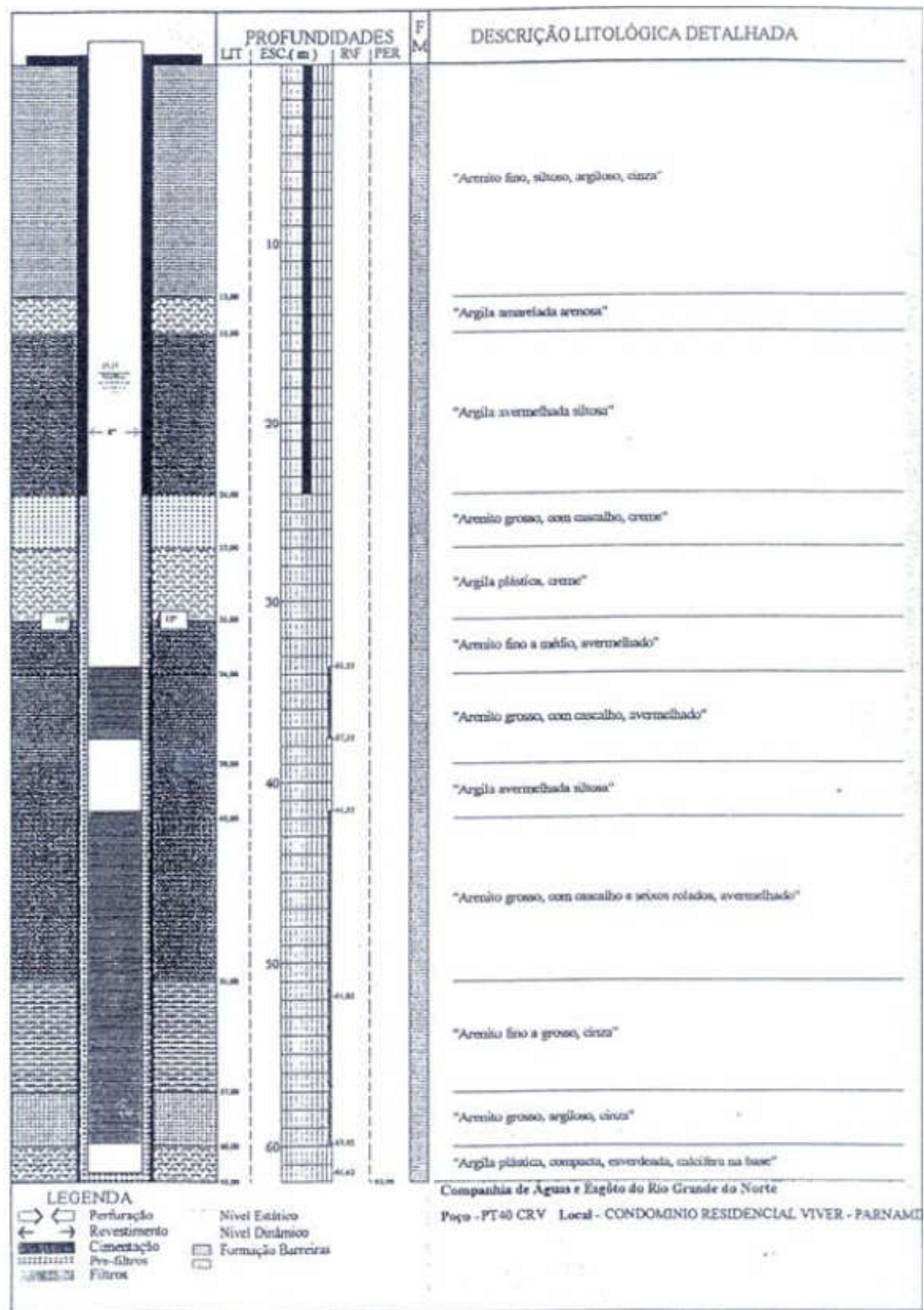
27. Perfil litológico e construtivo do poço PT-42PGD.



28. Perfil litológico e construtivo do poço PT-43LPT.



29. Perfil litológico e construtivo do poço PT-40CRV.



Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

IDENTIFICAÇÃO DO POÇO		PT-22A
Localização:	conj. Jardim Aeroporto	Longitude UTM (m): 250.830.000 E (GMS)
Município:	Parnamirim	Latitude UTM (m): 9.349.430.000 N (GMS)
Estado:	Rio Grande do Norte (RN)	Proprietário:

1. Diâm. Perfuração
 2. Orientação/Pre-Filtro
 3. Desvendamento/Alcova

4. Revestim./Diâm. Revest.
 5. Escalão Dinâmico
 6. Fissil/Fraturas

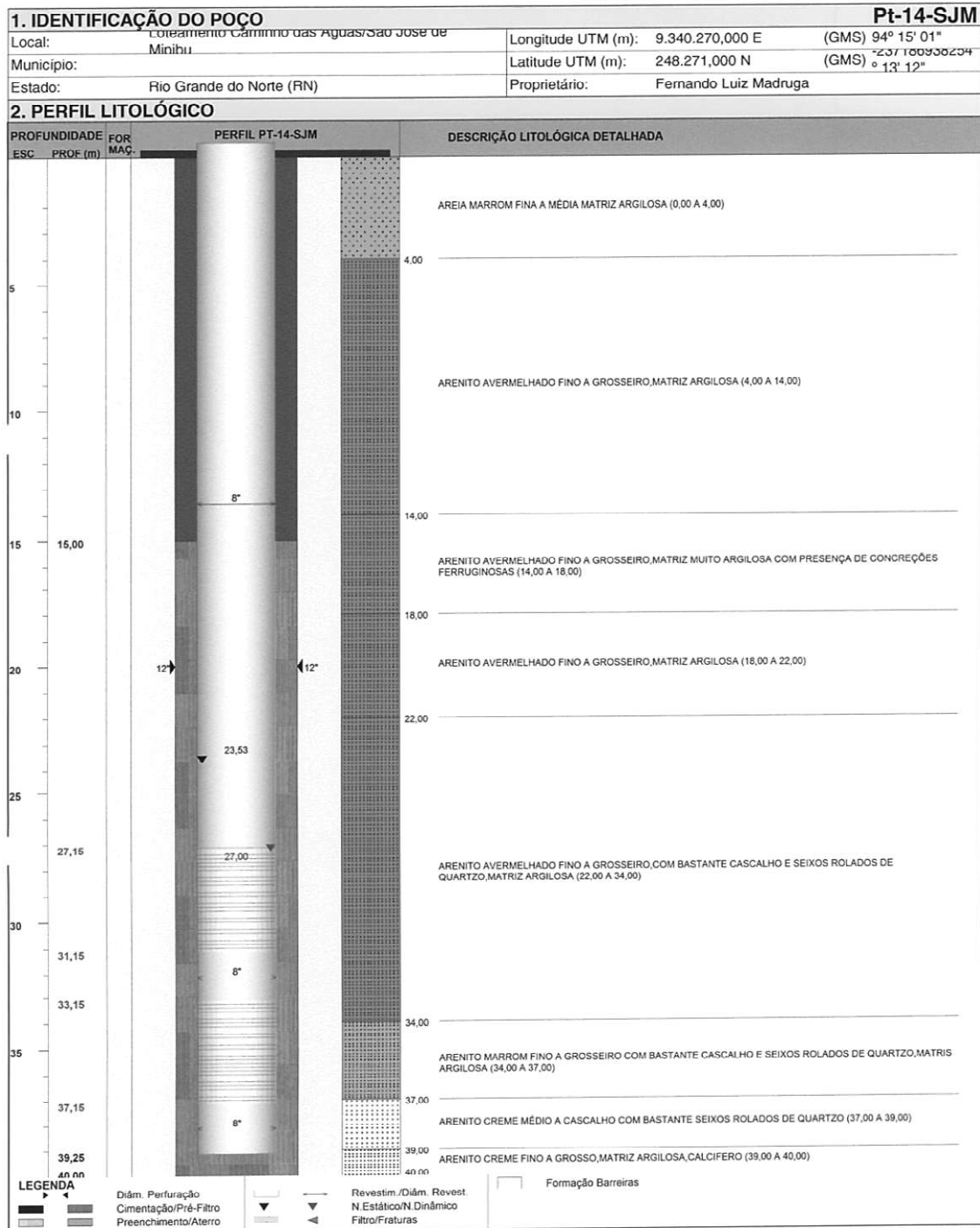
7. Formação Barreras

31. Perfil litológico e construtivo do poço PT-14SJM.

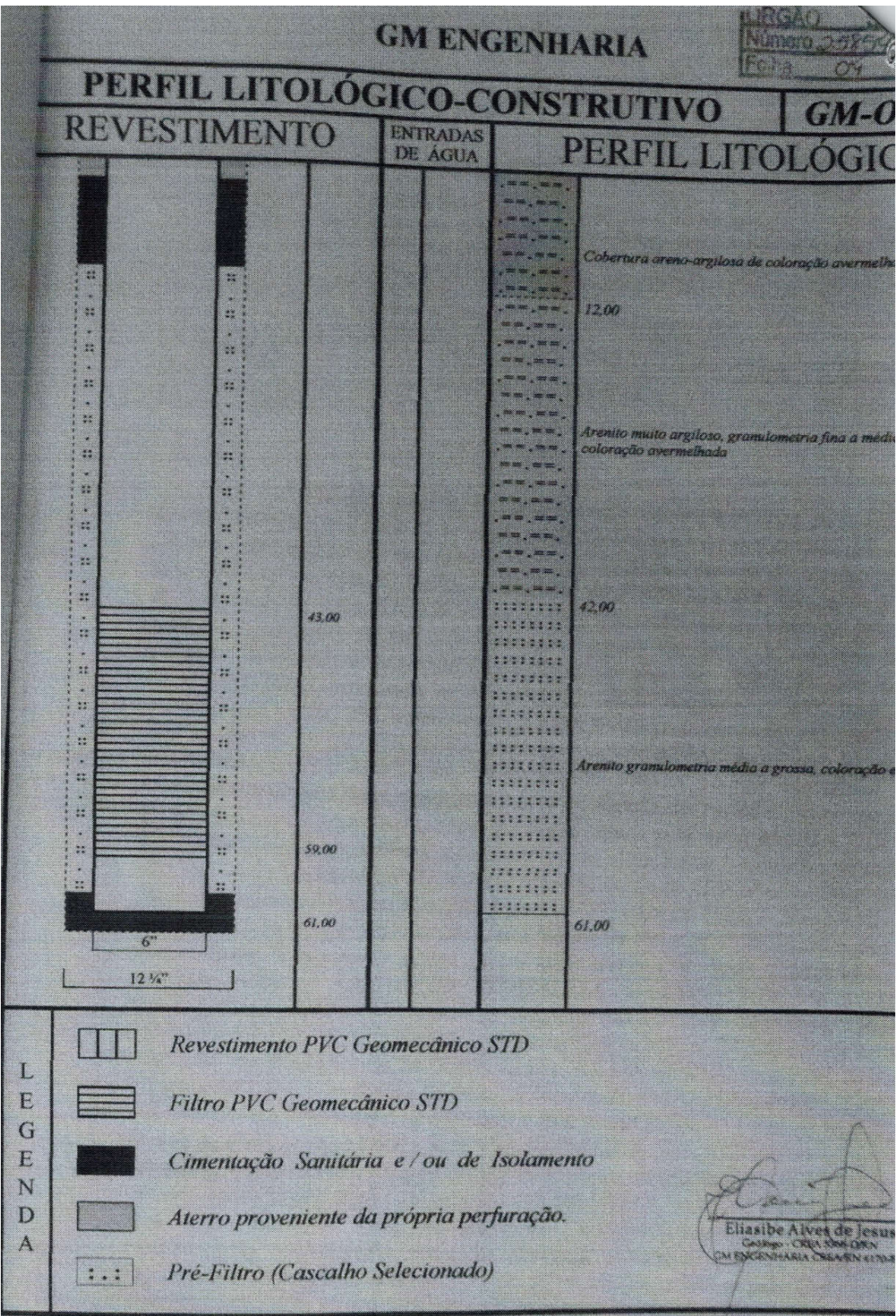


CAERN - Companhia de Água e Esgotos do RN
 Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços - GHP
 Av. Sen. Salgado Filho, 1555 - Natal - RN - Fone: 3232-4162 / 4163
 CNPJ 08.334.385/0001-35 INSC ESTADUAL 20.055.426-3

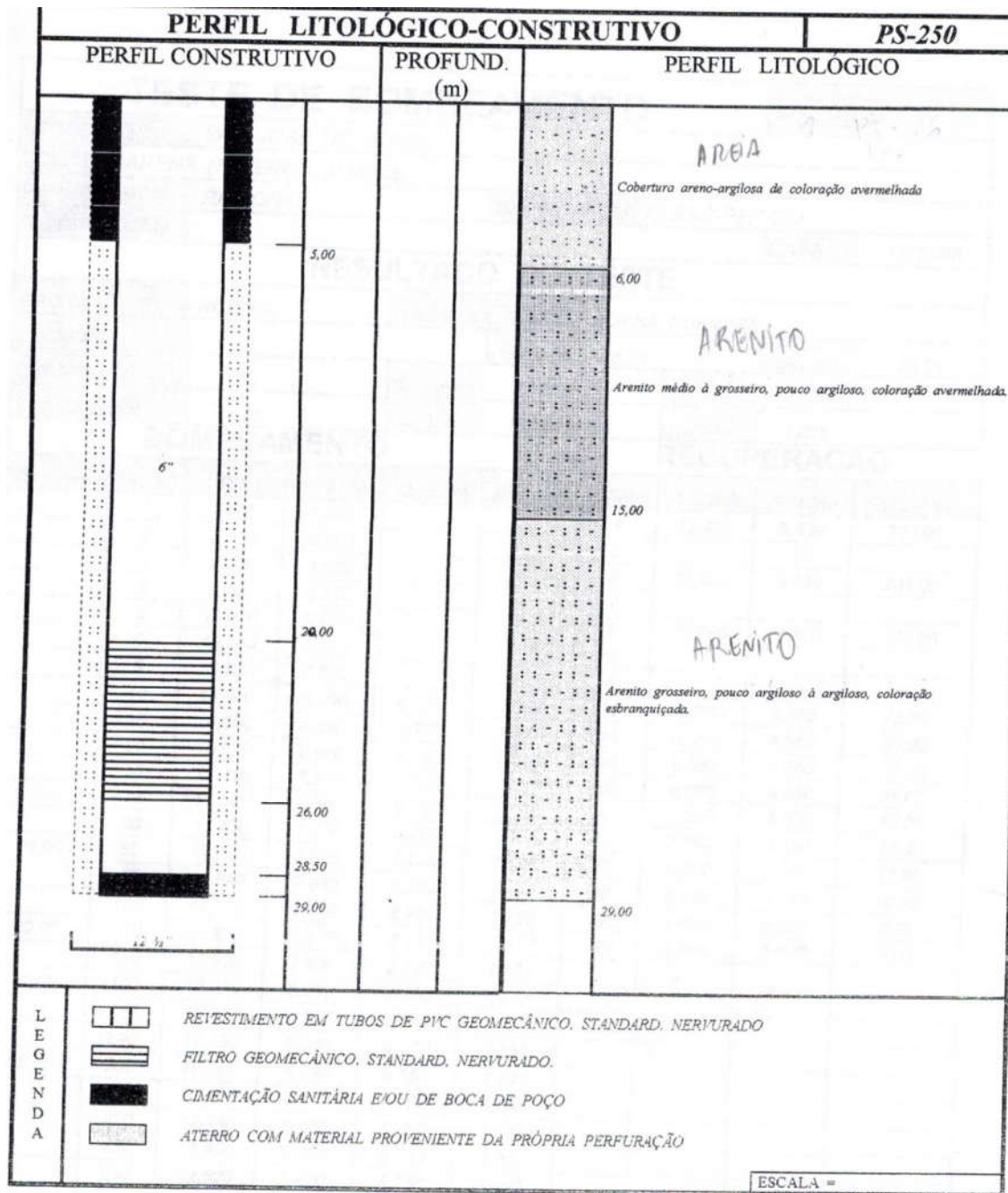
PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO



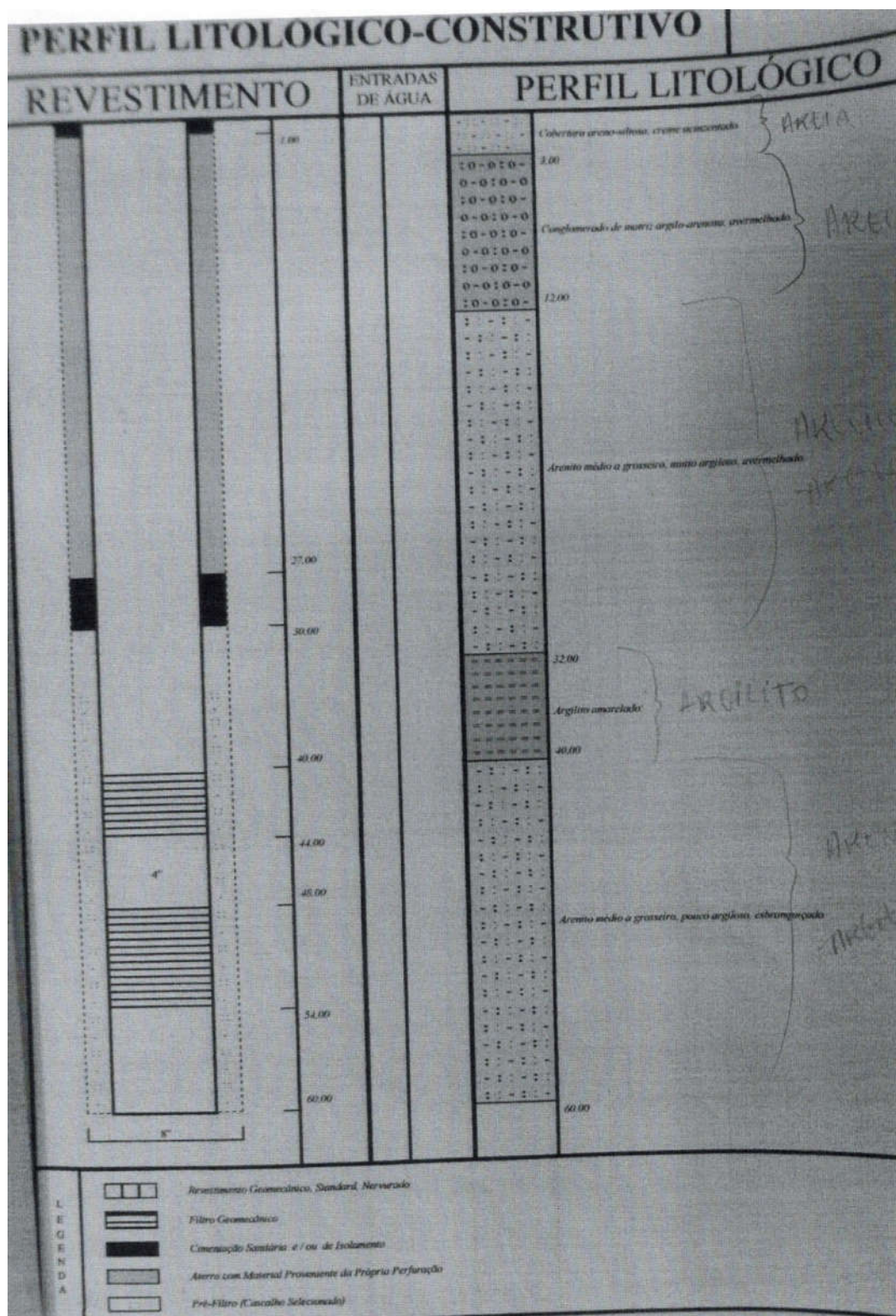
32. Perfil litológico e construtivo do poço GM-PS-42.



33. Perfil litológico e construtivo do poço PS-250.



34. Perfil litológico e construtivo do poço Sua casa emp.



35. Perfil litológico e construtivo do poço PS-1359.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO NORTE
Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos
SEMARNH

Sec. do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do RN
R. Dona Maria Câmara, 1884 - Capim Macio
Natal - Rio Grande do Norte - Brasil
Fone: (84) 3232-2400 - Fax: (84) 3232-2411

DADOS TÉCNICOS DO POÇO

1. IDENTIFICAÇÃO DO POÇO PS-1359

POÇO Nº: PS-1359 Longitude UTM (m): 8.338.238,000 E (GMS):
Local: Granja Dois Irmãos(Pium) Latitude UTM (m): 252.254,000 N (GMS):
Município: São José de Mipibu Foto/Escala:
Estado: Rio Grande do Norte (RN) Foto Índice:
Proprietário: SEMARNH/Cícero Vital do Nascimento Mapa/Escala:
Nível Estático (m): 23,94 Nível Dinâmico (m): 27,38 Aquífero: Livre
Profundidade (m): 70,00 Vazão (m³/h): 8,54 Cota Terreno (m): Boca do Poço (m):

2. EQUIPAMENTO INSTALADO

Tipo de Bomba: - Obras Necessárias: -
Pot. Bomba (HP): - Prof. Bomba (m): - Tipo de Instalação: -
Tipo de Poço: Poço Tubular Penetração Elétrica: Não Situação: -

3. DADOS GERAIS

Finalidade: Abastecimento Público Início: 26/02/2010 Fim: 12/03/2010
Caracterização: Poço Público Mét. Perfuração: Roto Pneumática
Locação: Sonodador:

4. DESCRIÇÃO DO POÇO

Perfuração (m)			Formação Geológica (m)			Entrada de Água/Fendas (m)		
Diâm.	De	Até	De	Até	Nome da Formação	De	Até	Vazão (m³/h)
10"	0,00	70,00						

Filtros (m)					Espaço Anelar (m)			
Diâm.	De	Até	Comp.	Abertura	Filtro	De	Até	Material
6"	54,00	66,00	12,00	0,000	Filtro PVC Geomecânico	0,00	5,00	Cimentação
						5,00	70,00	Pré-Filtro

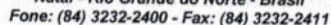
Revestimento (m)				Enchimento Interno (m)		
Diâm.	De	Até	Tipo de Revestimento	De	Até	Material
6"	0,00	70,00	Tubo PVC Geomecânico			

Litologia (m)					
De	Até	Descrição Litológica	De	Até	Descrição Litológica
0,00	12,00	Areia Amarela	69,00	70,00	Argila Vermelha
12,00	30,00	Areia Avermelhada			
30,00	33,00	Areia Esbranquiçada Fina			
33,00	36,00	Argila Avermelhada			
36,00	39,00	Areia Esbranquiçada Fina			
39,00	42,00	Argila Esbranquiçada			
42,00	45,00	Argila Marrom			
45,00	51,00	Areia Esbranquiçada Fina			
51,00	54,00	Areia Esbranquiçada Grossa			
54,00	69,00	Areia Esbranquiçada Fina a Média			

Obs:

© JA Soft - Sistemas Inteligentes: email: JASoft2003@yahoo.com.br

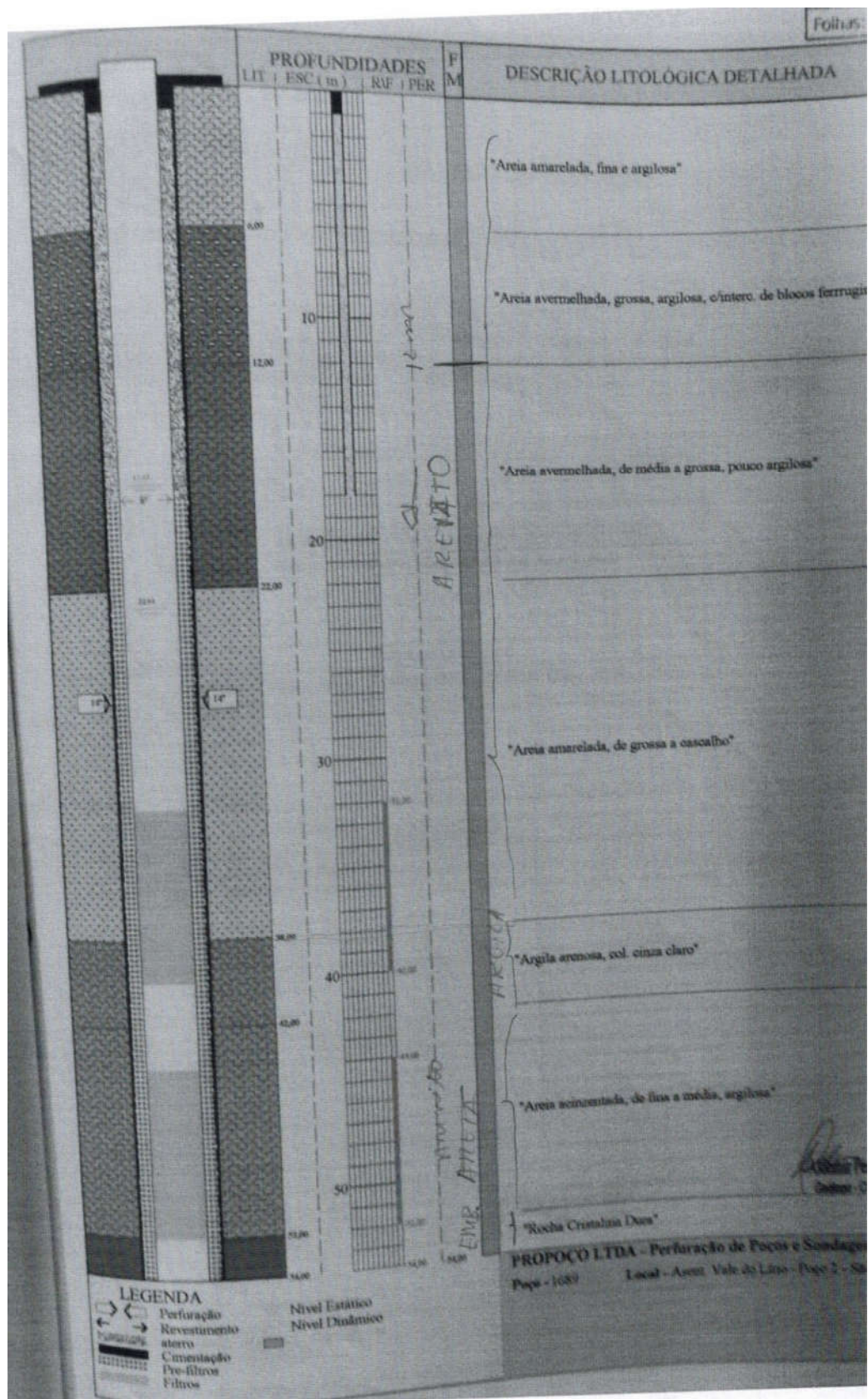
50M 0049



© JA Soft - Sistemas Inteligentes:

email: JASoft2003@yahoo.com.br

37. Perfil litológico e construtivo do poço 1689.



GOVERNO DE TODOS
Secretaria do Meio Ambiente
e dos Recursos Hídricos
SEMARNH

**R. Dona Maria Câmara, 1884 - Capim Macio
Natal - Rio Grande do Norte - Brasil
Fone: (84) 3232-2400 - Fax: (84) 3232-2411**

[illegible]

