



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

VIRGÍNIA PEREIRA DE SOUSA

**ASPECTOS QUALITATIVOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS FREÁTICAS DA FAIXA COSTEIRA DO PORTO
DAS DUNAS E PRAINHA, AQUIRAZ – CEARÁ**

Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante DEGEO/CC/UFC

Co-Orientadora: Msc. Maria de Conceição Rabelo Gomes

Fortaleza - CE
Janeiro/2012

VIRGÍNIA PEREIRA DE SOUSA

**ASPECTOS QUALITATIVOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS FREÁTICAS DA FAIXA COSTEIRA DO PORTO
DAS DUNAS E PRAINHA, AQUIRAZ – CEARÁ**

Relatório submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Geologia, do Centro de Ciências, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Itabaraci N. Cavalcante – DEGEO/CC/UFC.

Co-Orientadora: Msc. Maria da Conceição Rabelo Gomes.

Fortaleza-CE
Janeiro/2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S698a Sousa, Virgínia Pereira de.
Aspectos qualitativos físico-químicos das águas subterrâneas freáticas da faixa costeira do porto das dunas e prainha, Aquiraz — Ceará / Virgínia Pereira de Sousa. – 2012.
95 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geologia, Fortaleza, 2012.

Orientação: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante.

Coorientação: Profa. Ma. Maria de Conceição Rabelo Gomes.

1. Águas subterrâneas freáticas - Aspectos qualitativos. 2. Águas subterrâneas - Qualidade. 3. Hidrologia - Aquiraz (CE). 4. Geologia. I. Título.

CDD 551

VIRGÍNIA PEREIRA DE SOUSA

ASPECTOS QUALITATIVOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS FREÁTICAS DA FAIXA COSTEIRA DO PORTO
DAS DUNAS E PRAINHA, AQUIRAZ – CEARÁ

Relatório submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Aprovado em: 20 / 01 / 2012.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC (DEGEO)

MSc. José Gonzaga da Sliva
LABOMAR/UFC

MSc. João Bosco Andrade de Moraes
Geoplan Consultoria SS Ltda.

DEDICATÓRIA

*Ao meu Senhor e Salvador Jesus Cristo,
à minha mãe Ana Lúcia e ao
meu irmão Guttemberg Filho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu Senhor Jesus, por ter sempre me sustentado em sua destra fiel, à minha mãe Ana Lúcia pelo constante incentivo e apoio, mesmo nos momentos mais difíceis, ao meu irmão Guttemberg pela ajuda e a todos os meus familiares por terem acreditado no meu potencial.

Aos professores do Departamento de Geologia, em especial o Professor Michel H. Arthaud (*in memoriam*) que, com muita paciência, nos ensinou o que é a Geologia.

Ao Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante pela paciência, atenção, dedicação, conselhos, cobranças e orientação.

A GEOPLAN, em especial ao geólogo João Bosco Andrade de Moraes, pelo apoio na elaboração deste trabalho principalmente na fase de campo, análises das amostras e mapas.

Aos amigos do LABHID (Laboratório de Hidrogeologia/CC/UFC) pelos momentos descontraídos e alegres: Larissa Silva e Silva, Magno Régis, Karen Araújo, Rafael Mota, Sulani Pereira, José Gonzaga, Ediu Carlos, Filipe Peixoto, Jean Michel, Rachel Cruz e, em especial, a Conceição Rabelo.

Aos técnicos do Laboratório de Geoquímica Ambiental: Dr^a. Diolande F. Gomes, Carlos Márcio, Ludmila Oliveira, Gleiber Chagas, Pedro Pina, Geny e Idemberg Moura

As minhas amigas e geólogas Elisângela Nobre e Laura T. da Silva Maia pela convivência em campo e em sala de aula, e ajuda nos momentos difíceis ao longo de todo o curso de graduação em Geologia.

A todos os funcionários do Departamento pela alegria e companheirismo: Márcia Monteiro, Maria Antônia (Mara), Verônica Ferreira, Leal Neto e Valmir Abintes.

*"O verdadeiro homem mede a sua força,
quando se defronta com o obstáculo."*

Antoine de Saint-Exupéry

O Pequeno Príncipe

RESUMO

Este trabalho foi realizado na faixa costeira de município de Aquiraz compreendendo as localidades do Porto das Dunas e Prainha com 17,62 km², Região Metropolitana de Fortaleza, objetivando avaliar as águas subterrâneas freáticas quanto à sua hidrogeologia, situação atual dos poços e qualidade das águas. Teve por fases metodológicas o levantamento bibliográfico, a atualização do cadastro dos poços, a elaboração de bases temáticas, etapas de campo com a primeira etapa referente à visita aos 34 poços e medidas *in situ* de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, temperatura, pH e salinidade. A segunda etapa foi referente à coleta de 16 amostras para análises químicas. 92,5% da área pertencem ao Sistema Aquífero Dunas. Foram cadastrados 177 poços sendo, 70% dos poços da área são utilizados para uso doméstico, incluindo consumo humano, e 89,3% dos poços são equipados, porém a área é desprovida de saneamento básico, incidindo em sérios riscos à contaminação do aquífero. Quanto à profundidade 36,7% dos poços são considerados profundos e a evolução de construção vem aumentando em 11,9% nos últimos 11 anos. Em relação as medidas *in situ* de condutividade elétrica e STD há predominância menor que 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 500 mg/L, respectivamente. As medidas de pH revelaram águas subterrâneas de caráter ácido (67,6%). As águas subterrâneas foram caracterizadas como águas duras (62,5%), porém dentro dos padrões da Portaria nº518/2004 do MS (500 mg/L). Por meio das análises laboratoriais dos parâmetros de nitrato, nitrito amônia e cloreto, verificou-se que das 16 amostras coletadas, 06 delas (37,5%) apresentaram contaminação por nitrato e estes poços estão localizados na Prainha, cujo principal agente contaminante são as fossas negras, indicando poluição antiga; as análises para nitrito revelaram apenas uma alteração de 1,07 mg/L e para amônia não apresentaram concentrações fora dos padrões de potabilidade, ou seja, as águas não apresentaram poluição recente. Analisando a concentração de cloretos, houve apenas um ponto anômalo com 276 mg/L (Poço nº 158), mas ainda dentro do padrão de potabilidade da Portaria 518/2004 da Organização Mundial da Saúde (250 mg/L) para consumo humano.

ABSTRACT

This work was conducted in the coastal county of Aquiraz comprising the localities of Porto das Dunas with 17.62 km² and Prainha, Metropolitan Region of Fortaleza, to evaluate groundwater remediation as to its hydrogeology, current status of wells and water quality. Methodological steps were to the literature, the updating of the wells, the development of thematic bases, stages of field with the first step of the visit to the 34 wells and in situ measurements of electrical conductivity, total dissolved solids, temperature, pH and salinity. The second stage was related to the collection of 16 samples for chemical analysis. 92.5% of the area belong to the Aquifer System Dunes. There were 177 registered wells with 70% of the wells in the area are used for domestic purposes including human consumption, and 89.3% of the wells are equipped, but the area is devoid of basic sanitation, focusing on serious risks to contamination of the aquifer. As the depth of 36.7% are considered deep wells and the evolution of construction has increased by 11.9% in the last 11 years. Regarding the in situ measurements of electrical conductivity and STD prevalence is less than 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and 500 mg / L, respectively. The pH measurements showed groundwater of acidic character (67.6%). Groundwater were characterized as hard water (62.5%), but within the standards of the Ordinance No. 518/2004 MS (500 mg / L). Through the analysis of laboratory parameters of nitrate, nitrite, ammonia and chloride, it was found that of 16 samples, 06 of them (37.5%) had nitrate contamination and these wells are located in Prainha, which are the main contaminant cesspools, indicating pollution old; for nitrite analysis revealed only a change of 1.07 mg / L and ammonia concentrations did not show off the potability standards, ie, the water pollution had not recent. Analyzing the concentration of chloride, there was only one anomalous point with 276 mg / L (Well No. 158), but still within the potability standards of the Ordinance 518/2004 of the World Health Organization (250 mg / L) for human consumption.

LISTA DE FIGURAS

01 – Mapa de Localização da área de estudo	14
02 – Média mensal pluviométrica entre 1966 e 2010	19
03 – Média mensal da temperatura entre 1966e 2010	19
04 – Balanço Hídrico 1966 e 2010	22
05 – Exemplo de vegetação da área, cajueiro (Agosto/2011).....	23
06 – Mangue do rio Pacoti, limite noroeste da área de pesquisa (Agosto/2011)	24
07 – Exemplo de feições mais comuns em dunas, Rebdous (B) e Blowouts (A), (Agosto/2011)	27
08 – Dunas na localidade do Porto das Dunas, CE-025 (Agosto2011)	34
09 – Perfil lito-construtivo (metros) captando água do Barreira – Zona de descarga.....	35
10 – Perfil Lito-construtivo (metros) captando água do Dunas e do Barreiras – Zona de recarga.....	36
11 – Perfil lito-construtivo (metros) captando água do Barreiras.....	38
12 -A) Afloramento da Formação Barreiras com 2 metros de altura, de cor avermelhada, predominantemente arenosos; B) Detalhe do afloramento apresentando seixos espaçados de quartzo, subangulosos (Agosto/2011).....	39
13 -. Situação atual dos poços da área de estudo.....	41
14 -. Distância do chafariz desativado (A), para o poço particular (B) (Agosto/2011)...	42
15 -. Classificação dos poços quanto à finalidade.....	43
16 - Profundidade dos poços da área de estudo.....	43
17 - Evolução dos poços da área de estudo.....	44
18 - Vazão dos poços da área de pesquisa.....	45
19 - Nível Estático dos poços da área de pesquisa.....	45
20 - Condutividade Elétrica das águas subterrâneas da área.....	47
21 - Curvas de isovalores para Condutividade Elétrica (CE).....	51
22 - Sólidos Totais Dissolvidos (STD) nas águas subterrâneas da área.....	50
23 – Curva de isovalores para Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	51
24 - pH das águas subterrâneas da área.....	52
25 - Curvas de isovalores para pH	53
26 - Dureza Total das águas subterrâneas da área.....	54
27 - Turbidez nas águas subterrâneas da área.....	55
28 - Curvas de isovalores para N-Nitrato.....	61

29 - Nitrato nas águas subterrâneas da área de estudo.....	62
30 - Nitrito nas águas subterrâneas da área de estudo.....	62
31 - Curvas de isovalores para Nitrito.....	64
32 - Curvas de isovalores para Amônia.....	66
33 - Disposição de efluentes líquidos na desembocadura da Lagoa do Catu (Agosto/2011).....	69
34 - Poluição pontual por vazamento de fossas	70
35 - Exemplo de proteção (Poço nº 96 – Cond. Portamaris Resort)	71
36 -Intrusão de água salgada na água doce por intermédio do bombeamento excessivo	72
37 - Cloretos das águas subterrâneas da área	73

LISTA DE TABELAS

01 - Média das principais variáveis do balanço hídrico calculado pelo método de Thorntwaite para a área de estudo	21
02 - Resumo geológico da área de pesquisa	25
03 - Concentrações dos íons presentes nas águas subterrâneas	48
04 - Classificação das águas segundo Custódio & Llamas, (1983).....	54

LISTA DE SIGLAS

RMF – Região Metropolitana de Fortaleza

IPLANCE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

SEPLAG – Secretaria de Planejamento e Gestão

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente

LABOMAR – Instituto de Ciências do Mar

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

CE – Condutividade Elétrica

CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará

SRH – Secretaria de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

	(Pág.)
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 GERAL	15
2.2 ESPECÍFICO	15
3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	16
4. ASPECTOS GEOAMBIENTAIS	18
4.1 PLUVIOMETRIA	18
4.2 TEMPERATURA	19
4.3 BALANÇO HÍDRICO	19
4.4 VEGETAÇÃO	22
4.5 GEOLOGIA/GEOMORFOLOGIA	24
4.6 SOLOS	28
5. METODOLOGIA DE TRABALHO	30
5.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	30
5.2 CADASTRO DOS POÇOS	30
5.3 ELABORAÇÃO DE BASES TEMÁTICA.....	31
5.4 ETAPAS DE CAMPO.....	31
5.5 COLETA E ANÁLISE DE AMOSTRAS	32
5.6 INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	32
6. HIDROGEOLOGIA	33
6.1 SISTEMA AQUÍFERO DUNAS	33
6.2 SISTEMA AQUÍFERO BARREIRAS	37
6.3 SISTEMA AQUÍFERO ALUVIONAR	39

7. SITUAÇÃO ATUAL E OBRAS DE CAPTAÇÃO	41
8. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	46
8.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	46
8.2 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	50
8.3 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO	52
8.4 DUREZA	54
8.5 TURBIDEZ	55
8.6 COMPOSTOS AZOTADOS	56
8.6.1 <i>Ciclo do nitrogênio</i>	57
8.6.2 <i>Aspectos ambientais</i>	59
9. FONTES DE POLUIÇÃO	67
10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	74
REFERÊNCIAS	76
APÊNDICES	

1. INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas constituem reservas estratégicas vitais para o abastecimento público e privado. Este fato faz com que exista uma preocupação em se quantificar o potencial dos aquíferos e a viabilidade técnica da exploração racional do mesmo.

O estudo de aquíferos em faixa costeira revela-se importante para o entendimento do comportamento hidrodinâmico das águas subterrâneas e para a caracterização hidroquímica na perspectiva de cada uma das diversas possibilidades de uso da água subterrânea. O produto deste estudo pode se constituir em uma orientação básica para o direcionamento do uso racional destas águas. Na faixa costeira do Ceará, a crescente urbanização e a implantação de projetos industriais ou de irrigação resgatam o valor das águas subterrâneas como uma possibilidade viável de abastecimento. O estudo dos aquíferos em regiões costeiras revela-se de suma importância para o entendimento do comportamento hidrodinâmico das águas subterrâneas na perspectiva de cada uma das diversas possibilidades de uso da água subterrânea (HOLANDA *et al*, 2003).

Segundo Cavalcante (1998), a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) apresenta, ao mesmo tempo, os problemas derivados da escassez periódica de água para atender a demanda, o mau uso das águas subterrâneas e a ocupação aleatória e desordenada do meio físico e realiza pesquisa buscando oferecer subsídios hidrogeológicos para que, integrados a realidade da área, pudessem, de modo objetivo, contribuir para solucionar, ou amenizar, o problema de água mediante uma política de uso e ocupação do meio físico que levasse em consideração a necessidade urgente de proteção das águas subterrâneas, reserva estratégica.

Neste trabalho apresenta-se o estudo das águas subterrâneas realizado na região costeira do Município de Aquiraz (Região Metropolitana de Fortaleza – RMF) compreendendo as praias do Porto das Dunas e Prainha.

1.1 JUSTIFICATIVA

Considerando que as dunas desempenham relevante papel na formação e recarga de aquíferos, elas são também muito importantes na dinâmica da zona costeira tendo a necessidade de controlar, de modo especialmente rigoroso, o uso e ocupação das dunas, originalmente desprovidas de vegetação, tendo em vista a alta vulnerabilidade de poluição antrópica, pois possui altas porosidade e permeabilidade.

As dunas passíveis de ocupação por atividades ou empreendimentos turísticos sustentáveis, declarados como de interesse social, deverão estar definidos e fundamentados em estudos técnicos que comprovem que a ocupação de tais áreas não estão comprometidas, ou seja, ter abastecimento regular de água e recolhimento e/ou tratamento e/ou disposição adequada dos resíduos, não comprometendo os atributos naturais da área como a paisagem, equilíbrio hídrico e geológico e a biodiversidade.

Em função do elevado índice de crescimento imobiliário na região nos últimos dez anos, juntamente com a falta de um adequado tratamento em relação à disposição dos resíduos, tornou-se necessário a realização de um estudo hidrogeológico direcionado à qualidade desses recursos hídricos, buscando avaliar os aspectos qualitativos e as condições de aproveitamento desses recursos, tendo em vista a necessidade que a água captada pelos poços representa para as atividades coletivas, principalmente para consumo humano.

Assim sendo, com este primeiro passo no intuito de caracterizar qualitativamente as águas subterrâneas na área estudada, se acredita estar contribuindo para o conhecimento das condições hidro-ambientais atrelado a ocupação do solo, condição que se agravará na continuidade do tempo e que representa aspecto básico no planejamento e gestão dos recursos hídricos e condições sócioeconômicas.

1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área localiza-se na porção nordeste do estado do Ceará, abrangendo a faixa costeira da Região Metropolitana de Fortaleza, entre a foz o rio Pacoti e a desembocadura da Lagoa do Catu, 17,62 km². A localização geográfica pode ser observada na Figura 01.

Limita-se ao norte e nordeste com o Oceano Atlântico, ao sul com o centro de Aquiraz e ao sudeste com a praia do Iguape. O acesso à área partindo do município de

Fortaleza, capital do estado, pode ser feito através da Av. Déde Brasil dando continuidade pela rodovia CE-040, completando o acesso a Av. Maestro Lisboa e a CE-025 que vai da COFECO até a Prainha, passando pelo Porto das Dunas (Beach Park).

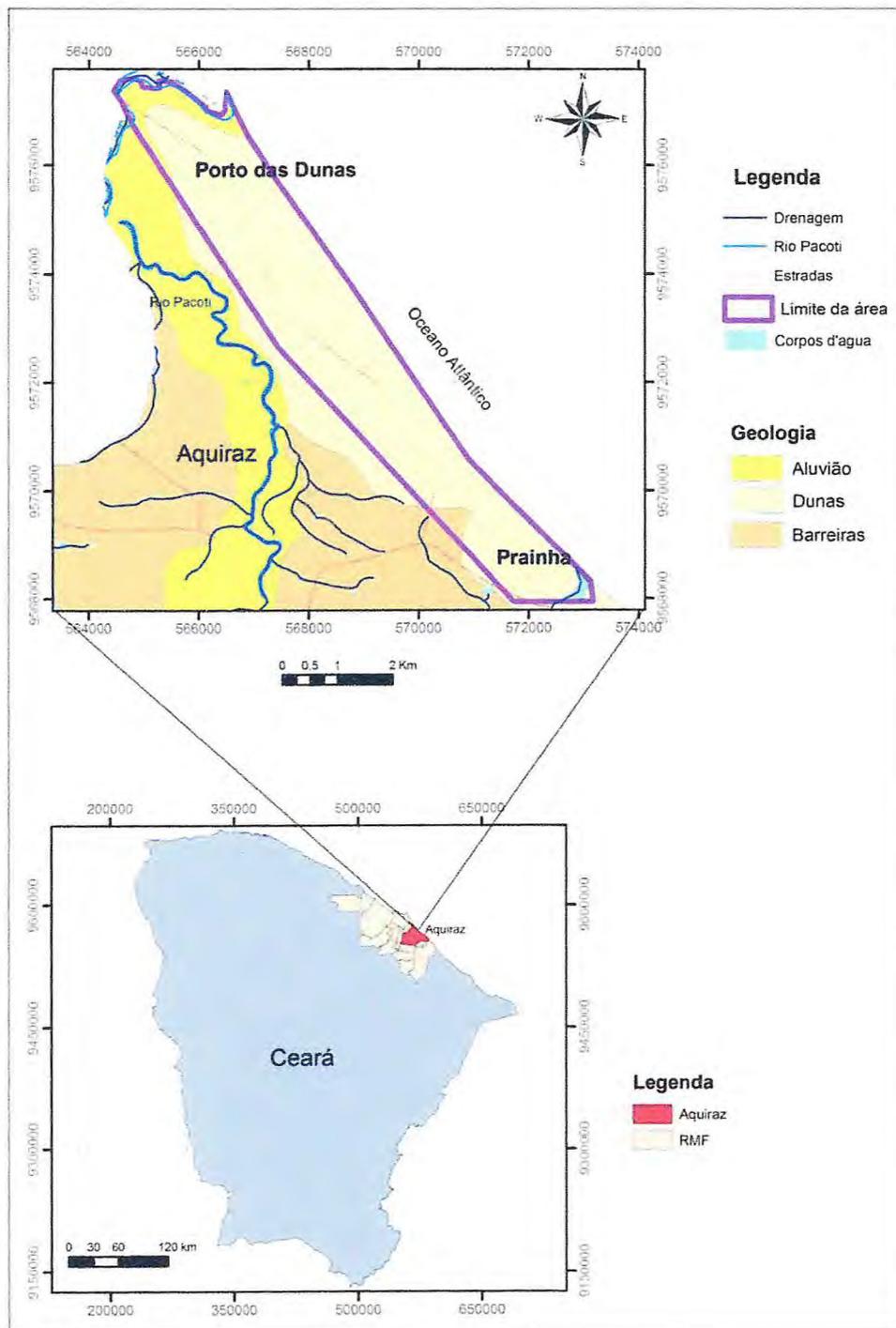


Figura 01: Localização da área de estudo

2. OBJETIVOS

Os objetivos a seguir foram divididos em geral e específicos.

2.1 GERAL

Realizar o estudo das águas subterrâneas freáticas considerando as características qualitativas da faixa costeira com 17,6 km² no município de Aquiraz.

2.2 ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos têm-se:

- ✚ Caracterizar os sistemas hidrogeológicos existentes na área;
- ✚ Avaliar a situação atual das obras de captação das águas;
- ✚ Identificar *in situ* as fontes de poluição na área;
- ✚ Realizar medições *in situ* de condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), pH, temperatura (T°), salinidade e nível estático;
- ✚ Realizar análises químicas das águas subterrâneas;
- ✚ Analisar qualitativamente de acordo com a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, as amostras coletadas a cloretos, nitrato, nitrito e amônia

3. ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/CENSO 2010), a área de Aquiraz é de 482, 566 km², com 72.628 habitantes, dividido em população urbana (67.083 pessoas) e rural (5.545 pessoas), gerando uma densidade demográfica de 150,5 hab/km².

O abastecimento de água da sede e parte do município é fornecido pela CAGECE com 3.738 ligações reais de água; destas, 3.276 são ativas, produzindo 723.901 m³ de água. Em algumas localidades, como por exemplo, o Porto das Dunas, o abastecimento é feito apenas por poços tubulares ou poços escavados. O esgotamento sanitário possui 1.833 ligações reais, com uma cobertura de 22,41% do município (IPLANCE, 2010).

De acordo com IPLANCE (op. Cit.) o fornecimento de energia elétrica é feita pela COELCE, com consumo total de 120.818 MWh/ano, distribuídos entre residências (30.605 MWh/ano), indústrias (44.056 MWh/ano), comercial (18.981 MWh/ano), rural (16.389 MWh/ano), público (10.720 MWh/ano) e particular (68 MWh/ano).

Em relação à saúde, Aquiraz possui 27 unidades públicas e uma unidade privada, dispendo de um hospital geral e 22 centros de saúde que contam com 341 profissionais de saúde e dentre estes, 82 médicos refletindo uma relação de 11,1médicos/ 1000 hab. A taxa de mortalidade infantil no município para cada 1000 nascidos vivos é de 24,7 crianças.

Os indicadores de educação mostram que o número de alunos matriculados por sala é de 35,4 para o nível fundamental e médio, com 546 professores distribuídos na rede estadual e municipal, com índice de aprovação de alunos de 81%. Na indústria, 973 pessoas foram admitidas, a construção civil possui 1.566 admissões, o comércio possui 299, os serviços gerais admitem 2.183 trabalhadores e na agropecuária tem 395 admissões. O PIB do município é de R\$ 392.725 milhões. A arrecadação do ICMS em 2008 foi de R\$ 56.211, ficando a receita municipal total em R\$58.000,00 e renda per capita de R\$ 5.838,00 (IPLANCE, 2010).

Devido ao intenso turismo destinado a Aquiraz, motivado por belas praias e parques aquáticos, existem diversas opções de empreendimentos hoteleiros. Desta forma podemos citar como principais hotéis na orla do município os seguintes

estabelecimentos: Aquaville Resort e Hotel, Beach Park Suite Resort, Portomaris Resort, Hotel Park Itacaranha, SPA New Life de Emagrecimento.

Os empreendimentos que mais movimentam a área são: Complexo Beach Park, Aquaville Resort Hotel e Itacaranha Park. O Complexo Beach Park é composto por um park aquático e dois resorts de padrão internacional, todos localizados à beira-mar, com mais de 150 apartamentos, cada resort e tendo, ainda, outro empreendimento em construção com mais 300 apartamentos.

O Aquaville Resort tem uma localização privilegiada no litoral atlântico e é um paraíso para os amantes da água. Possui quatro piscinas, uma praia privada e um sistema de rio artificial para canoagem. O Aquaville dispõe de muitas instalações de lazer, inclusive campos de tênis, ciclovias, pista de BMX e uma academia.

Na Prainha, a atração é o Itacaranha Park, um parque aquático que tem dois playgrounds aquáticos; correnteza encantada; castelo com cascatas; geisers; toboáguas sinuosos e gigantes; kamikase; navio pirata com toboágua; dragão marinho; piscinas. O parque tem 5.000 m² e dispõem de uma área de alimentação.

4. ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

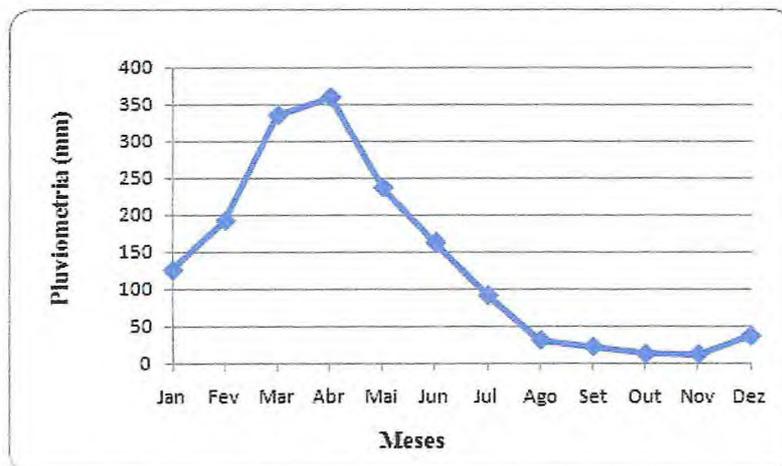
Neste capítulo foram abordados pluviometria, temperatura, balanço hídrico, vegetação, geologia/geomorfologia e solos.

4.1 PLUVIOMETRIA

A precipitação pluviométrica é fundamental para o estudo do clima, sendo considerado o elemento de maior importância na definição do quadro climático das áreas semi-áridas e sub-úmidas e a quantidade de chuvas e o seu ritmo mensal representando suas características mais relevantes.

Segundo a FUNCEME, a estação meteorológica referente ao Município de Aquiraz esteve ativa durante o ano de 2005, porém foi desativada, contudo, neste trabalho foram utilizados os dados da estação meteorológica mais próxima, situada em Fortaleza, com 6 estações ativas, sendo a estação do Campus do Pici, abordada neste estudo pela sua melhor disponibilidade e acesso.

De acordo com os dados coletados na Estação Meteorológica situada no município de Fortaleza (UFC – Campus do Pici), médias mensais no intervalo de 1966 a 2010, o período chuvoso inicia-se em dezembro, com média de 36,1 mm, passando para 125,3 mm em janeiro e consolidando-se a partir da segunda quinzena de fevereiro, com média mensal de 191,1 mm. As precipitações de maiores expressões, ocorrem nos meses de março, abril e maio com média de 309,6 mm, a máxima ocorrendo em abril. Por outro lado, o período mais seco ocorre entre setembro a novembro, sendo este último mês de menor média histórica, com apenas 11,6 mm mensal (Figura 02).

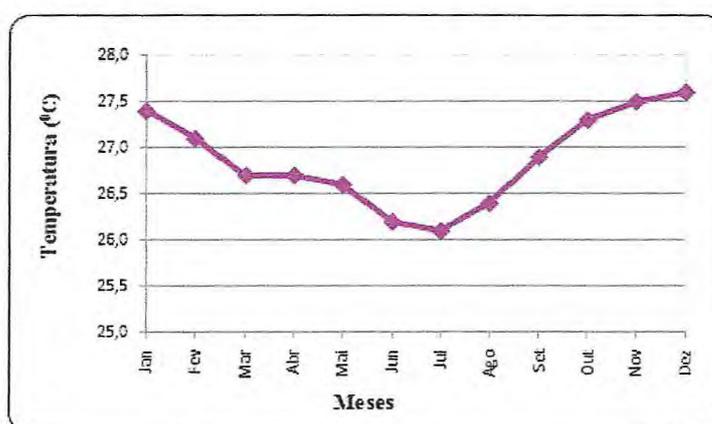


Fonte: Estação Meteorológica do Campus Pici /UFC, 2010
Figura 02: Média Mensal pluviométrica entre 1966 a 2010.

4.2 TEMPERATURA

O regime térmico apresenta-se com pequenas variações ao longo do ano, característica típica das regiões tropicais/equatoriais pela maior proximidade com a linha do Equador, o que repercute em baixas amplitudes térmicas mensais.

A temperatura da região apresenta uma pequena variação entre 26° e 27,5° com média de 26,9°C. Na Figura 03 encontram-se as temperaturas médias mensais adquiridas na Estação Meteorológica do Pici entre os anos de 1966 a 2010, sendo a mínima de 26,1°C e máxima de 27,9°C.



Fonte: Estação Meteorológica do Campus Pici /UFC, 2011

Figura 03: Média Mensal da temperatura entre 1966 a 2010.

4.3 BALANÇO HÍDRICO

Segundo Gomes (2006), balanço hídrico é a operação que quantifica a diferença numérica entre as alimentações e as descargas de um sistema hídrico, em uma região e em um intervalo de tempo específico; é a relação entre as entradas (alimentações), as saídas (descargas) e as variações de armazenamento de um sistema em intervalo de tempo definido.

Segundo Vasconcelos (1999), o método proposto por Thornthwaite é considerado o mais adequado para áreas costeiras, como Aquiraz, que apresenta alternância de estações secas e chuvosas bem distintas, permitindo uma correlação entre a precipitação e a evapotranspiração real, a partir de médias mensais de uma série histórica de dados.

Para a obtenção do balanço hídrico é necessário o conhecimento temporal dos dados pluviométricos e temperaturas que foram utilizados no período de 1966 a 2010 e fornecidos pela Estação Meteorológica do Campus Pici /UFC (2010) sendo possível fazer uma estimativa da parcela de precipitação que infiltra no subsolo dando assim, uma avaliação do processo de renovação das reservas de águas subterrâneas.

Os valores da Evapotranspiração Potencial (ETP), de acordo com a equação 1:

$$ETP = 16 (10T/I)^a \times K \quad \text{[Equação 1]}$$

Onde:

ETP = Evapotranspiração Potencial (mm);

T = Temperatura média mensal em °C (referente ao período considerado);

I = Índice térmico anual;

K = fator de correção que depende da latitude do lugar e da insolação média mensal;

Variaram de 126,5 mm em junho a 164,3 mm em dezembro. O Índice térmico (I) foi de 149,6 e o fator (a) foi de 3,70 a partir dos dados utilizados para os cálculos de ETP (Tabela 4.1 e Figura 04).

O índice térmico anual (I) é calculado pela equação 2:

$$I = \sum_{i=1}^{12} I_i \quad \text{[Equação 2]}$$

Em que: $I_i = (T_i/5)^{1,5}$

T_i = temperatura média de cada mês do ano;

i = índice térmico mensal, que varia de 1 a 12 e somados dão o índice térmico anual;

a = parâmetro obtido em função do índice térmico, sendo dado por:

$$a = 0,49239 + (1792 \times 10^{-5} I) - (771 \times 10^{-7} + I^2) + (675 \times 10^{-9} I^3);$$

A evapotranspiração real (ETR) é obtida a partir da comparação entre evapotranspiração potencial (ETP) e a precipitação (PPT), considerando que o município tem uma capacidade de armazenamento (CA) de 100 mm. Segundo Vasconcelos (1994), este valor é arbitrado como uma média, porém varia com a natureza do terreno, podemos observar a Tabela 4.1.

A partir desses cálculos, pode-se verificar na tabela 4.1 que a infiltração potencial (I_p) anual é de 546,7 mm, correspondendo assim à parcela de precipitação que

contribui para a recarga subterrânea nos litotipos de porosidade primária. Podemos obter a infiltração potencial através equação 3:

$$I_p = P - ETR \quad \text{[Equação 3]}$$

Onde:

I_p = Infiltração potencial;

P = Precipitação;

ETR = Evapotranspiração real.

Para o sistema cristalino, essa parcela de precipitação contribui para uma recarga potencial, pois nele a infiltração depende das fraturas abertas e do manto intempérico.

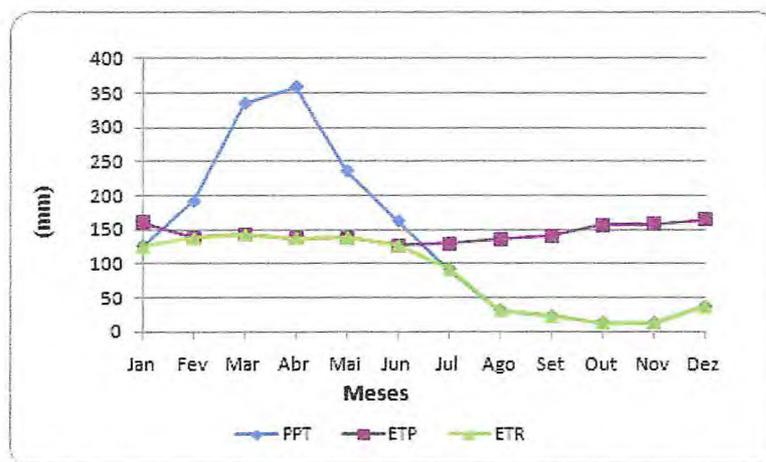
A partir dos dados obtidos da Tabela 01 resultou o gráfico do balanço hídrico (Figura 04) com três variáveis: precipitação (PPT), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR). A precipitação é superior à evapotranspiração real somente durante os meses de janeiro a junho. No segundo semestre, ocorre à elevação das temperaturas, tornando a evapotranspiração potencial superior à evapotranspiração real, que está relacionada com a falta da precipitação e, assim, toda a água precipitada é evaporada.

Tabela 01- Média das principais variáveis do balanço hídrico calculado pelo método de Thornthwaite para a área de estudo.

Balanço Hídrico do Município de Fortaleza/CE (1966 – 2010)									
Mês	PPT(mm)	T°C	I	K	ETP(mm)	PPT-ETP	CA	ETR(mm)	Ip(mm)
Jan	125,3	27,4	12,82835	1,06	159,9	-34,61	0,0	125,3	0,0
Fev	191,1	27,1	12,61824	0,95	137,6	53,51	56,51	137,6	0,0
Mar	334,4	26,7	12,33991	1,04	142,5	191,85	100,0	142,5	191,9
Abr	358,7	26,7	12,33991	1,00	137,1	221,64	100,0	137,1	221,6
Mai	235,7	26,6	12,27065	1,02	137,9	97,83	100,0	137,9	97,8
Jun	161,9	26,2	11,99491	0,99	126,5	35,39	100,0	126,6	35,4
Jul	91,1	26,1	11,92630	1,02	128,5	-37,41	65,1	91,9	0,0
Ago	31,2	26,4	12,13252	1,03	135,4	-104,19	0,0	31,2	0,0
Set	22,0	26,9	12,47882	1,00	140,9	-118,91	0,0	22	0,0
Out	12,1	27,3	12,75819	1,05	156,3	-144,17	0,0	12,1	0,0
Nov	11,6	27,5	12,89864	1,03	157,5	-145,90	0,0	11,6	0,0
Dez	36,1	27,6	12,96906	1,06	164,3	-128,18	0,0	36,1	0,0
Total	1611,2		149,5555		1724,3			1011,9	546,7

Fonte: Estação Meteorológica do Campus Pici /UFC, 2011

PPT- precipitação pluviométrica; T- Temperatura; I- infiltração; K- fator de correção que depende da latitude do lugar; ETP- evapotranspiração potencial; CA- capacidade de armazenamento; ETR- evapotranspiração real; Ip- infiltração potencial



Fonte: Estação Meteorológica do Campus Pici /UFC, 2011
 Figura 04: Balanço Hídrico 1966 a 2010.

4.4. VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal desempenha um papel importante, pois diminui o escoamento imediato, permitindo ao solo uma absorção e infiltração lenta e eficiente. A área em estudo encontra-se no Complexo Vegetacional Litorâneo, onde se destacam a vegetação em dunas e os mangues.

O Complexo Dunas compreende a região da planície litorânea com relevo acidentado e razoavelmente ondulado, conforme a sua tipologia vegetal, recebe a denominação de dunas móveis (isenta de flora), dunas semi-fixas (com flora arbustiva dispersa) e dunas fixas (com espécies arbóreas e arbustivas agrupadas).

Em geral as principais espécies fixadoras das Dunas, de acordo com Brandão *et al.* (1995), são *Cyperus maritimus* (tiririca), *Paspalum maritimum* (gengibre), *Indigofera microcarpa* (anil), *Remirea maritima* (cipó-da-praia), *Blutaparon portulacoides* (bredinho), *Byrsonima crassifolia* (murici), *Chrysobalanus icaco* (guajiru), *Jatropha pohliana* (pinhão) bem como diversas cactáceas como *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Pilosocereus* sp. (facheiro), *Ipomea pés-caprae* (salsa-da-praia), *Anacardium occidentale* (cajueiro), *Caesalpinia férrea* (jucá) e *Opuntia* sp. (cacto), onde fixam boa parte das pequenas dunas comuns na região do pós-praia (Figura 05).



Figura 05: Exemplo de vegetação da área, *Anacardium occidentale* (cajueiro). Coord.: 565199/9576812 (Agosto/2011).

O termo mangue aplica-se as espécies halófitas de árvores que se desenvolvem em ambientes salinos, a vegetação localiza-se fundamentalmente na desembocadura do

rio Pacoti (Figura 06) e é representada pelas espécies *Rhizophora mangle* (“mangue vermelho”), *Laguncularia racemosa* (“mangue branco”), *Avicenia racemosa* (“mangue siriúba”) e *Conocarpus erectus* (“mangue ratinho”) (HORN FILHO et. al., 2010).



Figura 06: Mangue do Rio Pacoti, limite noroeste da área de pesquisa. Coord.: 564617/9577169 (Agosto/2011)

4.4 GEOLOGIA/GEOMORFOLOGIA

Geologicamente falando, através de observações realizadas em campo, a área de estudo é representada litoestratigraficamente por sedimentos do período Cenozóico de idade Tércio/Quaternário, representados pela Formação Barreiras, Dunas/Paleodunas e depósitos Flúvio-Aluvionares (Tabela 02).

Tabela 02- Resumo geológico da área de pesquisa

C E N O Z Ó I C O	QUATERNÁRIO	UNIDADE GEOLÓGICA		DESCRIÇÃO
		Qa	Depósitos Flúvio-Aluvionares	Areia, cascalho, silte e argila, com ou sem matéria orgânica.
		Qd	Dunas	Areias esbranquiçadas bem selecionadas, de granulação fina a média, quartzosa, de grãos bem arredondados, com níveis de minerais pesados como a ilmenita.
	TERCIÁRIO	Tb	Formação Barreiras	Intercalações de sedimentos areno-silto-argilosos, contendo na base níveis conglomeráticos, apresentando uma coloração avermelhada, creme ou amarelada, de aspecto mosqueado.

FONTE: GUERRA JÚNIOR, 2005

❖ Dunas

Seguindo a seqüência lito-estratigráfica da área, os sedimentos quaternários das dunas estão depositados sobre as rochas da Formação Barreiras e representam uma unidade constituída por sedimentos inconsolidados, removidos da superfície da praia, formando acumulações dunares que se distribuem em forma de um cordão contínuo, disposto paralelamente à linha de costa. Esses depósitos estão situados em toda faixa costeira da área de estudo, só sendo interrompido pela presença de planícies fluviais e flúvio-marinhas, caracterizadas na área através da planície do rio Pacoti, da foz do rio Catu (SILVA, 2000).

As referidas dunas são caracterizadas pela ausência de vegetação e pela presença de um revestimento vegetal pioneiro que contribui para atenuar o efeito da dinâmica eólica.

❖ Formação Barreiras

Os sedimentos Barreiras repousam discordantemente sobre a superfície irregular do embasamento pré-cambriano e se apresentam sotopostos aos sedimentos eólicos representados pelas dunas e paleodunas.

Litologicamente, essa seqüência é constituída por sedimentos areno-argilosos pouco litificado, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, com granulação variando de fina a média, contendo intercalações de níveis conglomeráticos. Segundo Braga et al. (1981) *apud* Silva (2000), na porção onde domina a granulação fina a média podem ser encontrados horizontes mais argilosos com concentrações de óxidos de ferro, crosta de lateritas, ou ainda, seixos imaturos, flutuantes na matriz, os horizontes lateríticos não têm cotas definidas, mas comumente estão associados aos níveis de percolação das águas subterrâneas.

❖ Depósitos Flúvio-Aluvionares

Estes depósitos representam as últimas rochas de natureza quaternária (Qa) e são formados por sedimentos fluviais, lacustres ou estuarino recentes, representados basicamente por areias, cascalho, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica. Nos terrenos onde existem coberturas sedimentares, as planícies de inundação são sempre caracterizadas pelas presenças de material de granulação mais fina, os quais formam depósitos possantes, decorrentes dos sedimentos erodidos da Formação Barreiras e das dunas, resultando no acúmulo de areias finas, siltes e argila.

Na área de estudo, o acúmulo desses sedimentos pode ser presenciado, através de material siltico-argiloso e orgânico que ocorre nas margens do rio Pacoti e partes do rio Catu. Sua abrangência ao longo do referido rio, ocorre até os limites de influência do mar em direção ao continente, propiciando a formação de um ambiente representado por vegetação mista.

Em termos geomorfológicos a Planície Litorânea inclui os campos de dunas, planície de deflação, as praias que acompanham os contornos da linha de costa, possuindo um conjunto de feições morfológicas desenvolvidas pelos mais diversos fatores, tendo os ventos como fator principal e as planícies flúvio-marinhas.

As Dunas são definidas na Resolução CONAMA 303/2002, como uma unidade geomorfológica de constituição predominantemente arenosa, com aparência de cômoro ou colina, produzida pela ação dos ventos, situada no litoral ou no interior do continente, podendo estar recoberta, ou não, por vegetação.

As planícies de deflação são superfícies planas, ou ligeiramente inclinadas, que se estendem desde o limite de maré alta, até a base do campo de dunas. Segundo

SEMACE/LABOMAR (2005), nestas superfícies, relativamente plana, predomina a remoção de sedimentos pelos processos eólicos, com formação de dunas e feições residuais, que se estabiliza e começa a desenvolver a vegetação pioneira, constituída de gramíneas adaptadas às condições de praia.

De acordo com SEMACE/LABOMAR (2005), as feições mais comuns nas planícies de deflação são (Figura 07):

- ✓ *Blowouts* – cavidades, depressões ou calhas dentro da planície costeira.
- ✓ *Rebdous* - elevação de areia (metros) que se forma em torno um arbusto ou pequena árvore, morro dunar.



Figura 07: Exemplo de feições mais comuns em dunas. *Rebdous* (B) e *Blowouts* (A).

Coord.: 570275/9570011(Agosto/2011).

As praias são áreas cobertas e descobertas pelas águas do mar, acrescidas de materiais detríticos (areias, cascalhos, pedregulhos), até o limite onde se inicia a vegetação natural ou outro ecossistema, como por exemplo, os estuários dos rios, onde são comuns arenitos de praia (*beach rocks*). Seu limite superior é marcado principalmente por bermas, com o aparecimento da vegetação pioneira nas planícies de deflação, dunas ou falésias (SEMACE/LABOMAR, 2005).

As planícies flúvio-marinhas são as planícies planas de um estuário, que se situam entre o nível da maré baixa e o nível da maré alta, sofrendo assim maiores

influências marítimas. Segundo a resolução COEMA 02/2002, no litoral cearense as porções mais baixas são cobertas pelo menos duas vezes por dia de água salgada e as porções mais altas são atingidas pelas preamares de sizígia, somente inundadas em intervalos de quinze dias.

4.5 SOLOS

As classes de solos para toda a área referem-se aos setores das planícies litorâneas e flúvio-marinha. O primeiro setor está representado pelos Neossolos Quartzarênicos distróficos e marinhos, enquanto que o segundo é envolvido por solos halomórficos, constituídos por Planossolos Nátricos e solos indiscriminados de mangues. A classificação dos solos foi fundamentada através de informações fornecidas por BRANDÃO *et al.* (1995), com nomenclatura atualizada segundo EMBRAPA (2010).

Os neossolos quartzarênicos distróficos são distribuídas nos terrenos pré-litorâneos, essas areias foram desenvolvidas a partir do retrabalhamento dos sedimentos da Formação Barreiras e, por vezes, estão associadas às areias marinhas e argissolo vermelho amarelo distrófico. Compreendem solos profundos ou muito profundos com seqüência de horizonte A-C, excessivamente drenados, possui baixa fertilidade natural, com grãos simples e baixos teores de argila (15%).

Já os neossolos quartzarênicos marinhos estão situadas na planície litorânea, na faixa costeira compreendida pelos campos de dunas, constituindo uma estreita área que acompanha paralelamente a linha de costa e às vezes interrompida por rios e/ou canal. É composta por solos de baixa fertilidade, excessivamente drenados, apresentando seqüência de horizonte A-C. Em geral o horizonte A, fracamente desenvolvido, apresenta textura arenosa e coloração cinza escura a muito escuro. O horizonte C, com características semelhantes ao A, exibe coloração mais clara, geralmente cinza-clara a bruno-amarelado. São solos que apresentam fortes limitações para o uso agrícola.

Os solos halomórficos, que constituem a segunda classe de solos da área, estão representados pelos planossolo nátrico e solos indiscriminados de mangues. Ocorrem na zona costeira, mais precisamente nos locais próximos à foz dos rios e ao longo dos seus cursos, até onde se faz sentir a influência das marés. Na área de pesquisa, esses solos

ocorrem nas adjacências da desembocadura do rio Pacoti e também em setores da planície aluvial (baixo curso) afetados pela maré cheia.

Os planossolos nátricos mostram horizontes bem diferenciados, normalmente rasos a mediamente profundos, imperfeitamente ou mal drenado, com reação moderadamente ácida a praticamente neutra, muito suscetível a erosão, com seqüência de horizontes A, Bt e C. Sua utilização agrícola é bastante limitada pelo excesso de água na estação chuvosa, e deficiência na época seca, além do alto teor de sódio.

Com características de ocorrências semelhantes aos planossolo nátricos, os solos indiscriminados de mangues possuem cobertura vegetal típica e são formados sob condições de excesso de água do mar. Na área de estudo, ocorrem nas proximidades da desembocadura do rio Pacoti.

5. METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia aplicada abrange uma diversidade de atividades que foram direcionadas no sentido de facilitar o desenvolvimento do trabalho e consta basicamente em seis etapas redigidas a seguir:

5.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento bibliográfico constou na obtenção de trabalhos com conhecimento na área de geologia, hidrogeologia e qualidade de águas, referente à zona costeira da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), dentre esses estão às resoluções CONAMA e COEMA, relatórios de graduação, dissertações e teses, como também revistas científicas de Geologia. Foi realizada também uma pesquisa junto aos órgãos públicos, tais como CPRM (Serviço Geológico do Brasil) / SIAGAS (Sistema de Informação de Águas Subterrâneas), FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará), SRH (Secretaria de Recursos Hídricos), GEOPLAM Consultoria SS LTDA que forneceu estudos de EIA/RIMA da área de pesquisa e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) com dados sócioeconômicos do município, a fim de aprimorar os conhecimentos característicos da região, ajudando também na elaboração de bases preliminares de trabalho.

5.2 ATUALIZAÇÃO DO CADASTRO DE POÇOS

Nesta etapa foi atualizado o cadastro de poços tubulares existentes na área de estudo através das informações fornecidas pela CPRM dentro do banco de dados SIAGAS/2011. Esta etapa teve por objetivo checar e/ou atualizar “*in situ*” as diversas informações contidas nas fichas técnicas, completando as lacunas sem dados, e na medida do possível, levantar novas informações junto às comunidades locais, tais como nome do atual proprietário, ano da perfuração, profundidade do poço, quanto ao uso da água captada e principalmente quanto a sua situação (Apêndice A).

Na localidade do Porto das Dunas foram cadastrados 102 poços tubulares e na Prainha 62 poços, sendo posteriormente registrados 14 novos poços, dentre eles, 9 poços tubulares e 5 poços escavados (cacimbas), totalizando 177 poços, sendo, 105 localizados no Porto das Dunas e 72 poços na Prainha.

5.3 ELABORAÇÃO DE BASES TEMÁTICAS

Inicialmente foram integradas as informações obtidas nas fases anteriores com o objetivo de elaborar um arquivo de dados integrando as diversas informações sobre os poços, como: data de perfuração, situação das obras de captação das águas, finalidade, medidas hidrogeológicas (pH, CE, STD, T°C, nível estático, vazão) entre outros, dando a estes um tratamento estatístico utilizando planilhas eletrônicas e gerando-se bases para a execução do trabalho.

Posteriormente foram confeccionados mapas preliminares com os poços do cadastro, convertidos para escala de trabalho adequada à finalidade. As bases foram geradas pelo programa de sistema integrado de georreferenciamento.

5.4 ETAPA DE CAMPO

Esta etapa constou de duas fases, com a primeira tendo como objetivo verificar a acuracidade dos dados obtidos anteriormente e, ainda, complementar e/ou adicionar novos dados. A segunda fase objetivou a coleta das amostras de água para análises laboratoriais.

- Primeira fase

Esta fase ocorreu entre os meses de julho e agosto de 2011, com 34 poços selecionados para visitas (Apêndice C), tendo como base o cadastro dos 177 poços obtido na CPRM/SIAGAS e os critérios foram: distribuição espacial, para representar bem a área, e poços que possuíam mais informações possíveis. Foram realizados levantamentos e atualizações dos dados de profundidade, localização, coordenadas geográficas, atual proprietário, medidas de pH, condutividade elétrica (CE), temperatura (T°C), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), salinidade, medição de nível estático (quando possível), situação das obras de captação, uso e registro fotográfico. Os equipamentos utilizados para tais fins foram GPS (GARMIM), condutímetro METTLER TOLEDO GmbH, medidor de pH modelo MA 522/P e medidor de nível de água eletro-sonoro (Solinst – 50m).

- Segunda fase

Esta segunda fase constou em coletar amostras dos 16 poços escolhidos (Apêndice D), dentre os 34 poços visitados, para análises, 08 localizados no Porto das Dunas e 08 na Prainha. Esta fase ocorreu na última semana do mês de agosto e levou em

consideração critérios pré-estabelecidos sendo eles: representatividade dos poços na área, facilidade de acesso ao poço, água direcionada para consumo humano, número de pessoas abastecidas, poços que possuíssem dados de perfil construtivo, poços instalados e ativos e que estes estivessem próximos à fontes de poluição.

5.5 COLETA E ANÁLISE DE AMOSTRAS

A coleta das amostras foi feita em garrafas de plástico (para analisar nitrato, nitrito e cloreto) e frascos de vidro para análise da amônia, os reagentes foram adicionados imediatamente após a coleta em campo e as amostras, com os reagentes, foram mantidas ao abrigo da luz até a chegada no laboratório para a leitura da absorbância à 630nm.

Os parâmetros escolhidos para análises foram: nitrato, nitrito, amônia e cloretos, com a intenção de saber como estão às águas subterrâneas da área de estudo, sabendo que não há a distribuição de água tratada, a população se abastece nos poços onde encontram água subterrânea, contudo a área também é desprovida de saneamento básico, pondo em risco a saúde da população com poluição por nitrato.

As análises físico-químicas das águas foram realizadas no Laboratório de Geoquímica Ambiental do Departamento de Geologia do Centro de Ciências da UFC.

5.6 TRATAMENTO E INTEGRAÇÃO DOS DADOS

Para o tratamento e integração dos dados obtidos nas etapas anteriores, foram montados planilhas e gráficos, cujo cadastro dos poços passou por uma análise comparativa de dados de maneira que algumas informações foram alteradas e atualizadas, como, coordenadas, valores físicos (pH, STD, CE, T°C), e situação de uso.

Foi usado também o Surfer (versão 10) na elaboração de mapas de isovalores e SIG na obtenção de mapas dos sistemas hidrogeológicos e distribuição dos poços. Na tentativa de fazer uma avaliação espacial do comportamento dos principais parâmetros físicos e químicos, foram construídos mapas de isolinhas baseados nos valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Condutividade Elétrica (CE), pH, nitrato, nitrito e amônia.

O tratamento geoestatístico, mediante krigagem de dados, possibilitou tornar mais precisa a interpolação da variável, permitindo a obtenção do mapa de isolinhas, através da organização dos dados por planilhas eletrônicas.

6. HIDROGEOLOGIA

Neste capítulo serão abordadas as características dos sistemas hidrogeológicos (Apêndice B) existentes na área, enfocando tipos de sistema aquífero, ocorrência, recarga, espessuras e propriedades hidrodinâmicas.

6.1 SISTEMA AQUÍFERO DUNAS

Esse sistema é constituído pelos depósitos quaternários (dunas) que se encontram distribuído em uma faixa contínua paralela à linha de costa e ocupam 16,3 km², abrangendo 92,5% da superfície da área estudada (Figura 08).

Litologicamente as dunas são compostas por areias pouco consolidadas, possíveis de ser transportadas pelo vento, e extremamente homogêneas, tornando a perfuração mais rápida e menos onerosa, apresenta textura de grãos (predominantemente quartzo) subarredondados a arredondados, possuindo granulometria de fina à média e diâmetro efetivo predominando entre 0,15 e 0,25 mm e espessura entre 10 a 30 m (CAVALCANTE, 1998). Neste sistema os níveis da água subterrânea apresentam pouca profundidade, tornando possível o bombeamento com pequenos recalques e tem por característica a ausência de silte e argila, mas podem ocorrer ocasionalmente intercalações de níveis siltico-argilosos a argilosos, oriundos da variação de energia de deposição dos clastos.

O Aquífero Dunas apresenta um excelente potencial hidrogeológico, representando um aquífero livre, com espessuras saturadas oscilando entre 3,0 e 10,0 metros, nível estático normalmente sub-aflorante nas áreas de descarga, atingindo em média 4,0 m e suas vazões chegam a 12 m³/h (Poço nº106 – Prainha – Apêndice A), como podemos ver na Figura 09.

Suas águas são captadas por poços tubulares rasos com profundidades em torno de 15 m, perfurados, normalmente, em 10” e revestidos em 6” ou 4”, produzindo uma vazão média de 6,0 m³/h. Possui como característica básica uma dupla função hidrogeológica, refletida no funcionamento do sistema como aquífero principal e aquífero de transferência do potencial hídrico, para unidades sotopostas, a exemplo da Formação Barreiras (CAVALCANTE, op. Cit.).

Graça à sua boa permeabilidade, o Sistema Aquífero Dunas está no topo do aquífero das rochas sedimentares e seu manancial é abastecido por águas fluviais, por causa da sua elevada porosidade (entre 30 e 45 %) e moderada permeabilidade (entre 10^{-4} e 10^{-6} m/s), esses sedimentos formam aquíferos onde existe espessa camada saturada (RIBEIRO, 2001).

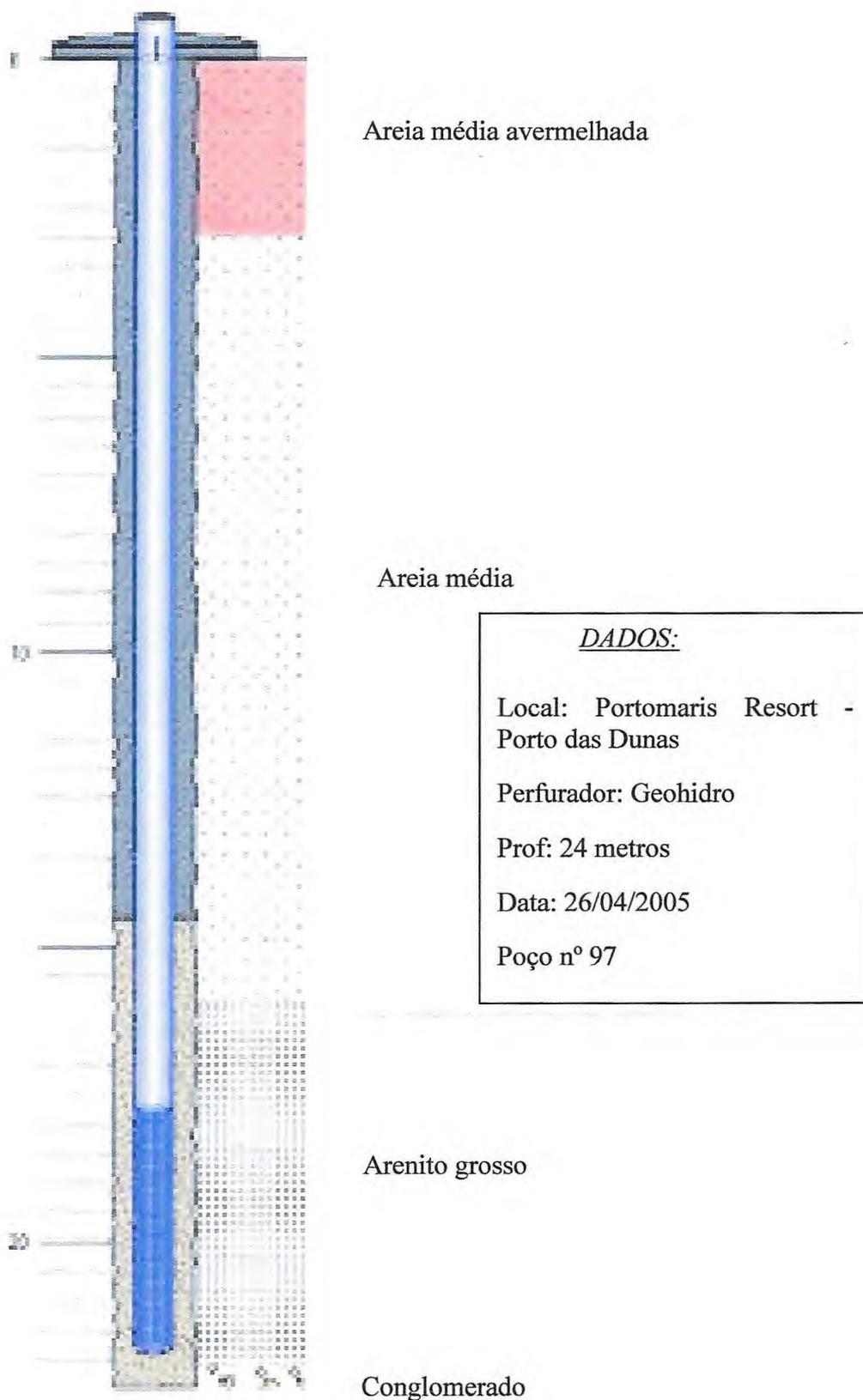
A recarga desse sistema é feita ao longo das faixas que ocupam as áreas mais elevadas, fazendo-se por infiltração pluvial ou através da superfície por águas superficiais (Rio Pacoti e Lagoa do Catu) que também recebem água na época de chuvas e repassam para o sistema quando este tem suas águas rebaixadas.

Embora possa constituir bom armazenador de água subterrânea, devido os elevados coeficientes de condutividade hidráulica ($5,87 \times 10^{-4}$ cm/s) e transmissividade ($9,09 \text{ m}^2/\text{hr}$), esse aquífero é bastante vulnerável à poluição, tornando-se suscetível à contaminação por águas poluídas ou salinizadas (RIBEIRO, 2001).

É característico neste sistema os poços serem rasos (6 a 20 m); entretanto, temos profundidades de poços que chegam a 84 metros de profundidade (Porto das Dunas) a uma distância aproximada de 500 metros do mar; isso ocorre pelo fato de que a área possui um desnível topográfico de aproximadamente 40 metros de altura e por esta ser a zona de recarga deste aquífero, possuindo baixo potencial de água e, conseqüentemente, fazendo com que a perfuração ultrapasse toda a camada de dunas atingindo até o Barreiras, sotoposto (Figura 10).

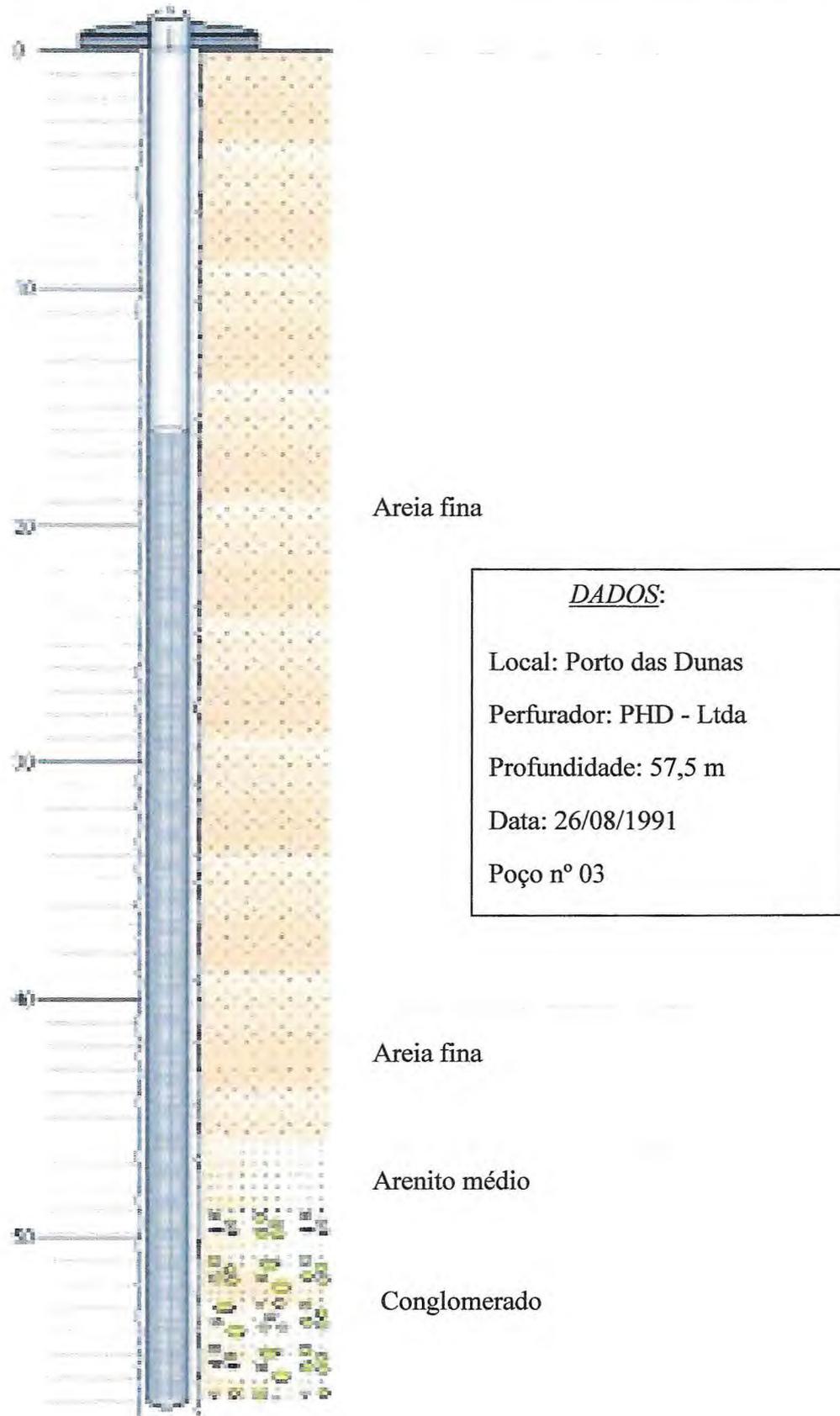


Figura 08: Dunas na localidade do Porto das Dunas, CE-025 (Agosto/2011).



FONTE: SIAGAS/CPRM

Figura 09: Perfil lito-constructivo (metros) – Zona de descarga



FONTE: SIAGAS/CPRM

Figura 10: Perfil Lito-constructivo (metros) – Zona de recarga.

6.2 SISTEMA AQUÍFERO BARREIRAS

Esse sistema aquífero é constituído por sedimentos clásticos terciários, arenitos argilosos, coloração variada com matizes avermelhado, amarelado e cinza esbranquiçado, sua matriz apresenta cimento argiloso, ferruginoso ou silicoso, aparecem níveis lateríticos e está situado logo abaixo dos depósitos eólicos quaternário, corresponde a 0,25 km² (área aflorante), ocupando 2,8% da área de pesquisa.

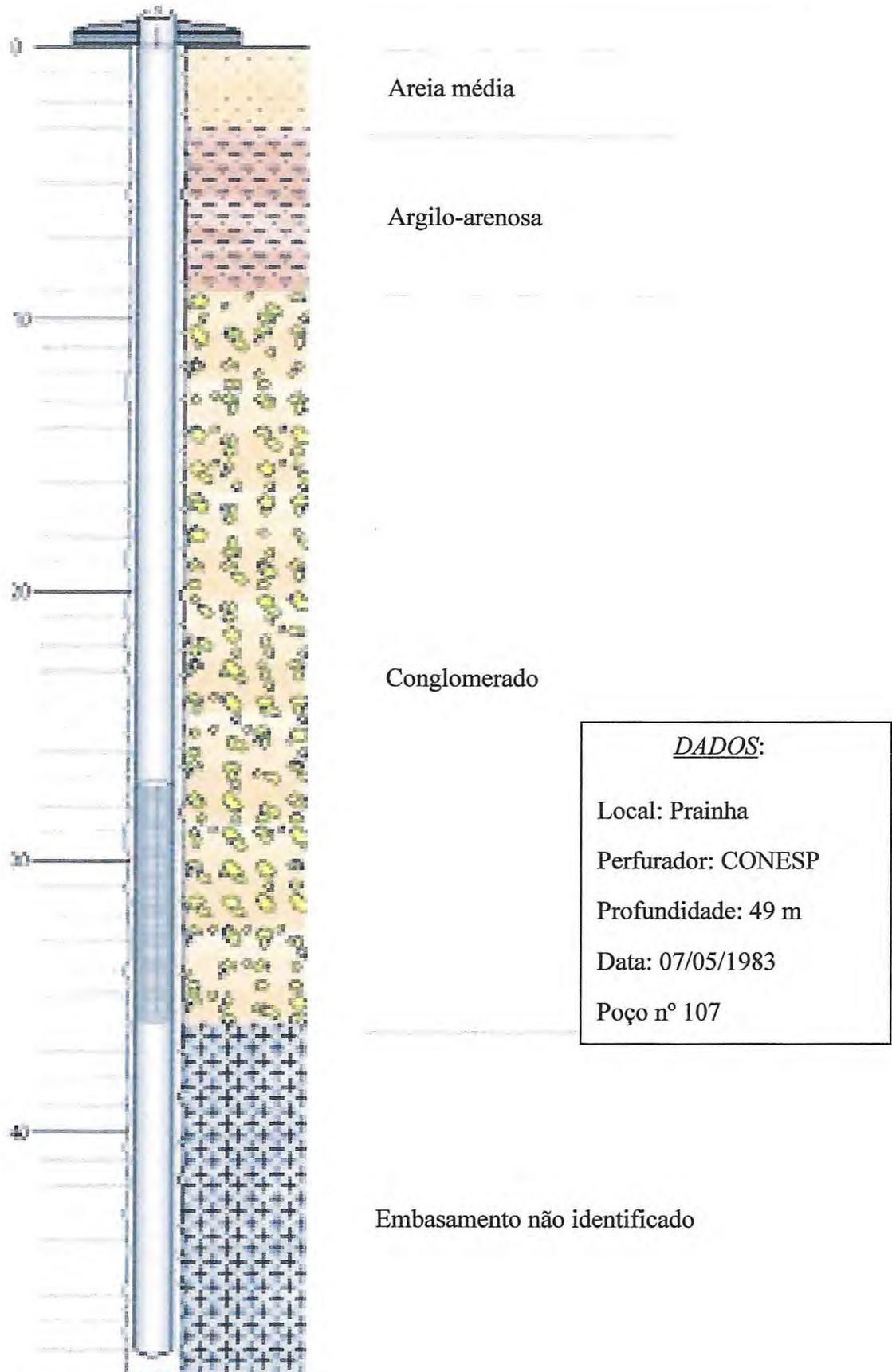
Localmente é um aquífero livre, com características regionais de semi-confinamento em função dos níveis silto-argilosos, tendo como fatores de recarga a precipitação pluviométrica, as drenagens influentes que percolam o contexto e o Sistema Dunas que funciona com dupla função (aquífero e unidade de transferência de água).

Segundo Bianchi *et al.* 1984 (*apud* RIBEIRO 2001) a variação dos constituintes litológicos dessa unidade lhe confere, localmente, reduzidas espessuras saturadas, refletindo assim baixos valores de condutividade hidráulica ($1,8 \times 10^{-6}$ m/s); que além de limitar sua capacidade de armazenamento, reflete as características, localmente, de um aquífero. O nível estático é predominantemente inferior a 15 metros, possui espessura média saturada de 15 metros e suas águas são captadas por poços com profundidades predominando entre 40 - 60 metros (CAVALCANTE, 1998).

As vazões predominantes são inferiores a 2,0 m³/h (40,5%), porém, localmente podem apresentar vazões bem superiores, com máxima de 17,6 m³/h e média de 2,8 m³/h. Existem poços secos (4%) neste contexto, em função dos níveis extremamente siltico-argilosos que ocorrem no sistema.

As maiores potencialidades desse sistema estão localizadas em áreas com maiores espessuras de clásticos, com níveis arenosos e areno-conglomerático, como podemos ver nas figuras 11 e 12, em locais onde o relevo pouco inclinado apresente maiores perspectiva de armazenamento.

Como exutórios tem-se a rede de drenagem effluente, lagoas, evapotranspiração e, ainda, o meio cristalino sotoposto, desde que fraturado e com características que permitam a circulação e o armazenamento d'água.



FONTE: SIAGAS/CPRM

Figura 11: Perfil lito-construtivo (metros) – Zona de recarga.



Figura 12: A) Afloramento da Formação Barreiras com 3 metros de altura, de cor avermelhada, predominantemente arenosos; B) Detalhe do afloramento apresentando seixos espaçados de quartzo, subangulosos. Coord.: 569348/9571771 (Agosto/2011).

6.3 SISTEMA AQUÍFERO ALUVIONAR

As manchas aluvionares são deposições efetuadas no Quaternário, geralmente porosos, comportando-se como aquífero livre, com águas pouco profundas e correspondem a 6,07% da área com 6,07 km².

No geral, o Sistema Aquífero Aluvionar na RMF é permeável, de pequenas e médias espessuras (até 15 m), de granulometria média a fina e nível estático sub-aflorante (inferior a 3 metros), ocorrem margeando o baixo curso do rio Pacoti. São representados por sedimentos, freqüentemente intercalados com níveis argilosos e orgânicos, derivados de uma ação erosiva sobre rochas sedimentares e migração de partículas das zonas de mangue.

A alimentação deste aquífero é dada pelas águas pluviais, com ação direta sobre as áreas aflorantes através da infiltração e ocorre também por inundações fluviais, em função da reduzida profundidade do nível freático, sendo altamente vulnerável a contaminação. Como exutórios tem-se a evapotranspiração e a própria drenagem, em épocas de seca. Na estação chuvosa, é muito comum as faixas aluvionares serem cobertas por água dos rios, pelo extravasamento destes.

O sistema aluvionar apresenta frequentemente intercalações de níveis areno-argilosos e orgânicos, provenientes da ação erosiva sobre rochas sedimentares e migração de partículas das zonas de mangue. As aluviões não são praticamente utilizadas para captação de água na RMF, salvo exceções em comunidades ribeirinhas que as utilizam através de cacimbas, porém não foi cadastrado nenhum poço nesta região.

7. SITUAÇÃO ATUAL E OBRAS DE CAPTAÇÃO

Na área de pesquisa foram cadastradas pelo SIAGAS, 163 fichas de poços tubulares. Em campo, foram, ainda registrados mais 14 novos poços e dentre eles, 9 poços tubulares e 5 poços escavados (cacimba), somando 177 poços, estando, 105 localizados no Porto das Dunas e 72 poços na Prainha (Apêndice A).

Com relação à situação atual dos 177 poços, 158 (89,3%) estão devidamente equipados, 4 poços fechados e 3 abandonados, como podemos ver na Figura 13, isso mostra que 89,3% da população local faz uso da água subterrânea.

Ressaltando-se que a localidade do Porto das Dunas é desprovida de sistema de água encanada, enquanto na Prainha, 1050 imóveis estão ligados a rede de abastecimento da CAGECE, porém a população não consome essas águas devido à incerteza em relação quanto a sua qualidade. O recurso hídrico utilizado pela CAGECE para abastecimento de Aquiraz é retirado do açude Catu.

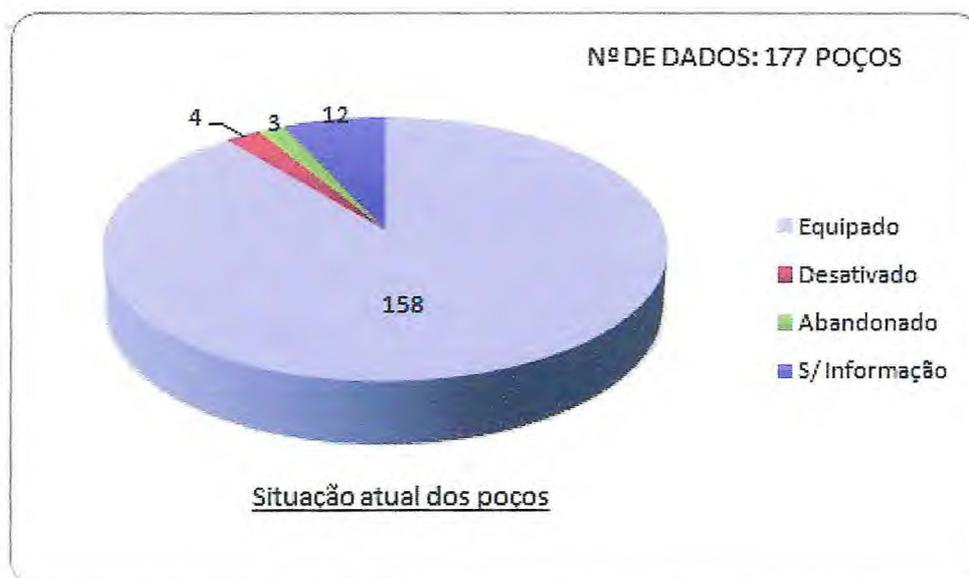


Figura 13: Situação atual dos poços da área de estudo

A desativação dos poços contidos na área se dá pela falta de manutenção das bombas. Exemplo de poço desativado é um chafariz (nº 172) situado na localidade do Alto do Pai Zé (Prainha), tendo em vista que sendo uma área de periferia, onde a população apresenta baixo nível social, problemas relacionados à falta de um saneamento adequado e um crescimento populacional intenso atuando sobre o meio físico de maneira desordenada e sem critérios específicos, os moradores que faziam uso

desde poço, precisaram utilizar um poço particular mais próximo, localizado no Alto do Pai Zé, como serva na Figura 14.



Figura 14: Distância do chafariz desativado (A), para o poço particular (B) (Agosto/2011).

As águas captadas têm as seguintes finalidades: 121 poços (70%) são utilizados para uso doméstico (inclusive consumo humano) e 35 poços (19,8%) para uso múltiplo e 21 poços sem informação (Figura 15).

Sabendo disto, o estudo das águas subterrâneas nesta região é importante, pois este é o meio que a população encontra para obter água para consumo, porém a área é desprovida de saneamento básico obrigando a população fazer uso de fossas sépticas e/ou negras, correndo o risco de contaminação da água subterrânea.

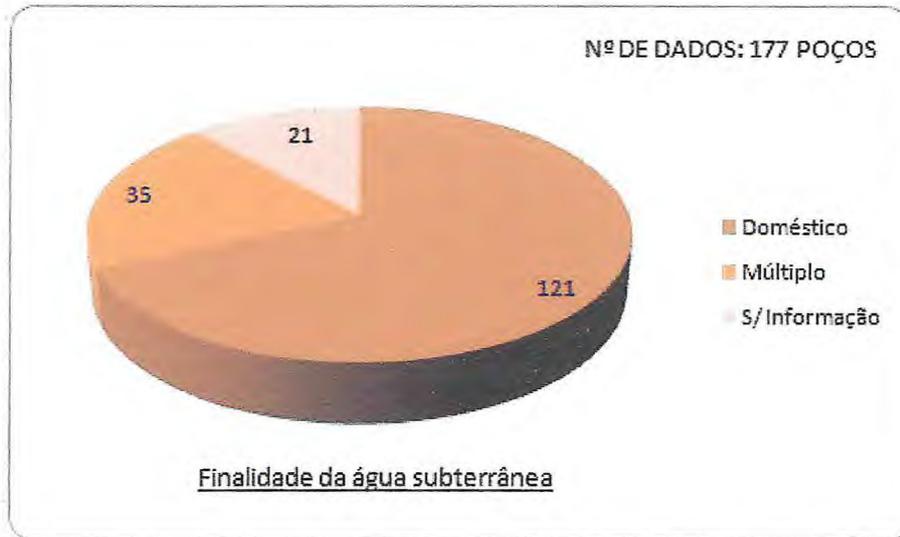


Figura 15: Classificação dos poços quanto à finalidade

Verificando a classificação SRH/CE (2008), são considerados profundos (> 50m) 36,7% dos poços, 20,3% dos poços foram considerados medianamente profundos (> 20 ≤ 50m) e 9,6% foram considerados poços rasos (< 20m), observado na Figura 16.

De acordo com os dados dos poços visitados, há predominância de poços profundos com 67,7% e 32,3% no Porto das Dunas e Prainha respectivamente, ou seja, a maioria dos poços (65 dados) está atingindo tanto o Aquífero Dunas como o Aquífero Barreiras.

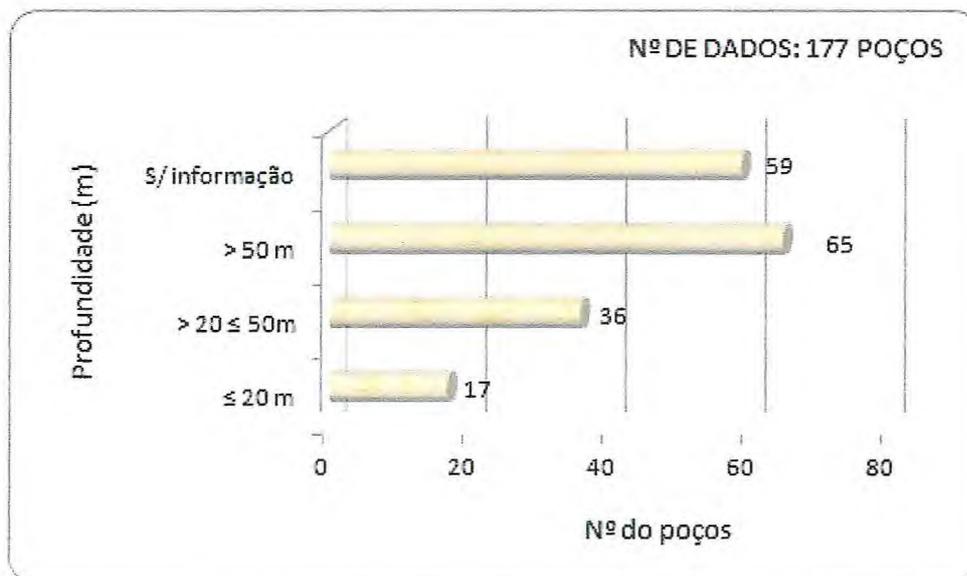


Figura 16: Profundidade dos poços da área de estudo

Na evolução de perfuração observada na Figura 17 podemos dizer que 60 poços (33,9%) apresentam dados de construção, abrangendo o período de 1977 a 2011, observando que a construção de poços na região vem aumentando desde a década de 90, isso se pelo fato de que o interesse do ramo imobiliário/hoteleiro na área vem crescendo, por causa das belas paisagens e opções de divertimento.

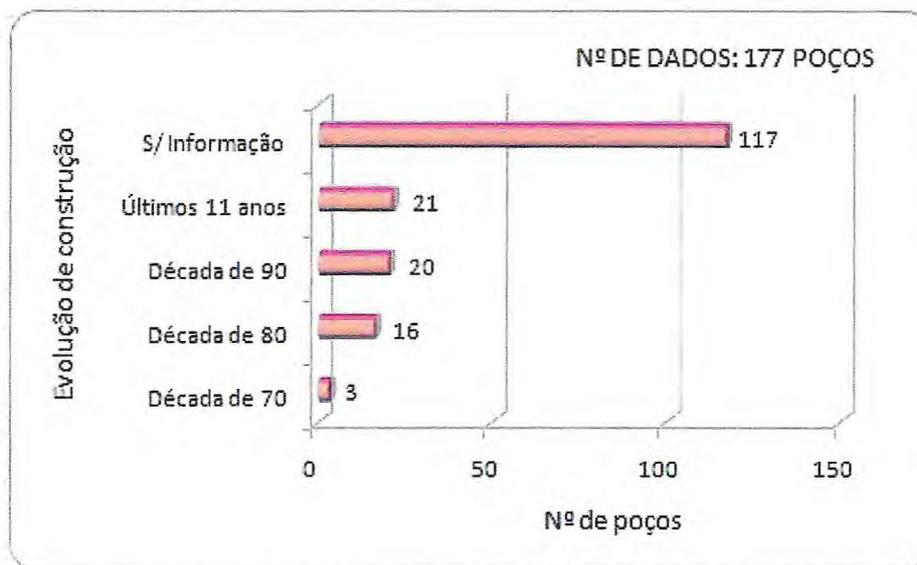


Figura 17: Evolução dos poços da área de estudo

Quanto as vazões dos 177 poços, 20,4% são inferiores a $5\text{m}^3/\text{h}$, 1,7% ficam entre 5 e $10\text{m}^3/\text{h}$, apenas um dado apresenta vazão superior a $10\text{m}^3/\text{h}$ e 77,4% poços não possuem dados. Observam na Figura 18 que na área de estudo há uma predominância de vazões inferiores a $5\text{m}^3/\text{h}$.

Quanto ao nível estático dos 177 poços, de acordo com o cadastro 2,8% possuem a profundidades inferiores a 5 metros, 1,1% estão entre 5 e 10 metros, 2,8% encontram-se a profundidades superiores a 10 metros e 95,5% estão sem informação (Figura 19). Não foi possível a verificação do nível estático dos poços visitados devido estes estarem tampados (cimentados).

De acordo com as informações das vazões (40 dados), verifica-se uma variação de 0,5 a $8\text{m}^3/\text{h}$, predominando vazões inferiores a $5\text{m}^3/\text{h}$ (90%), que estão correlacionados a poços profundos e medianamente profundos. Em relação ao nível estático há somente 12 dados, com mínimo de 0,6 m no poço nº 106 (Prainha), a uma profundidade de 49 m e máximo de 32 m no poço nº 3 (Porto das Dunas) a uma profundidade de 60 m.

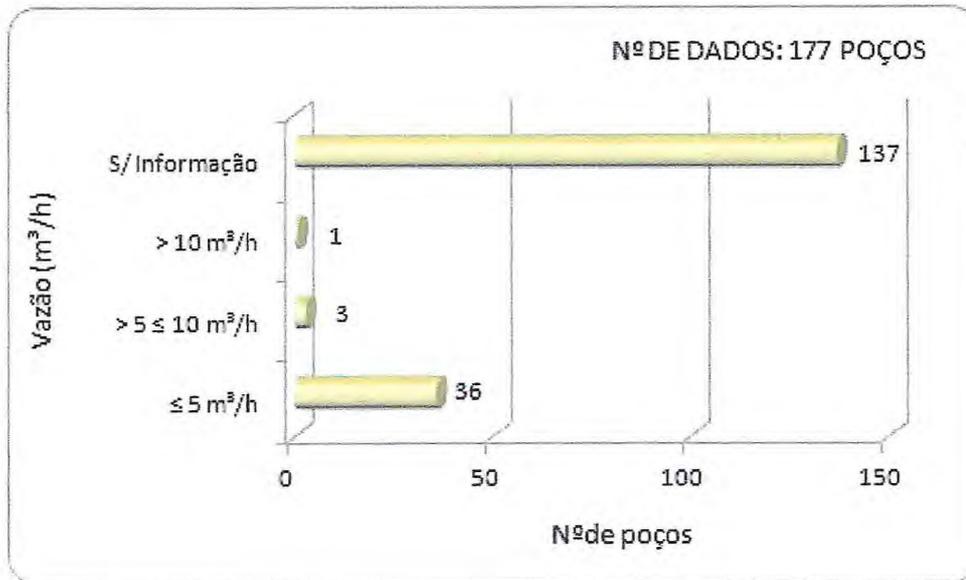


Figura 18: Vazão dos poços da área de pesquisa

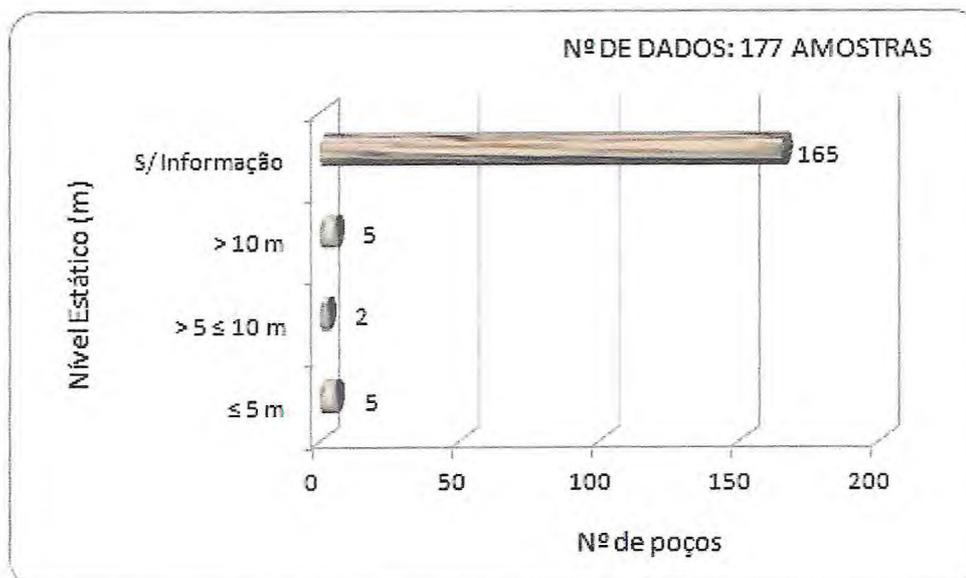


Figura 19: Nível Estático dos poços da área de pesquisa

8. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

1. Apesar de termos a impressão de que a água está desaparecendo, a quantidade da água na Terra é praticamente invariável há centenas de milhões de anos. Ou seja, a quantidade de água permanece a mesma e o que muda é a sua distribuição e seu estado.

A água somente passa a ser perdida basicamente para o consumo graças à poluição e à contaminação, fatores que irão dificultar a reutilização, causando a redução do volume de água aproveitável da Terra (CAJAZEIRAS & OLIVEIRA, 2004).

Segundo o PDDU/CEARÀ (1998) (*apud* CAJAZEIRAS & OLIVEIRA, 2004), nas águas subterrâneas inexistem problemas maiores pertinentes à qualidade físico-química, porém, no aspecto bacteriológico a construção de poços sem critérios definidos e em locais inadequados coloca em risco todo manancial hídrico subterrâneo, na medida em que cria um meio direto de conexão entre águas mais rasas, com maior probabilidade de estarem contaminadas por bactérias, com águas profundas, mais protegidas e menos vulneráveis.

Este problema é mais comum na faixa litorânea como, por exemplo, no Porto das Dunas e Prainha, onde a falta da rede de esgoto leva à contaminação do solo pela presença de muitas fossas.

Os parâmetros físicos de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD) e pH, citados a seguir, estão relacionados aos 34 poços visitados em campo (Apêndice C).

8.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)

A condutividade elétrica é a medida da facilidade que um fluido tem de conduzir corrente elétrica, estando diretamente proporcional à sua concentração de sais dissolvidos sob forma de íons.

Nas águas subterrâneas da área de pesquisa, os valores obtidos variam entre 68 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (nº 80 – Porto das Dunas) e 1072 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (nº 158 – Prainha) observado na Figura 20. Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica

da água, e este número vai depender da concentração total das substâncias dissolvidas e ionizadas e da temperatura na qual a medida foi realizada (GOMES, 2006).

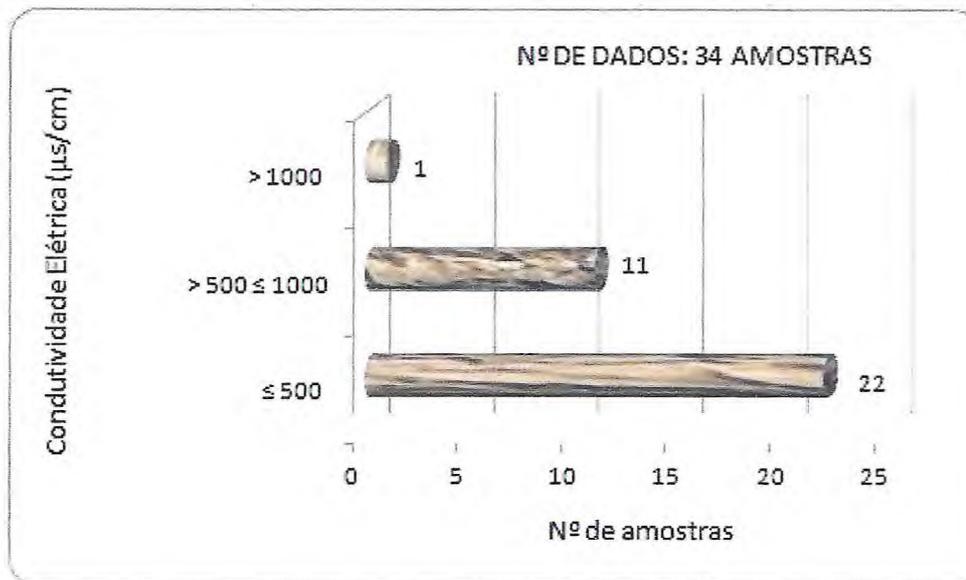


Figura 20: Condutividade Elétrica das águas subterrâneas da área

De acordo com a Figura 20, há uma predominância da condutividade elétrica menor ou igual a 500 µS/cm, dentre essas 22 análises, 14 estão localizadas no Porto das Dunas (63,6%), que por sua vez, possui maior número de poços com profundidades superior a 50 m (7 poços), em relação à Prainha com 3 poços profundos e 08 análises. Observa-se que quanto maior a profundidade dos poços, menor a concentração de condutividade elétrica nas águas.

Na Tabela 03 constam dados de alguns íons presentes nas águas subterrâneas, a partir das análises dos 16 poços amostrados, mostrando uma correlação gradativa com a condutividade elétrica.

Tabela 03 – Concentrações dos íons analisadas nas águas subterrâneas

ANÁLISES QUÍMICAS				
Nº do poço	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)
1	14	2	15	46
31	14	2	30	34
80	4	2	25	38
86	39	6	79	112
96	39	4	39	50
110	72	4	261	180
114	57	14	99	90
131	39	11	69	74
142	32	9	59	74
158	104	11	44	276
161	79	20	59	104
165	7	2	35	38
167	11	2	20	28
169	64	11	99	120
170	50	9	113	82
178	22	4	44	52

Legenda: Na⁺ - Sódio; K⁺ - Potássio; HCO₃⁻ - Bicarbonato; Cl⁻ - Cloreto

Podemos observar na Figura 21, que as altas concentrações da condutividade elétrica na região sudeste da área de pesquisa (Prainha), ocorrem devido aos elevados teores dos elementos de sódio, bicarbonato e cloreto, enquanto a condutividade das águas do Porto das Dunas possui apenas uma elevada concentração pontual no poço nº 96, ressaltando que esse poço possui 60 m de profundidade à aproximadamente 40 m do mar. Existe a condição potencial de interferência da cunha salina, em função direta desta profundidade e da proximidade a linha de costa.

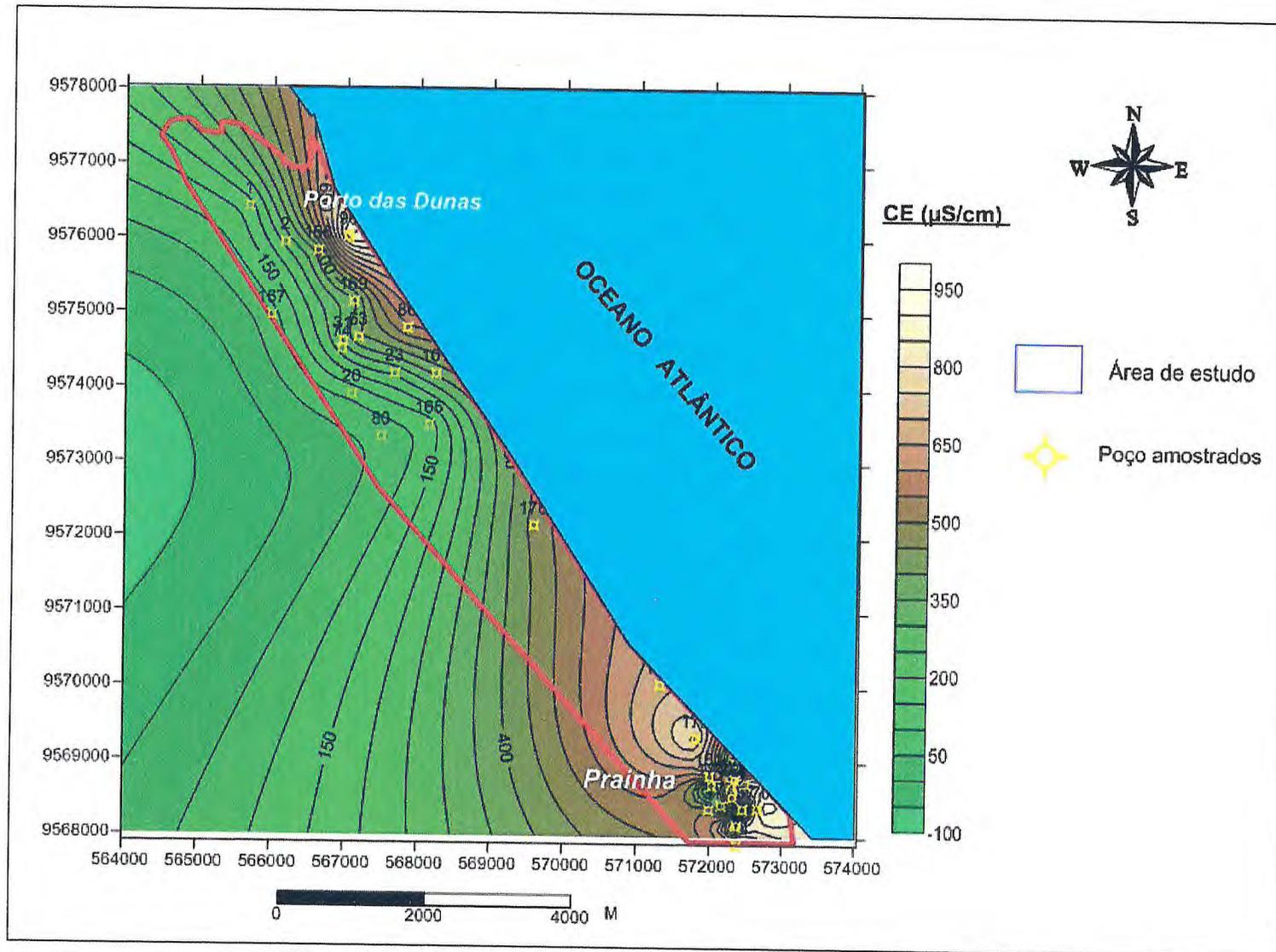


Figura 21: Curvas de isovalores para Condutividade Elétrica (CE)

8.2 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

Os STD são definidos como a concentração total dos constituintes minerais presentes na água por unidade de volume, volátil ou não e pode ser calculada através da medida de condutividade elétrica, multiplicada por um fator que varia entre 0,55 e 0,75, que fornece uma boa estimativa do STD de uma água subterrânea. Segundo o padrão de potabilidade da Portaria nº 518/2004 OMS, o limite máximo permissível de STD na água para consumo humano é de 1000 mg/L.

Os valores de STD das águas subterrâneas da área estudada, variam entre 34,2 mg/L (nº 80 – Porto das Dunas) e 536 mg/L (nº 158 – Prainha), observado na Figura 22. De acordo com a figura, há uma predominância de STD menor ou igual a 500 mg/L, verificou-se que estes resultados estão relacionados a profundidade dos poços, ou seja, quanto maior a profundidade dos poços, menor a concentração de STD nas águas. As águas em relação a este parâmetro estão dentro dos padrões de potabilidade para consumo humano.

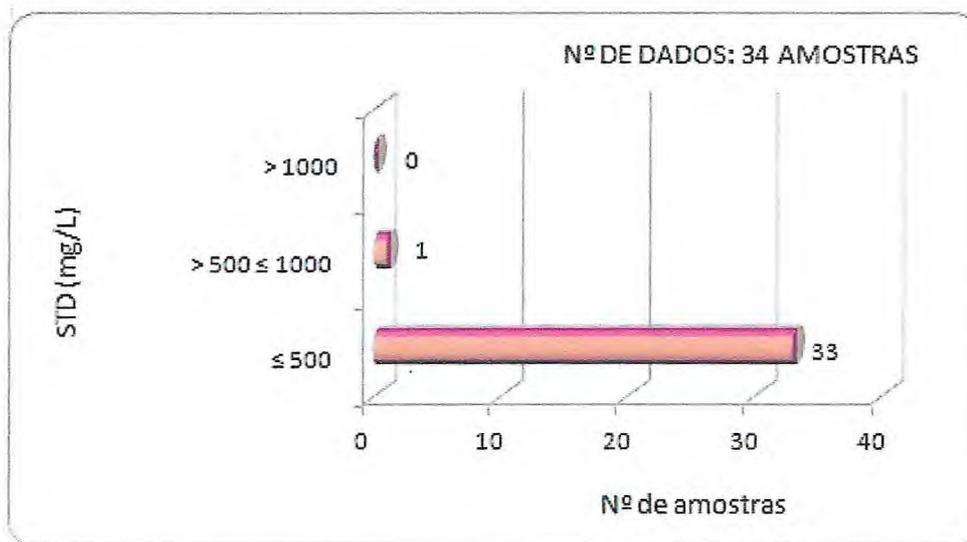


Figura 22: Sólidos Totais Dissolvidos (STD) nas águas subterrâneas da área

Na Figura 23 podemos observar que as altas concentrações do STD permanecem na região sudoeste da área de pesquisa (Prainha) e acontece pelo elevado teor dos elementos de sódio, potássio, bicarbonato e cloreto, enquanto o STD das águas do Porto das Dunas (situada na região Nordeste) possui apenas uma elevada concentração pontual no poço nº 96.

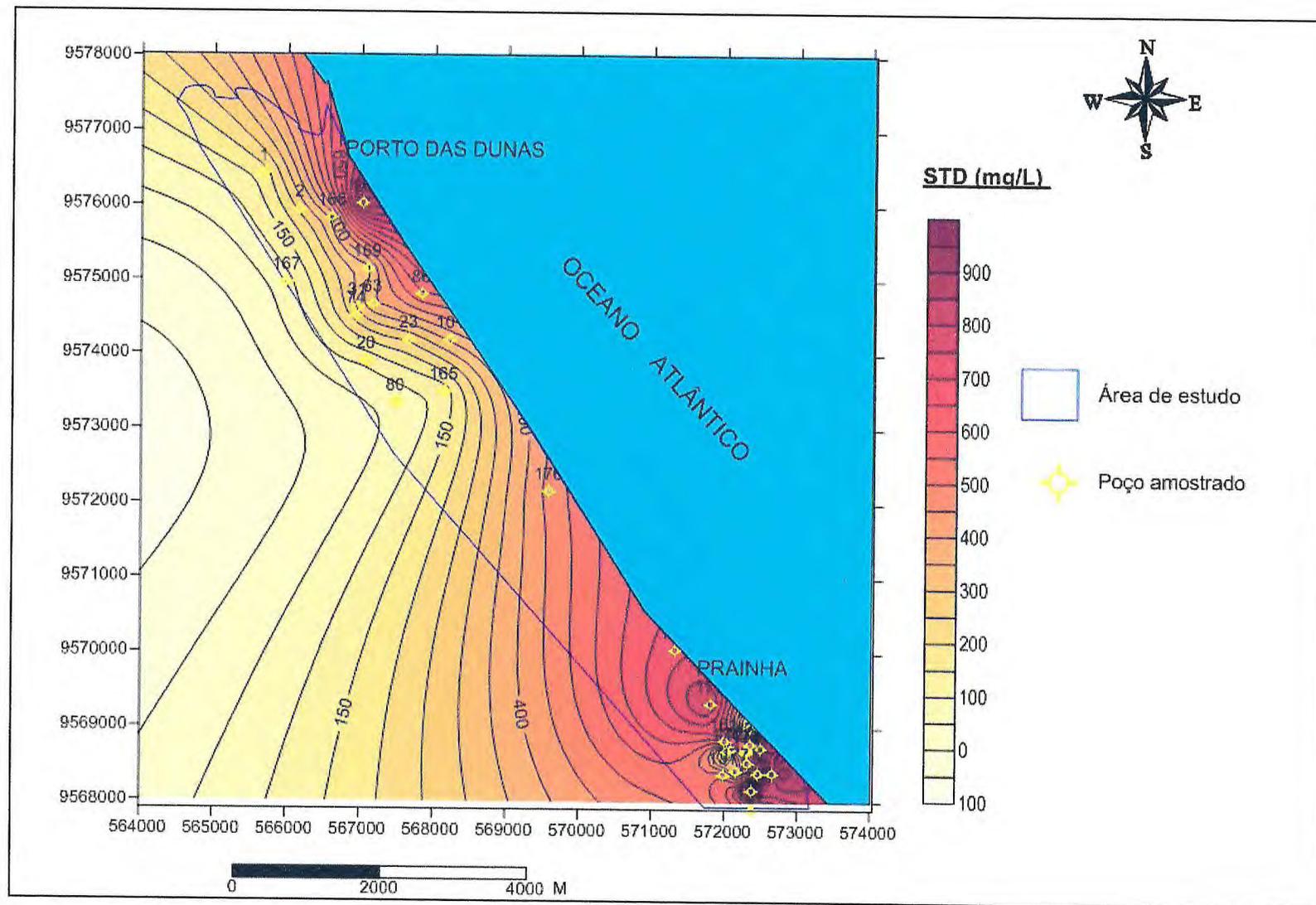


Figura 23: Curvas de isovalores para Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

8.3 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O pH é a medida da concentração de íons H^+ na água. O balanço dos íons hidrogênio e hidróxido (OH^-) determinam quão ácida ou básica ela é. Na água quimicamente pura os íons H^+ estão em equilíbrio com os íons OH^- e seu pH é neutro, ou seja, igual a 7. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. O pH das águas subterrâneas variam entre 6 e 9,5.

Dentre as 34 medidas de pH amostradas, os valores oscilam entre 6,08 e 8,23, onde 23 amostras tem caráter ácido, 9 tem caráter neutro e apenas 2 amostras reflete caráter básico. O valor médio do pH é de 6,84 revelando que as águas revelando um caráter levemente ácido como podemos ver na Figura 24. As 23 amostras de caráter ácido pertencem a poços profundos (> 50 m), provavelmente esses poços estão captando água do Sistema Barreiras, que por sua vez, tem por característica águas ácidas.

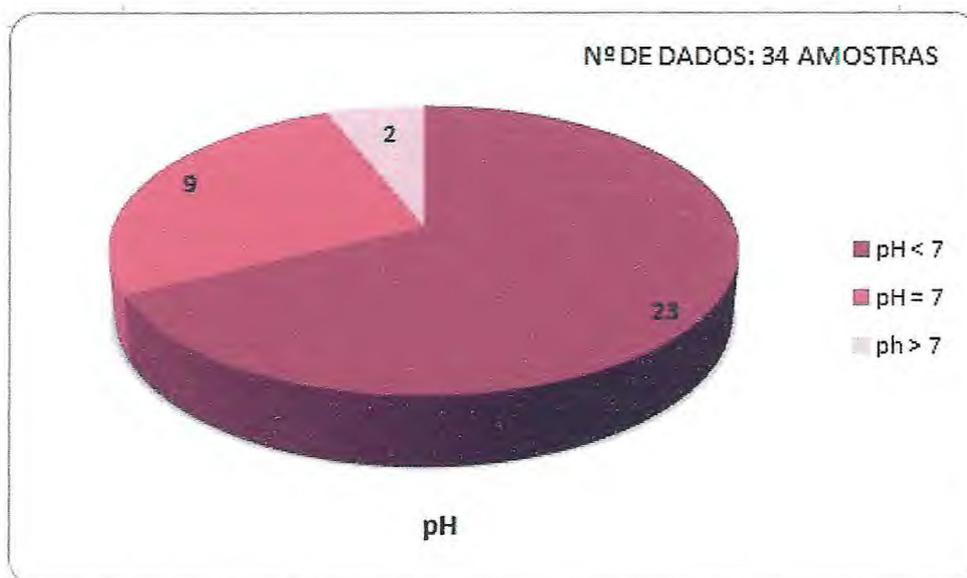


Figura 24: pH das águas subterrâneas da área

Na Figura 25 verificamos que a área de pesquisa possui um caráter levemente ácido na região noroeste do Porto das Dunas e na parte central da Prainha.

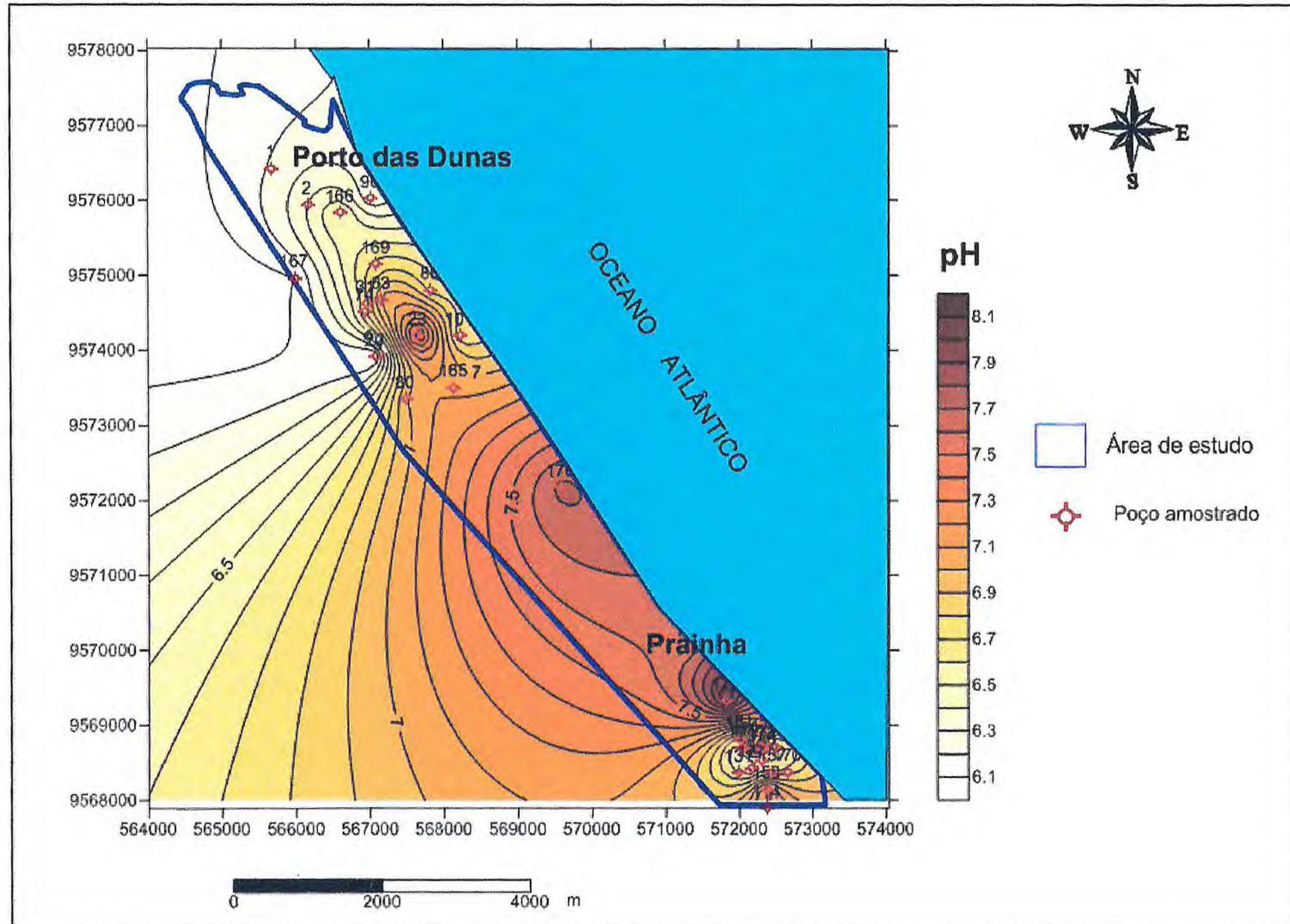


Figura 25: Curvas de isovalores para pH

8.4 DUREZA TOTAL

É definida como o poder de consumo de sabão ou a capacidade da água neutralizar o sabão pelo efeito das concentrações (sob forma de carbonato) de Ca^+ e Mg^+ , sais alcalino-terrosos, além de dificultar o cozimento dos alimentos. A dureza total é a soma das durezas temporária e permanente, cujo são definidas como carbonatadas, podendo ser eliminadas pela ebulição da água e não carbonatadas, que persiste após ebulição da água, respectivamente.

Os resultados das 16 amostras analisadas em laboratório foram classificados segundo Custódio & Llamas, (1983) (Tabela 04). Na Figura 26 verificamos que há uma predominância de águas brandas com 37,5%, seguida de águas duras 31,2%. No geral, 10 análises foram classificadas como “duras”, no entanto, estas estão localizadas no nível mais alto da área, onde apresenta aproximadamente 40 m de duna, cujo é rica em pedaços de conchas (carbonato de cálcio).

Tabela 04: Classificação das águas segundo Custódio & Llamas, (1983).

Tipo de água	Teor de CaCO_3 (mg/L)
Branda	< 50
Pouco dura	<50 < 100
Dura	>100 < 200
Muito dura	>200

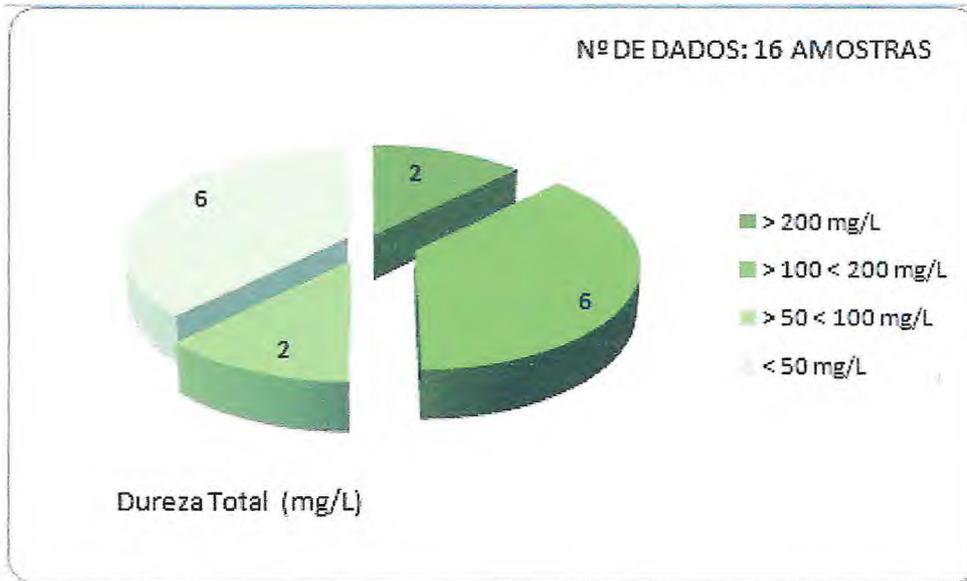


Figura 26: Dureza Total das águas subterrâneas da área

8.5 TURBIDEZ

Define-se como a dificuldade da água para transmitir a luz, ou seja, está relacionada à presença de altas concentrações de sólidos em suspensão tais como silte, argila, matéria orgânica, etc. De acordo com a Portaria nº 518/2004 MS, o valor máximo permitido para consumo humano é de 5 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez) e observando a Figura 27 vemos que 87,5% das 16 amostras analisadas, variando de 5,3 a 16,5 UNT, se encontram impróprias para o consumo. Devidos a coleta ter sido realizada em período seco, os altos valores de turbidez provavelmente estão relacionados ao baixo mecanismo de diluição.

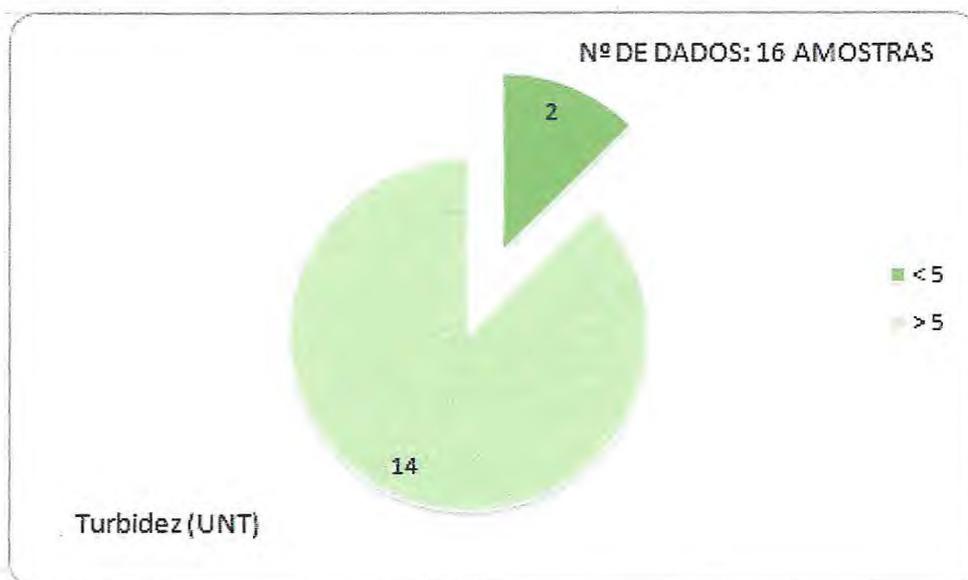


Figura 27: Turbidez nas águas subterrâneas da área

8.6 COMPOSTOS AZOTADOS

Há uma troca contínua de nitrogênio entre a atmosfera, o solo, os oceanos e os organismos vivos, cuja quantidade é estimada em 10^8 a 10^9 t/ano. Esse processo é denominado o ciclo do nitrogênio.

Os nitratos fazem parte da família dos óxidos de azoto que podem estar presentes em quantidades importantes no ambiente. A natureza e a concentração dos derivados azotados dependem do meio, hora e estação do ano. As emissões de óxidos de azoto sob a forma de monóxido de azoto (NO) e de dióxidos de azoto (NO₂) são derivadas, sobretudo, a processos de combustão resultantes de centrais térmicas, veículos a motor e fábricas. As reações químicas que se produzem no ar conduzem à oxidação do NO em NO₂ e outros compostos, designando-se por NO_x a combinação NO + NO₂.

Origens do nitrogênio; águas residuais, solo, chuvas, fixação da atmosfera e fertilização.

No caso do ciclo de nitrogênio, essas ações e reações geram substâncias como amônia orgânica e inorgânica, nitrito, nitrato e o próprio nitrogênio na sua forma mais

simples. Portanto, essas ocorrências devem sempre ser tomadas como as mais naturais possíveis, embora sejam extremamente específicas.

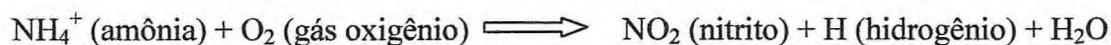
Inúmeros são os microrganismos que podem produzir compostos amoniacais, nas suas mais diversas formas, mas somente poucos atuam no processo de nitrificar, ou seja, participar da oxidação biológica do nitrogênio amoniacal para nitrito e a seguir para nitrato. São eles os pertencentes aos gêneros de bactérias nitrificantes, como as *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira* e *Nitroococcus*, sendo autótrofas, o que significa que seu crescimento não depende da matéria orgânica, e até podendo se utilizar de compostos como o dióxido de carbono (CO₂) satisfazendo, assim, suas necessidades quanto ao carbono ou usar a luz e compostos inorgânicos para obter energia.

8.6.1 Ciclo do Nitrogênio

Ocorre sob três estágios distintos: nitrificação, desnitrificação e amonificação.

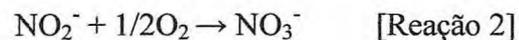
✓ Nitrificação (consumo de oxigênio)

Se dá em duas fases, na presença de microrganismos autótrofos quimiossintetizantes e em pH pouco alcalino, a nitrosação com as bactérias *Nitrosomonas* e a nitratação com as *Nitrobacter* como vemos na reação 1.



[Reação 1]

Na presença de bactérias (*nitrossomonas*) na reação 2:



O H + NO₂, dependendo da temperatura e pH baixo, pode resultar em HNO₂ (ácido nitroso), mas em situação de equilíbrio o NO₂ + O₂ na presença das bactérias (*nitrobacter*), resulta em NO₃ (nitrato) na reação 3:



A amônia orgânica, NH_3 , oriunda da degradação da matéria orgânica, é muito tóxica para organismos aquáticos, porém sendo a forma ideal no processo de oxidação das águas, já o NO_2 (nitrito) é tóxico em altos níveis e carcinogênico. O nitrogênio em estado de nitrato, NO_3 , pode ser absorvido pelos organismos, como as algas, a princípio não sendo tóxico, e também servindo como fonte alternativa de oxigênio e nitrogênio para a vida, durante à noite, períodos de baixa concentração de O_2 .

O íon amônio NH_4^+ é o primeiro produto não orgânico libertado através da reação 4:



Sendo oxidado pelas nitrossomonas, produzindo os íons nitrito- NO_2 , (pouco solúvel e tóxico) que posteriormente é oxidado pelas nitrobactérias, transformando em íons nitrato- NO_3 .

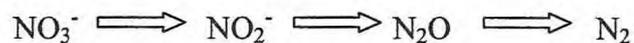
A amônia- NH_4 (íons amônio) se tornará cada vez mais tóxica quanto mais alto o pH, sendo ainda pouco ou não volátil, porém menos estável e mais solúvel. Já a amônia- NH_3 , que é a forma mais tóxica, embora se formando em baixa concentração, em pH mais baixo é facilmente volatilizável, porém aumentando sua toxicidade a medida do aumento de pH (alcalino), podendo então tornar-se altamente tóxico. Também o aumento da temperatura, acarreta num poder mais tóxico da amônia, evidenciando ser uma variável de efeito sinérgico.

A nitrificação não ocorre em temperaturas abaixo de 5 graus centígrados e acima de 45 graus, sendo inibida em temperaturas abaixo de 10 graus e acima de 38 graus.

✓ Desnitrificação

O estágio que ocorre em seguida, neste ciclo, é a desnitrificação, realizado com a presença de bactérias (anaeróbias e/ou facultativas), ou seja, ocorrendo tanto em meios sem O_2 , como também podendo utilizar o gás oxigênio, quando disponível.

A desnitrificação é essencialmente o inverso do processo de nitrificação, e ocorre em condições exatamente opostas, ou seja;



Ao contrário das bactérias fixadoras de nitrogênio molecular, essas bactérias desnitrificantes, partem de compostos já nitrogenados como os nitratos, nitritos e orgânicos nitrogenados (uréia, ácido úrico), para extrair o N₂ (nitrogênio). São elas, por exemplo, as *Pseudomonas sp* que vivem na camada rente ou primeira do solo, (lama), oxidando os compostos orgânicos da seguinte forma, hidrocarbonetos (CH₂O), mais nitrato (NO₃), resultando em dióxido de carbono- CO₂, mais H₂O, mais N₂ e energia.

✓ Amonificação

O último (ou o primeiro) processo do ciclo de nitrogênio é a amonificação, onde ocorre a decomposição dos nitrogenados excretados pelos organismos ou de cadáveres (animais/vegetais), transformando-os em íons amônia, NH₄⁺.

A reação do nitrogênio orgânico;

N (aminoácidos, enzimas, ácidos húmicos, fúlvicos, produtos da decomposição e excreção), originam NH₄⁺ (N inorgânico) ou então o NO₃⁻(nitrato) originando a NH₄⁺.

Esse processo ocorre principalmente no substrato e no sedimento dos sistemas aquáticos, na presença de bactérias e fungos.

8.6.2 Aspectos Ambientais

Sob o ponto de vista ambiental tem-se constatado que os recursos hídricos, nomeadamente os subterrâneos se tem vindo a deteriorar, relativamente ao parâmetro nitrato. Se a poluição das águas superficiais está associada ao efeito perverso do tratamento biológico das águas residuais urbanas, agro-alimentares e agro-pecuárias, ou à sua ausência e, em certa medida, também às práticas agrícolas, por via do escoamento superficial, a poluição das águas subterrâneas encontra-se particularmente associada à outra forma de poluição – a *poluição difusa* – nomeadamente a decorrente de práticas agrícolas inadequadas, embora o contributo das fontes pontuais de origem urbana ou industrial tenha, igualmente, que ser motivo de ponderação no cômputo geral desta avaliação.

Entre os diversos compostos minerais de azoto presentes nos sistemas aquosos oxigenados, os NITRATOS (NO₃⁻) constituem a sua forma termoestável. Por detrás

desta simples denominação esconde-se uma complexidade química – nitratos, nitritos e compostos N-nitroso – mas, também, bioquímica, toxicológica e epidemiológica relativamente importante.

✚ Quanto a Origem Natural

- Decomposição da matéria orgânica (uréia, aminas → $\text{NH}_3 + \text{CO}_2$);
- Fixação de N_2 molecular dentro do próprio lago;

✚ Origem antropogênica

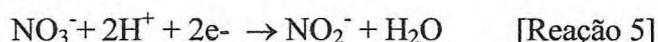
- Despejos domésticos, despejos industriais, excrementos de animais;
- Fertilizantes (demasia ou em período inadequado);
- Precipitação (emissão de NO_x de veículos e usinas geradoras de energia);

✚ Importância

- Alta solubilidade na água, facilmente eliminado do solo para lençol freático;
- Nitrato: consumo prolongado de água rica em nitrato pode causar methemoglobinemia e câncer de estômago;

• Methemoglobinemia

- Bactérias, presentes, por exemplo, em mamadeiras que não são esterilizadas ou no estômago do bebê, reduzem parte do nitrato a nitrito como podemos ver na reação 5:



Fornecendo informações sobre o estágio da poluição, poluição recente → amônia, poluição mais remota → nitrato.

A inexistência de sistema de esgotamento sanitário e de tratamento que possibilite a disposição final adequada aos esgotos domésticos, já compromete o manancial subterrâneo da área, a julgar pelos teores de nitrato acima do padrão de potabilidade da Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, que é 10 mg/L N-NO_3^- e 1 mg/L N-NO_2^- , encontrados na água dos poços que abastecem o local.

Foram realizadas análises laboratoriais em 16 amostras (Apêndice D), onde 8 coletadas no Porto das Dunas e 8 foram coletadas na Prainha, cujo foram selecionadas a

partir dos 34 poços visitados na área, com a exigência de serem utilizadas para consumo humano. Os parâmetros analisados foram: Nitrato, Nitrito e Amônia, com a intenção de identificar possíveis poluições domésticas.

O nitrato não é detectável na água pelo odor, sabor ou cheiro característico, apenas uma análise química da água permitirá um diagnóstico correto da existência deste elemento químico. Através da Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, podemos avaliar as concentrações de N-nitrato nas águas da área de pesquisa, sendo 10 mg/L N-NO₃ o valor máximo permitido para consumo humano.

Na Figura 28 podemos observar uma elevada concentração de N-nitrato na localidade da Prainha chegando a 72 mg/L, cujo o valor pertence a um chafariz que abastece à todas as necessidades de aproximadamente 50 famílias. Em relação ao Porto das Dunas, não foi encontrada nenhuma anomalia.

O elevado resultado pra concentrações de N-nitrato na Prainha, se da pelo fato de ocorrer à recarga direta das fossas negras no aquífero que abastece os poços da localidade, tendo em vista que no porto das Dunas não houve anomalias do gênero, ou seja, certamente por ser um local cuja população tenha um nível social elevado, as casas usufruem de fossas sépticas, seguindo as normas técnicas e pelo pouco uso sabendo que o Porto das Dunas é um local para lazer aos fins de semana.

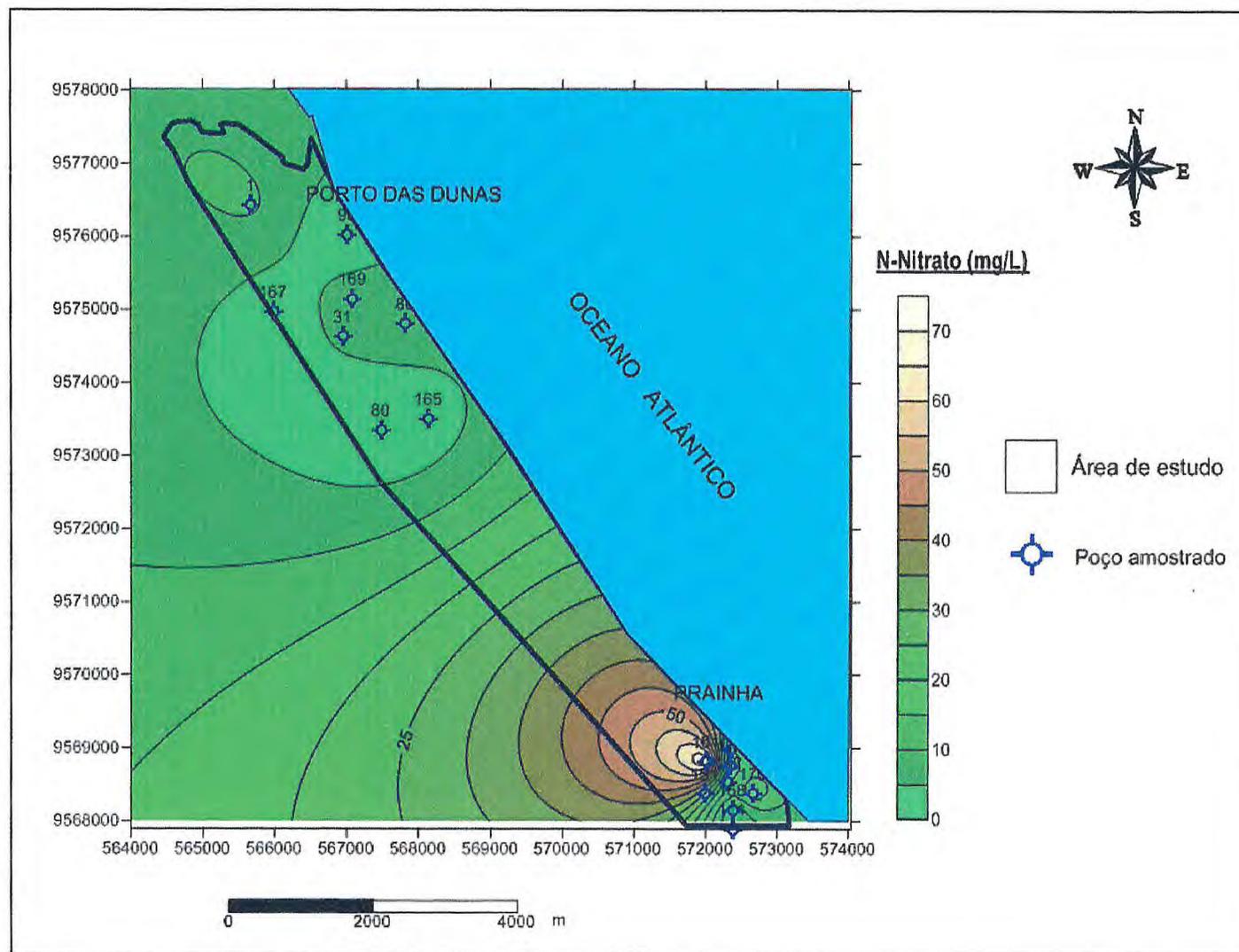


Figura 28: Curvas de isovalores para N-Nitrato

As concentrações elevadas de nitratos (Figura 29) também são explicadas no posicionamento do nível estático muito raso, quase sempre inferior a 10 m, com predominância de 0 a 5 m e a mercê da variação sazonal e das interferências antrópicas.

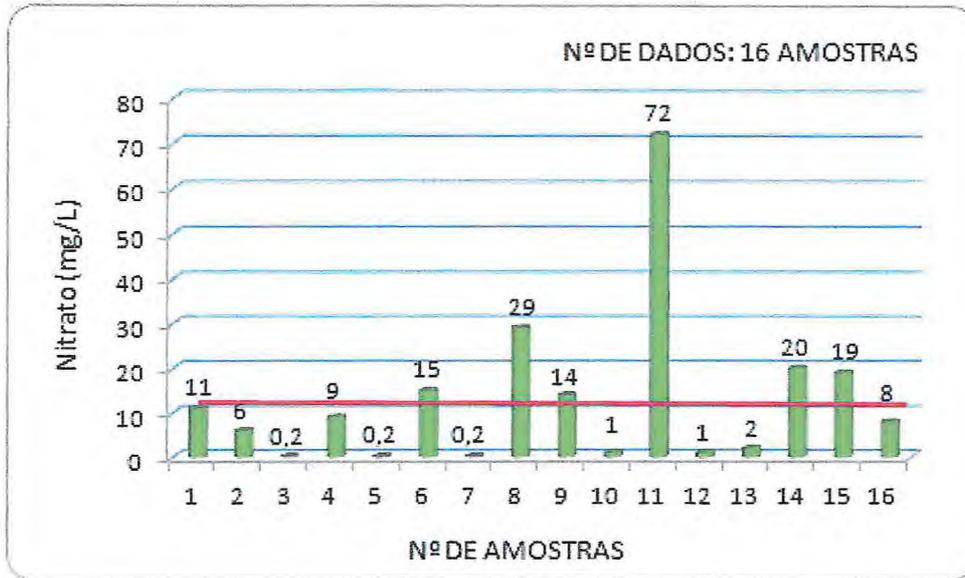


Figura 29: Nitrato nas águas subterrâneas da área de estudo

De acordo com o padrão de potabilidade da Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, o teor de nitrito pra consumo humano é de 1 mg/L $N-NO_2^-$. As Figuras 30 e 31 revelam que possui poluição pontual por nitrito na Prainha, exatamente no poço de nº 170 com 1,07 mg/L, sendo este próximo a um despejo de efluentes.

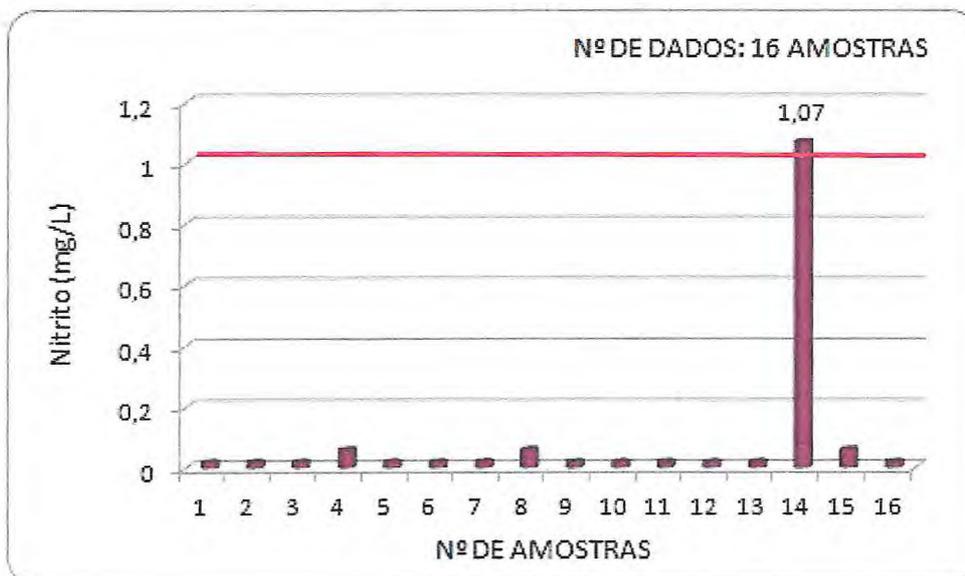


Figura 30: Nitrito nas águas subterrâneas da área de estudo

Teores elevados de nitratos são responsáveis por casos fatais de metemoglobinemia infantil. A transformação dos nitratos em nitritos no tubo digestivo, onde o pH é baixo, proporciona o aparecimento de nitrosaminas, algumas das quais podem ser cancerígenas (PINA, 2005).

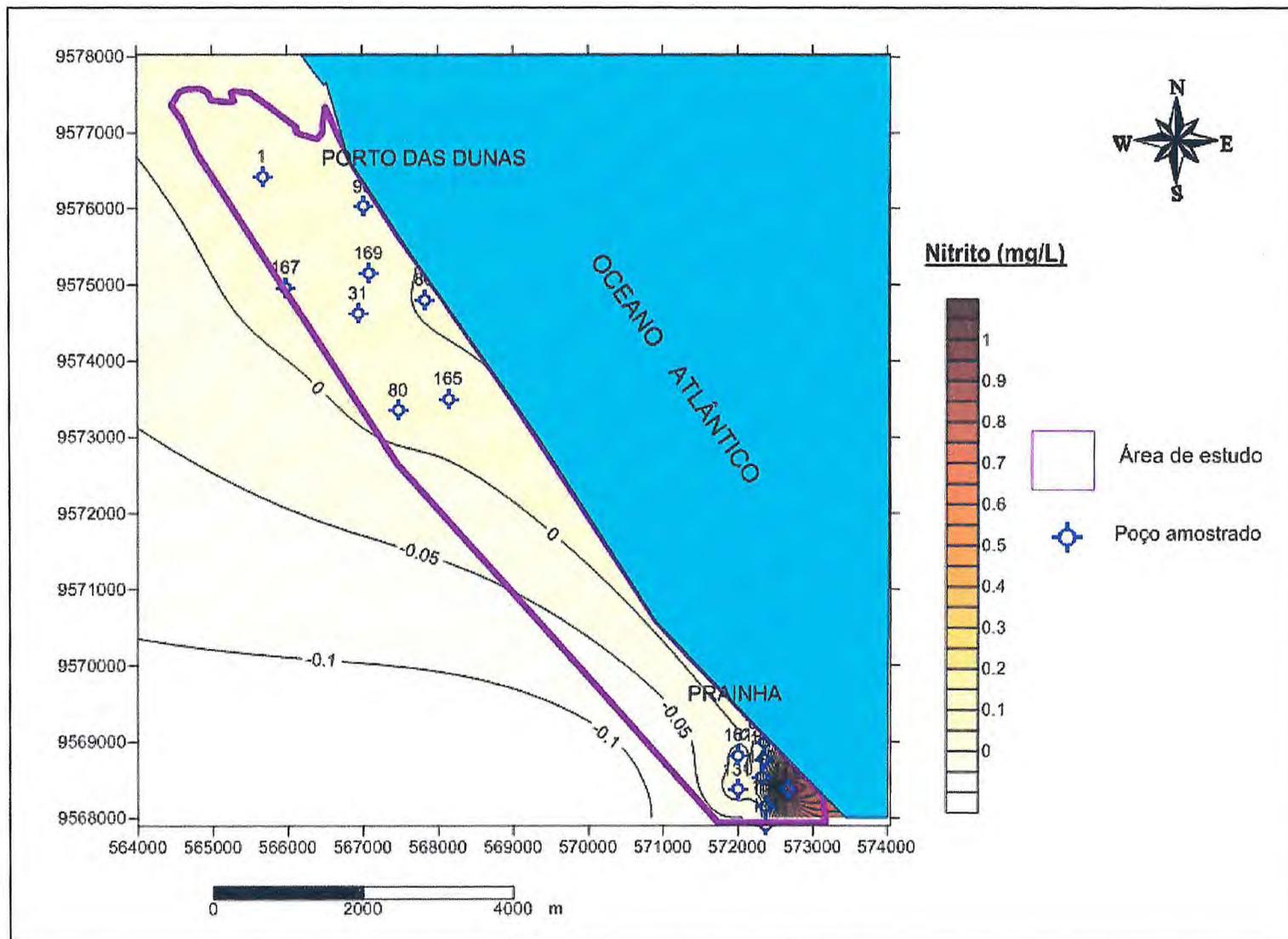


Figura 31: Curvas de isovalores para Nitrito

Nitritos e amônias são ausentes, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Pequeno teor de nitrito e amônia é sinal de poluição orgânica recente.

Segundo a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, para aceitação do consumo humano é permitido 1,5 mg/L NH_3 (amônia). Na área de estudo houve uma pequena concentração pontual com 0,3 mg/L de amônia no poço nº 170 (Figura 32).

Os elevados teores somente de N-nitrato encontradas nas águas amostradas se da pelo fato de que os nitritos e as amônias, através das bactérias, foram transformados em nitrato, indicando uma poluição antiga, vale ressaltar que a coleta foi realizada em período de seca.

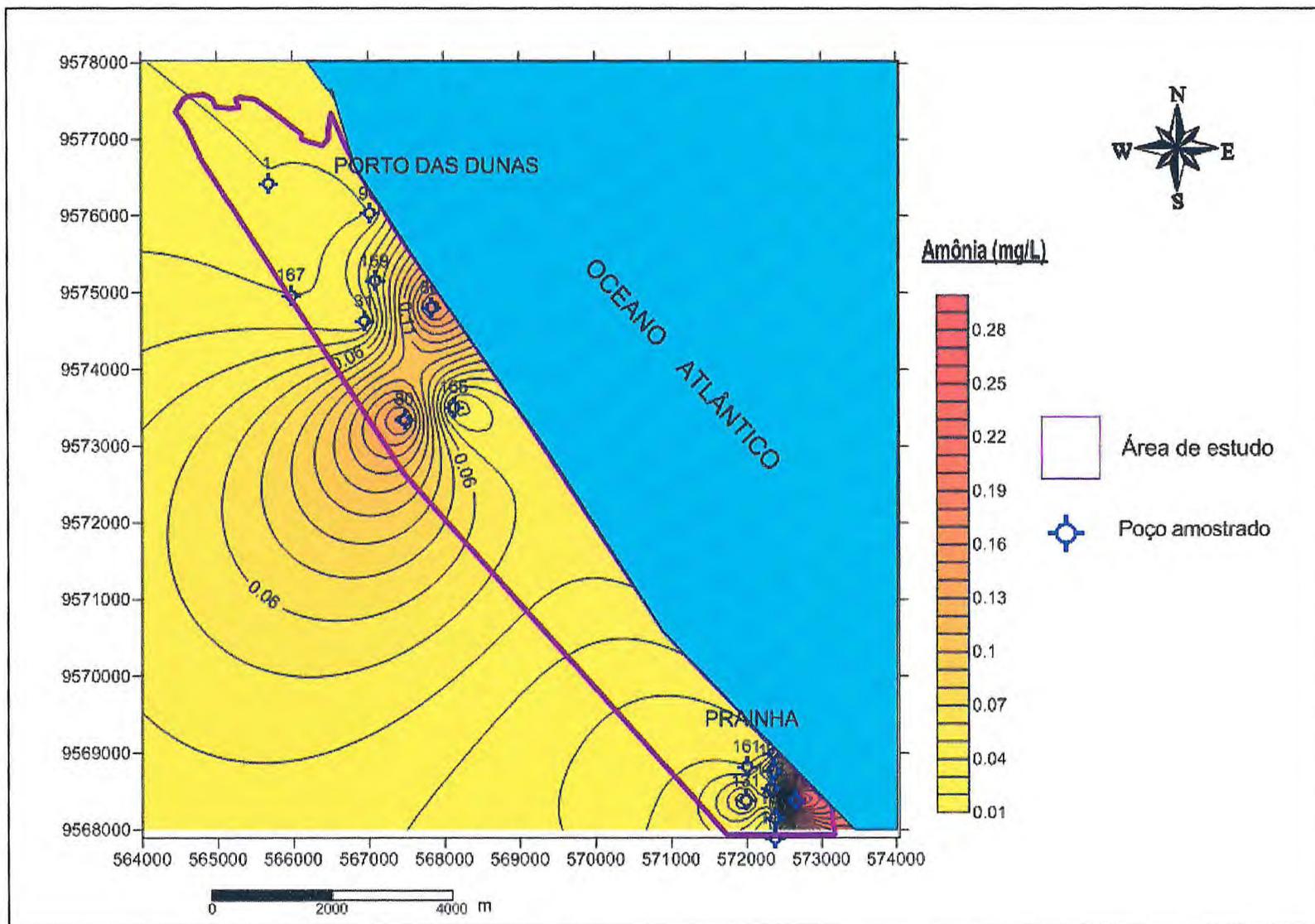


Figura 32: Curvas de isovalores para Amônia

9. FONTES DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Por estarem mais protegidas em profundidades, as águas subterrâneas são menos vulneráveis à poluição do que as superficiais; entretanto, quando um aquífero é contaminado, a sua recuperação pode levar muitos anos dependendo do tipo de contaminante, e até mesmo, tornar-se economicamente inviável (LEMOS & MEDEIROS, 2006).

Na maioria dos casos, o fluído contaminante das águas subterrâneas migra para o aquífero como um fluxo contínuo ou aproximadamente contínuo. Assim, a água subterrânea contaminada possuirá a forma de uma pluma, e seus limites serão estabelecidos pela velocidade de emissão do contaminante, pelas características hidrodinâmicas do aquífero, pelo padrão de fluxo da água subterrânea e pelas mudanças no padrão de fluxo causado por bombeamento de poços (FARIAS, 2005).

Água contaminada é aquela que possui organismos patogênicos, substâncias tóxicas e/ou radioativas, em teores prejudiciais à saúde humana (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000). De acordo com esse conceito pode-se concluir que toda água contaminada é poluída, mas nem toda água poluída é contaminada

Poluição é a alteração artificial da qualidade físico-química da água, sendo suficiente para superar os limites ou padrões preestabelecidos para determinado fim (FEITOSA & MANOEL FILHO, op.Cit.).

De acordo com SEMACE/LABOMAR (2008), a maioria das atividades antrópicas gera resíduos, que são depositados nos solos, lançados nos cursos d'água ou no ar, comprometendo a qualidade das águas. Muitas vezes, os produtos de limpeza, lixo hospitalar e industrial, rejeitos de construção, dejetos humanos e animais, entre outros, se misturam num só local envolvendo reações químicas que aceleram a dissolução e liberam produtos altamente prejudiciais a água da rede de drenagem e aquíferos.

Quanto à disposição espacial, a poluição pode ser ocasionada por fontes lineares, difusas e pontuais, cujo dois últimos citados ocorrem na área de pesquisa.

✚ Fontes difusas

São aquelas em que a fonte de contaminação se estende, mesmo com baixa concentração, sobre uma grande superfície, como é o caso de áreas de irrigação ou áreas urbanas, que não possuem saneamento básico (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

A maioria das atividades antrópicas gera resíduos que são depositados nos solos, lançados nos cursos d'água ou no ar, comprometendo a qualidade das águas.

✓ Saneamento básico

Dados obtidos no IPECE/SAPLAG (2010) mostram que na sede municipal no município de Aquiraz, existem 1833 residências ligadas à rede de esgoto sanitário sendo que, a área de estudo, por sua vez, não está integrada nesses dados, pois no momento está desprovida de Sistema de Saneamento Básico. No Porto das Dunas, as residências não possuem abastecimento de água tratada da CAGECE e nem saneamento básico. Nas residências da Prainha, cerca de 1050 imóveis estão ligadas à rede de abastecimento da CAGECE, porém não fazem uso da mesma para consumo humano, no entanto, também não há saneamento básico, ou seja, as duas localidades que compõe a área de estudo fazem uso de fossas sépticas e/ou negras deixando assim a água subterrânea vulnerável à contaminação.

Por conta da ausência de serviço de saneamento básico na Prainha, a comunidade carente local utiliza-se das galerias pluviais para lançamento dos esgotos de suas residências através de ligações clandestinas na rede, fazendo com que estas se tornem esgotos a céu aberto (Figura 33).



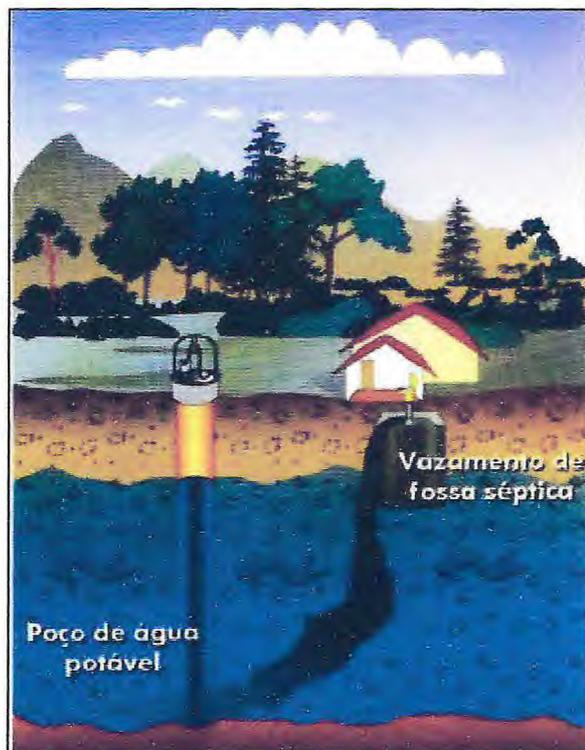
Figura 33: Disposição de efluentes líquidos na desembocadura da Lagoa do Catu (Agosto/2011).

Este tipo de atividade é muito comum na faixa de praia das grandes cidades brasileiras, fazendo com que a balneabilidade das praias situadas ao longo destas cidades sejam consideradas impróprias do ponto de vista bacteriológico.

Fontes Pontuais

As fontes pontuais de poluição são as que atingem o aquífero através de um ponto, sendo responsáveis por poluições altamente concentradas na forma de plumas (Figura 34).

Neste caso um poço passa a constituir um risco potencial de condutor de cargas poluentes a partir do momento em que não são aplicados os critérios técnicos que a obra requer. Inúmeras vezes não existe o projeto técnico, apesar de existir, localmente, um risco efetivo de poluição (CAVALCANTE, 1998).



Fonte: HIRATA, 2003.

Figura 34: Poluição pontual por vazamento de fossas.

Na área de estudo se fazem necessários, cuidados na construção dos poços, haja vista a condição existente de extrema vulnerabilidade natural aos impactos antrópicos, associada às condições de ausência de saneamento básico, águas superficiais poluídas, uso e ocupação desordenada do meio físico.

Em cada etapa é recomendável observar os fatores intervenientes na construção da obra, destacando-se a locação, perfuração e completação, observando-se os seguintes fatos:

✓ **Locação:** É comum se observar poços locados próximos a meios de alta probabilidade à poluição antrópica (drenagens poluídas por esgotos domésticos e industriais, fossas e lixões), ou mesmo em áreas capazes de cederem elevadas concentrações de cloretos, sob condições naturais (planícies fluviais e flúvio-marinhas).

No município de Aquiraz, bem como na área de estudo, ocorrem problemas, dos quais o mais comum é a associação entre poço/fossa onde não existe, até mesmo em função do espaço físico, a distância mínima recomendada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT (30 metros).

✓ **Perfuração:** Associada ao desconhecimento de informações locais de sub-superfície, que deveriam ser geradas em etapas anteriores, não existe a preocupação, se a perfuração atinge, ou não, níveis aquíferos poluídos, ou profundidades não recomendáveis para o contexto. Desta forma, a perfuração pode propiciar condutos diretos para que as cargas poluidoras atinjam as águas subterrâneas, principalmente se tratando de faixa costeira, onde é comum se observar poços com profundidades acima de 40 metros, não recomendável em função da proximidade da interface água doce/água salgada, gerando um risco maior de intrusão salina.

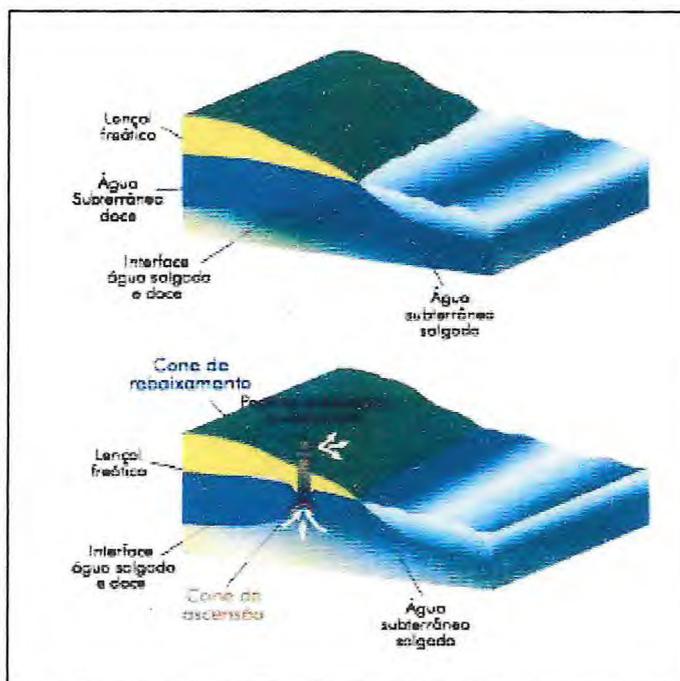
✓ **Completação:** É um dos problemas mais freqüentes, à medida que não existe o dimensionamento correto dos filtros e a proteção sanitária da obra. A proteção sanitária (Figura 35) não é prática comum, ocorrendo muito raramente. Assim, o “poço” passa a funcionar como condutor direto e eficiente das águas mais superficiais, quase sempre poluídas, a níveis aquíferos mais profundos.

A somatória do emprego de várias fases erradas pertinentes a obra, pode resultar em uma obra não aceitável para funcionar como captadora de águas subterrâneas. Outro ponto que deve ser ressaltado está na utilização das ferramentas de perfuração, que não são desinfectadas antes de se iniciar a perfuração, independente das condições de limpeza reinantes (CAVALCANTE, 1998).



Figura 35: Exemplo de proteção (Poço nº 96 – Cond. Portamaris Resort) Porto das Dunas

Na área em estudo, o risco de poluição derivado da intrusão da cunha salina (Figura 36) é potencial, estas situações são encontradas por toda a orla costeira de Fortaleza, incluindo as baterias de poços da Abreulândia (Praia da COFECO, Fortaleza).



Fonte: HIRATA, 2003.

Figura 36: Intrusão de água salgada na água doce por intermédio do bombeamento excessivo.

De acordo com Cavalcante (1998), esta situação ainda não é regional, haja vista que outras análises na orla costeira mostram concentrações bem inferiores. As situações críticas são observadas no trecho onde se encontra a rede hoteleira, cuja demanda cresce vertiginosamente em períodos de alta estação turística (junho/julho e dezembro a fevereiro), quando os poços são bombeados 24 horas/dia.

As análises existentes para a orla costeira de Aquiraz não refletem poluição por cloretos, cujas concentrações situam-se abaixo de 200 mg/L. Na área de pesquisa como podemos ver a Figura 37, há apenas um elevado valor dos cloretos (Cl⁻) pontual no poço nº158 com 276 mg/L, o que explica sua condutividade elétrica também elevada (1.072 µs/cm), sendo o padrão de cloretos aceito para consumo humano pela Portaria nº 518/2004 do MS é de 250 mg/L Cl⁻.

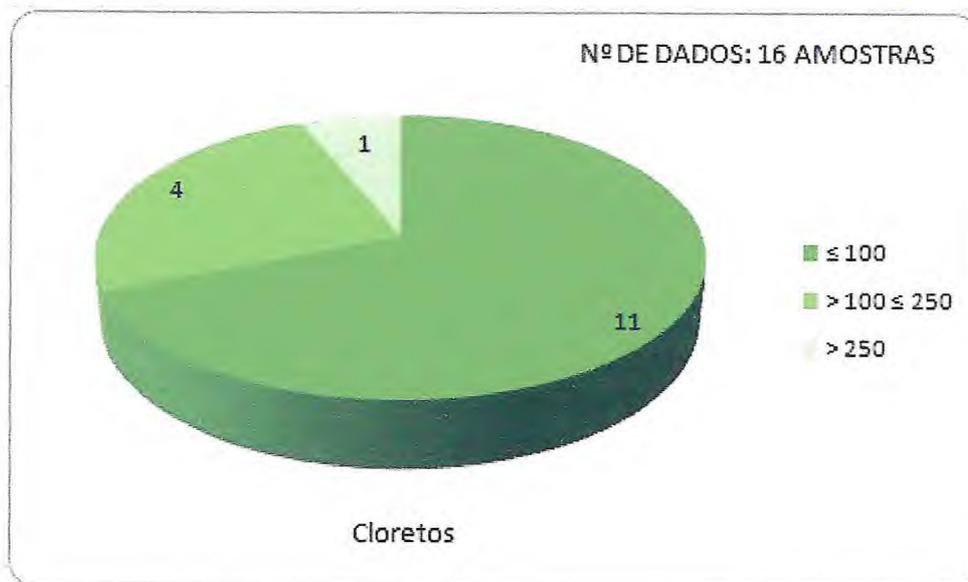


Figura 37: Cloretos das águas subterrâneas da área

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com as pesquisas gerais levantadas sobre o município de Aquiraz, conclui-se que existem poucos trabalhos ou publicações específicas relacionados ao tema abordado no presente estudo. Neste trabalho apresentou-se o resultado de um estudo das águas subterrâneas realizado na região costeira do Município de Aquiraz (Região Metropolitana de Fortaleza – RMF) compreendendo as praias do Porto das Dunas e Prainha.

Foram encontrados 3 tipos de Sistema Hidrogeológicos: Sistema Aquífero Dunas, Sistema Aquífero Barreiras e Sistema Aquífero Aluvionar. Na área pesquisada foram cadastrados 163 poços tubulares. Em campo foram registrados 14 novos poços, dentre eles, 9 poços tubulares e 5 poços escavados (cacimba), somando 177 poços, sendo, 105 localizados no Porto das Dunas e 72 poços na Prainha.

Com relação à situação atual poços cadastrados, 89,3% são devidamente equipados, tendo em vista que 70% dos poços são utilizados para uso doméstico incluindo o consumo humano. Quanto à profundidade dos 177 poços, 36,7% dos poços são considerados profundos. A evolução de construção de poços na região vem aumentando em 11,9% nos últimos 11 anos.

Quanto as vazões dos 177 poços, 39 dados (20,4%) apresentam vazões inferiores a $5\text{m}^3/\text{h}$, 5 dados (1,7%) poços apresentam vazões entre 5 e $10\text{m}^3/\text{h}$, apenas 1 apresenta vazão superior a $10\text{m}^3/\text{h}$ e 132 poços (74,7%) não possuem informações.

Os parâmetros de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e pH, estão relacionados aos 34 poços visitados em campo, dos quais os valores obtidos estão diretamente ligados a profundidade, ou seja, no caso dos dois primeiros parâmetros, quanto maior a profundidade, menor a concentração de sais (íons) nas águas e no terceiro parâmetro, quanto maior a profundidade aumenta a acidez das águas, respectivamente. Entretanto os elevados valores de condutividade elétrica e STD se concentram na Prainha. As águas subterrâneas foram caracterizadas como águas duras (62,5%), porém dentro dos padrões da Portaria nº518/2004 do MS (500 mg/L).

O elevado resultado para concentrações de N-nitrato na Prainha (72 mg/L), se dá pelo fato de não possuir o Sistema de Esgotamento Sanitário e ocorrer à recarga direta das fossas negras no aquífero que abastece os poços da localidade, tendo em vista que

no porto das Dunas não houve anomalias do gênero, ou seja, certamente por ser um local cuja população tenha um nível social elevado, as casas usufruem de fossas sépticas, seguindo as normas técnicas e pelo pouco uso sabendo que o Porto das Dunas é um local para lazer aos fins de semana.

Com relação ao Nitrito e Amônia, cujo indicam poluição recente, não houve valores elevados, ou seja, a poluição revelada pelas 16 análises químicas é mais antiga, desta forma sabemos que todo o nitrito e amônia existentes nas águas subterrâneas captadas foram transformados em nitrato, cujo é a última etapa do ciclo do nitrogênio.

As análises de cloreto revelaram apenas um dado elevado com 276 mg/L, sendo o padrão aceito para consumo humano pela Portaria 518/2004 é de 250 mg/L.

Recomenda-se um trabalho educacional na localidade da Prainha visando conscientizar a comunidade quanto aos cuidados na construção de fossas, utilizando as normas da ABNT, para evitar a contaminação do aquífero.

Recomenda-se um estudo de monitoramento das águas subterrâneas quanto à poluição de efluentes domésticos e análises físico-químicas e bacteriológicas para um melhor direcionamento dessas águas.

É recomendável a implantação do Sistema de Saneamento Básico na área de estudo tendo em vista que a população utiliza a água subterrânea para consumo.

REFERÊNCIAS

BIANCHI, L.; PADILHA, M. W. M.; TEIXEIRA, J. E. M. – 1984. Recursos de Água Subterrânea na RMF. Fatores condicionantes. In: Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da R.M.F – Fase I. Fortaleza. SEPLAN-AUMEF, v-1, 139p.

BRANDÃO, R. de L., CAVALCANTE, I. N., SOUZA, M. J. N. - Diagnostico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), 1995. 88 p. (Projeto SINFOR).

CAJAZEIRAS, C. C. A. & OLIVEIRA, P. G. S. – 2004 – Aspectos hidrogeológicos e estado atual dos poços tubulares na faixa costeira de Caucaia, Ceará. Relatório de Graduação. Universidade Federal do Ceará/UFC/DEGEO. 112p.

CARVALHO, A. M.; COUTINHO, P. N. & MORAIS, J. O. - Caracterização Geoambiental e Dinâmica Costeira da Região de Aquiraz na costa leste do Ceará. Revista da Geologia, 1994, Vol.7: 55-68p.

CAVALCANTE, I. N. – 1998 – Fundamentos Hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da RMF, Estado de Ceará. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo/USP/Instituto de Geociências. 164p.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. - Hidrologia Subterrânea. 2º edição. Barcelona: Omega. Vol. 2. 1983.

FARIAS, J. O. F. – 2005. Análise da Poluição Antrópica na bacia do Rio Maranguapinho, Fortaleza-CE. Dissertação de Mestrado DEGEO/UFC. 119p.

FEITOSA, F. & MANOEL FILHO, J. – 2000. Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. Fortaleza. CPRM.

GOMES, M.C.R. – 2006 - O Conhecimento Hidrogeológico como instrumento de Gestão das Águas Subterrâneas no Campus Universitário do Pici/UFC, Fortaleza – Ceará. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará/UFC/DEGEO. 159p.

GUERRA JÚNIOR, W.G. – 2005 – Aspectos hidrogeológicos no Município de Aquiraz, Região Metropolitana de Fortaleza, Estado de Ceará. Relatório de Graduação. Universidade Federal do Ceará/UFC/DEGEO. 86p.

HIRATA, R. – 2003 – Recursos Hídricos. Decifrando a Terra. cap 20. 24p.

HOLANDA, J.L.R; VASCONCELOS, S.M.S. & MAIA, L.P. – Aspectos Hidrogeológicos da Região Costeira do Município de Caucaia – Ceará. Revista de Geologia. 2003. Número 1, Vol.16: 8 – 18p.

HORN FILHO, N.O. – 2010 – Geologia da planície costeira do trecho Ponta do Iguape – Praia da Sabiaguana, Estado do Ceará, Brasil. Programa de Pós-Graduação em geologia. Disciplina de Tópicos Especiais I. Universidade Federal do Ceará/UFC/DEGEO. 21p.

Lemos, E.C.L & Medeiros, F. W – Águas Subterrâneas e as Doenças de Veiculação Hídrica. Área Piloto: Bairros Bom Jardim e Granja Portugal – Município de Fortaleza / CE – 2006.

IPECE/SEPLAG – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará/Secretaria do Planejamento e Gestão – 2010. Perfil Básico Municipal de Aquiraz.

PINA, A.P.S.A. de – Evolução dos Compostos Azotados na Qualidade da água na Ilha de Santiago – Cabo Verde. Revista Tecnologia da Água/Reed Bussines Informatuon. Outubro/2005. Edição II. 28-34p.

RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, 27/03/2002 – Estabelece normas específicas para o licenciamento ambiental de empreendimento do cultivo de camarões.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 303, 20/03/2002 – Dispõe de parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 341, 25/09/2003 – Dispõe sobre critérios para a caracterização da atividade ou empreendimentos turísticos sustentáveis como de interesse social para fins de ocupação de dunas originalmente desprovidas de vegetação na Zona Costeira.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 369, 28/03/2006 – Dispõe sobre os casos excepcionais de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente – APP.

RIBEIRO, J.A.P. – 2001 – Características hidrogeológicas e hidroquímicas da faixa costeira leste da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará/UFC/DEGEO. 112p.

SEMACE/LABOMAR – Superintendência Estadual do Meio Ambiente/Instituto de Ciências do Mar – Mapeamento das Unidades Geoambientais da Zona Costeira do Estado do Ceará. Programa: Zoneamento Ecológico e Econômico (ZEE) da Zona Costeira do Estado do Ceará. 11/2005. 226p.

SILVA, J.G. – 2000 – Hidrogeologia da faixa costeira de Aquiraz. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo/USP/Instituto de Geociências. 92p.

VASCONCELOS, S.M.S. – 1999 – Recarga de aquíferos Dunas/Paleodunas, Fortaleza-CE. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo/USP/Instituto de Geociências. 89p.

VASCONCELOS, S.M.S. – Estimativa da Recarga Subterrânea a partir do Balanço Hídrico – Exemplo de Fortaleza, (CE). Revista de Geologia, 1994, Vol.7: 27 – 34p.

APÊNDICES

APÊNDICE A

**Cadastro dos poços do Porto das Dunas e Prainha -
Aquiraz, Ceará**

AL DOS POÇOS

Nº.Ordem	Nº.	E.	Município	Local	Proprietário	Data de perfuração	Prof. (m)	NE(m)	ND(m)	Vaz. (m³/h)	CE(us/cm)	pH	STD	Salinid.	T°C	Situação	Uso	Ferril	Teste
114	9567896	572187	Aquiraz	Tomás de aquino	Maria Efigênia	2003	60				444	7,3	221	0,21	30,9	Eq	Dom	N	N
115	9567955	572290	Aquiraz	Prainha			60									Eq	Dom	N	N
116	9568315	572142	Aquiraz	Prainha	José Abelardo		45									Fec	Dom	N	N
117	9568445	571832	Aquiraz	Prainha	José Abelardo											Fec	Dom	N	N
118	9568360	572083	Aquiraz	Prainha												Eq	Dom	N	N
119	9568345	572168	Aquiraz	Prainha	Cond. Alto das Dunas											Eq	Dom	N	N
120	9568422	572179	Aquiraz	Prainha	César Franco Cavalcante		75			0,8						Eq	Dom	N	N
121	9568504	572063	Aquiraz	Prainha	José Deusdela de Melo		74									Eq	Dom	N	N
122	9568197	572515	Aquiraz	Prainha												Eq	Dom	N	N
123	9568257	572191	Aquiraz	Prainha												Eq	Dom	N	N
124	9568284	572424	Aquiraz	Prainha												Eq	Dom	N	N
125	9568353	572246	Aquiraz	Prainha	Neiram		30				185					Eq	Dom	N	N
126	9568363	572236	Aquiraz	Prainha	Ismael Martins da Silveira						163					Eq	Dom	N	N
127	9568428	572200	Aquiraz	Prainha	Vanda Menezes Lacerda						182					Eq	Dom	N	N
128	9568435	572170	Aquiraz	Prainha												Eq	Dom	N	N
129	9568446	572187	Aquiraz	Prainha							232					Eq	Dom	N	N
130	9568421	571871	Aquiraz	Cond. Alto da Prainha	Cond. Alto da Prainha		60			2	348					Eq	Dom	N	N
131	9568374	571993	Aquiraz	Cond. Alto da Prainha	Loana	1985	60				561	6,6	281	0,27	28,6	Eq	Dom	N	N
132	9568141	572357	Aquiraz	Cond. Maria Dias Leitão	Cond. Maria Dias Leitão		80				388					Eq	Dom	N	N
133	9568492	572370	Aquiraz	Ed. Rio mar	Ed. Rio mar	01/01/1983	38			2	195					Eq	Dom	N	N
134	9568046	572305	Aquiraz	Ed. Solar das Dunas	Ed. Solar das Dunas						212					Eq	Dom	N	N
135	9568164	572290	Aquiraz	Hotel Escola	Hotel Escola		45									Eq	Dom	N	N
136	9568418	572395	Aquiraz	Pousada da Prainha	Pousada da Prainha		36			1,2						Eq	Dom	N	N
137	9568350	571815	Aquiraz	Rua Alto das Trezes	Laura Tanaro Sobreira		70				422					Eq	Dom	N	N
138	9568536	572316	Aquiraz	Rua da Igreja	Luzia	2011	15				699	6,77	349	0,34	28,7	Eq	Dom	N	N
139	9568449	572255	Aquiraz	Rua Berlim	Ricardo Régis Sousa Sales		60				233					Eq	Dom	N	N
140	9568481	572273	Aquiraz	Rua Berlim	Mozart						192					Eq	Dom	N	N
141	9568413	572390	Aquiraz	Rua Berlim	Fred						266					Eq	Dom	N	N
142	9568321	572488	Aquiraz	Rua Berlim	Tarcício César Barros de Lima		60				182					Eq	Dom	N	N
143	9568230	572600	Aquiraz	Rua Damário Tavares	Fco Dias de Sousa		60				1215					Eq	Dom	N	N
144	9568225	572610	Aquiraz	Rua Damário Tavares	Fco Dias de Sousa		60				1000					Eq	Dom	N	N
145	9568231	572607	Aquiraz	Rua Damário Tavares	Stênio Slaw						1058					Eq	Dom	N	N
146	9568110	572449	Aquiraz	Rua Damário Tavares	Cond. Riomar III		50									Eq	Dom	N	N
147	9568120	572450	Aquiraz	Rua Damário Tavares	Ed. Sambura	01/01/1994	60			1,2	1376					Eq	Dom	N	N
148	9568187	572505	Aquiraz	Rua Damário Tavares	Fco. Das Chagas Brandão		40				937					Eq	Dom	N	N
149	9568350	572245	Aquiraz	Rua Damário Tavares	Isídio Faco						167					Eq	Dom	N	N
150	9568438	572177	Aquiraz	Rua Marta de Oliveira	Melre Jucá		63				8570					Eq	Dom	N	N
151	9568507	572399	Aquiraz	Rua Tom Jobim	Socorro Mattos freitas	08/01/1998	40				426					Eq	Dom	N	N
152	9568507	572400	Aquiraz	Rua Tom Jobim	Cond. Riomar II		45				835					Eq	Dom	N	N
153	9568418	572787	Aquiraz	Rua Tom Jobim	Ala						477					Eq	Dom	N	N
154	9567940	572295	Aquiraz	Rua Tomás de Aquino	Cláudio Massao Iyakaawa						576					Eq	Dom	N	N
155	9567945	572299	Aquiraz	Rua Tomás de Aquino	Celso		45				288					Eq	Dom	N	N
156	9568068	572092	Aquiraz	Rua Tomás de Aquino	Cond. Mirante de Prainha		70									Eq	Dom	N	N
157	9568384	572456	Aquiraz		Sr. Jonas	1982	50				201	6,68	100,4	0,01	31	Eq	Dom	N	N
158	9568158	572373	Aquiraz	Tomás de aquino	SPA New Life	2033					1072	7,35	536	0,53	31	Eq	Dom	N	N
159	9568620	572490	Aquiraz	Prainha de Aquiraz		03/11/1977	42	7,5	25	2,5							Mul	N	N
160	9568549	571774	Aquiraz	Lot. Chácara da Prainha		17/10/1996	50	4,5	31,5	0,8							Mul	N	N
161	9568826	572007	Aquiraz	Alto do Pal Zé	Maria Lima	2003	27				695	6,65	347	0,34	30,2	Eq	Dom	N	N
162	9568780	572404	Aquiraz	RUA PRINCIPAL - PRAINHA	GOVERNO DO ESTADO	01/01/1982	70									Ab		N	N
163	9568874	572058	Aquiraz	SEDE - ALTO DA IGREJA	PREFEITURA DE AQUIRAZ	01/01/1978	60									Eq		N	N
164	9564879	570720	Aquiraz	TAPERA	PREFEITURA DE AQUIRAZ	01/01/1958	50									Eq		N	N
170	9568386	572660	Aquiraz	Cont. de CE	Sr. Valmir		6				904	6,74	452	0,44	28,5	Eq	Mul	N	N
171	9568704	572085	Aquiraz	Rua Alto Alegre	Chafariz	1982	18				449	6,94	225	0,22	30,9	Eq	Dom	N	N
172	9568720	572490	Aquiraz	esquina da rua p/ prala	Felipe		9				904	6,55	452	0,44	29,3	Eq	Dom	N	N
173	9568672	572310	Aquiraz	Corrente	Fonte Natural						462	6,57	231	0,22	30,3	Eq	Mul	N	N
174	9568690	572037	Aquiraz	As 13 braça	Chafariz	1998	60				122,3	6,57	61,1	0,06	30,5	Eq	Mul	N	N
175	9570048	571318	Aquiraz	Itacaranhá	Josenias	1996	7				680	7,53	340	0,33	29,5	Eq	Mul	N	N
176	9572174	569574	Aquiraz	Av. Litorânea	Bomba manual		8				468	7,73	234	0,23	29,8	Eq	Mul	N	N
177	9568428	572167	Aquiraz	Rua Tom Jobim	Beatriz	2003	30				292	6,44	145,9	0,14	30,6	Eq	Mul	N	N
178	9568772	572353	Aquiraz	rendelras	Manuel	1983	8				631	6,72	316	0,31	30,8	Eq	Mul	N	N
179	9569332	571815	Aquiraz	Pousada Gran Playa	denise	2006	9				819	8,11	410	0,4	30,2	Eq	Mul	N	N

LEGENDA - Prof.: Profundidade; NE: Nivel Estático; ND: Nivel Dinâmico; Vaz: Vazão; CE: Condutividade Elétrica; STD: Sólidos Totais Dissolvidos; Salinid: Salinidade; T°C: Temperatura em Celcius; Eq: Equipado; Fec: Fechado; Ab: Abandonado; NI: Não Instalado; Dom: Doméstico; Mul: Múltiplo; S: Sim; N: Não

ANEXO A - CADASTRO GERAL DOS POÇOS

Nº Ordem	N	E	Município	Local	Proprietário	Data de perfuração	Prof. (m)	NE(m)	ND(m)	Vaz (m³/h)	CE(µs/cm)	pH	STD	Salinid	T°C	Situação	Uso	Perfil	Teste
1	9576430	565675	Aquiraz	Potugal Village	Paulo Weber	2010	84	2	10	8	177,3	6,21	88,6	0,09	31,5	Eq	Mul	S	S
2	9575946	566161	Aquiraz	Tropical Residence 1661	Francisco	2002	48	25	34,5	1,5	267	6,4	133,7	0,13	29,5	Eq	Dom	S	S
3	9575554	566600	Aquiraz	Porto das Dunas		11/02/1991	80	32	39	2,4						Eq	Dom	S	S
4	9575733	566674	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
5	9575615	566794	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Mul	N	N
6	9575554	566734	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq		N	N
7	9575610	566510	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
8	9575558	566707	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq		N	N
9	9575455	566693	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
10	9575417	566751	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
11	9575252	566763	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq		N	N
12	9575228	566864	Aquiraz	Porto das Dunas	Paulo Afonso dos Santos		52			3	94					Eq	Dom	N	N
13	9575493	566615	Aquiraz	Porto das Dunas	José Rolim Gomes	01/01/1990					80					Eq	Dom	N	N
14	9574964	566740	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
15	9574856	567057	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
16	9575502	567460	Aquiraz	Porto das Dunas	Ernane Barreira Porto											Eq		N	N
17	9574890	567093	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
18	9574938	567058	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq		N	N
19	9574486	567361	Aquiraz	Porto das Dunas	Marcos Village						169					Eq	Dom	N	N
20	9573918	567076	Aquiraz	Dunas XXI	Antônio	27/06/1905	90				116,4	6,08	58,2	0,06	30,1	Eq	Dom	N	N
21	9576065	566014	Aquiraz	Porto das Dunas	Be Vista		70				87					Eq	Dom	N	N
22	9573974	567505	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
23	9574200	567655	Aquiraz	Via Local	D.Natália	1983	13,5				260	7,86	129,8	0,13	29,9	Eq	Mul	N	N
24	9574483	567700	Aquiraz	Porto das Dunas	Helian						262					Eq	Dom	N	N
25	9573571	567250	Aquiraz	Porto das Dunas			97			1,5						Ab	Dom	N	N
26	9573813	567275	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
27	9573785	567312	Aquiraz	Porto das Dunas			80									Eq	Dom	N	N
28	9574801	566760	Aquiraz	Porto das Dunas	Jordel Dantas						67					Eq	Dom	N	N
29	9574558	566937	Aquiraz	Porto das Dunas			120									Eq	Dom	N	N
30	9574756	566700	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
31	9574628	566952	Aquiraz	Marino Beach Residence	Solange	1998	60				312	6,63	156,1	0,15	29,5	Eq		N	N
32	9575751	566252	Aquiraz	Porto das Dunas	Marcos Alexandre		85			1	87					Eq	Dom	N	N
33	9575715	566269	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
34	9575623	566330	Aquiraz	Porto das Dunas	Vicente Abreu Neto		70				78					Eq	Dom	N	N
35	9574749	567042	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
36	9574817	567691	Aquiraz	Porto das Dunas	Paulo Airton Feijão		46			4,8	504					Eq	Dom	N	N
37	9574908	567405	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
38	9574964	567231	Aquiraz	Porto das Dunas	Dolorse de Alencar	01/01/1984	65									Eq	Dom	N	N
39	9575024	567380	Aquiraz	Porto das Dunas	Ana Paula		52			5						Eq	Dom	N	N
40	9575373	566856	Aquiraz	Porto das Dunas	José Wilson Lira											Eq	Dom	N	N
41	9575184	567096	Aquiraz	Porto das Dunas	Claudio											Eq		N	N
42	9574951	567173	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
43	9575103	567334	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
44	9575187	567308	Aquiraz	Porto das Dunas												Eq	Dom	N	N
45	9575703	566152	Aquiraz	Porto das Dunas	Adriano Siqueira		85				75					Eq	Dom	N	N
46	9574687	566936	Aquiraz	AV. LITORANEA	ACC Construções LTDA	01/01/1995	60			2,5						Eq	Dom	N	N
47	9575849	566249	Aquiraz	Cond. Mel Ville	Cond. Mel Ville						68					Eq	Dom	N	N
48	9574354	567062	Aquiraz	Cond. Porto das Dunas	Sérgio Barreira		80			1,8	72					Eq	Dom	N	N
49	9575870	566024	Aquiraz	Cond. Atalaia	Cond. Atalaia		95				163					Eq	Dom	N	N
50	9576199	566029	Aquiraz	Cond. Grangalleon	Cond. Grangalleon	01/01/1996	80				126					Eq	Dom	N	N
51	9576065	566064	Aquiraz	Buena Vista s/n	Neusa	2008	84				140,1	6,1	70	0,07	31	Eq	Dom	N	N
52	9575548	566362	Aquiraz	Dunnas Pizza	Dunnas Pizza		80									Ab	Dom	N	N
53	9575278	567356	Aquiraz	Ed. Porto dos Coqueiros	Ed. Porto dos Coqueiros						241					Eq		N	N
54	9574313	567396	Aquiraz	Etapa 2	Adriana Santos		40				85					Eq		N	N
55	9574580	567675	Aquiraz	Etapa 2	Luis Holanda Matos						420					Eq		N	N
56	9575061	567367	Aquiraz	ETAPA 2 N. 1900	Frankling						329					Eq	Dom	N	N
57	9575088	566871	Aquiraz	Etapa 3	Mariane Magalhães		75			2,5	62					Eq	Dom	N	N
58	9575099	566908	Aquiraz	Etapa 3	Lidila Vidal						87					Eq	Dom	N	N

APÊNDICE A - CADASTRO GERAL DOS POÇOS

NºOrdem	N	E	Município	Local	Proprietário	Data de perfuração	Prof (m)	NE(m)	ND(m)	Vaz (m³/h)	CE(µs/cm)	pH	STD	Satúrid	T°C	Situação	Uso	Perfil	Teste
59	9575040	566975	Aquiraz	Etapa 3	Fernando César de Oliveira											Ab	Dom	N	N
60	9574987	566906	Aquiraz	Etapa 3	Luís Barbosa Alves						81					Eq	Dom	N	N
61	9574933	566990	Aquiraz	Etapa 3	Ricardo Luis		60			4,5	71					Eq	Dom	N	N
62	9574820	567087	Aquiraz	Etapa 3	Dorival Barro		60									Eq	Dom	N	N
63	9574680	567161	Aquiraz	Rua Estrela do Mar	Francisco Antônio	2007	18				397	7,05	198,6	0,19	29,5	Eq	Mul	N	N
64	9575754	566580	Aquiraz	Etapa 4	José G. Martins Monteiro	01/01/1997	60			3						Ni	N	N	N
65	9575676	566568	Aquiraz	Etapa 4	Mário Carneiro		70				79					Eq	Dom	N	N
66	9575504	566530	Aquiraz	Etapa 4	José Golarido		80				85					Eq	Dom	N	N
67	9575567	566630	Aquiraz	Etapa 4	Marcos	01/01/1992	80			2	151					Eq	Dom	N	N
68	9575927	567214	Aquiraz	Etapa 4	Cláudio Henrique						249					Eq	Dom	N	N
69	9574876	567429	Aquiraz	Epata 4 - Casa 11 E 12	Erlano		61			6	163					Eq	N	N	N
70	9575294	567007	Aquiraz	Epata 4 Quadra 5	Paulo Ribeiro		61			3						Eq	Mul	N	N
71	9575837	567134	Aquiraz	Epata 4 N. 1730	José Pero de Sousa		42			2,8	248					Eq	Dom	N	N
72	9575561	566660	Aquiraz	Epata 4 N.1901	Irlz Paumela		40			2,5	66					Eq	Dom	N	N
73	9575640	566706	Aquiraz	Epata 4/RUA 2	Tecnica B. de Alimentos						76					Eq	Dom	N	N
74	95746518	566937	Aquiraz	Porta Castello 3025	Walter	2004	80				276	6,69	139,3	0,13	29,4	Eq	Dom	N	N
75	9575208	566584	Aquiraz	Via Arterial	Gilberto Holanda	01/01/1996	70			3	103					Eq	Dom	N	N
76	9573727	567457	Aquiraz	Via Arterial I, 7507	José Garcia	06/01/1997	50			1,5	72					Eq	Dom	N	N
77	9575914	566665	Aquiraz	Via Arterial.5599	José Carlos G. Costa		150									Eq	Dom	N	N
78	9575249	566779	Aquiraz	Via Arterial C	Mª Buzera de Melo		68			3,5	214					Eq	Dom	N	N
79	9575409	566701	Aquiraz	Via Arterial	Paulo Roberto de Carvalho	01/01/1993	52			2,5	120					Eq	Dom	N	N
80	9573354	567481	Aquiraz	Via Local 15	Rogério	01/01/1997	96			0,5	68,3	7	34,2	0,04	29,1	Eq	Dom	N	N
81	9574685	566829	Aquiraz	Via Local 17 - quadra 33	Mirante		120									Eq	Dom	N	N
82	9574680	566820	Aquiraz	Via Local 17, 2800	Mark Adrade		80									Eq	N	N	N
83	9574958	567293	Aquiraz	Via Local 21	Guilina Huminick		28									Eq	N	N	N
84	9575280	567047	Aquiraz	Via Local 21	Evaldo Ponte Correia		66			2,5						Eq	Dom	N	N
85	9575447	567330	Aquiraz	Via Local 27 A	José Arnon dos Santos						137					Eq	Dom	N	N
86	9574810	567826	Aquiraz	Via Local 27 A	Beach Park Suite	2011	11				548	6,75	274	0,27	31	Eq	Mul	N	N
87	9575237	567763	Aquiraz	Via Local 27 A	Francisco Pereira de Alencar						170					Eq	Dom	N	N
88	9575539	567313	Aquiraz	Via Local 27 B	Vicente Marcondes		38				116					Eq	N	N	N
89	9575424	567435	Aquiraz	Via Local 27 B	Wantan Laércio		60			1,6	90					Eq	Dom	N	N
90	9575825	567015	Aquiraz	Vila do Mar	Waldy Sombra Lopes Júnior						342					Eq	N	N	N
91	9576166	566940	Aquiraz	Village das Dunas	Village das Dunas		72				179					Eq	Dom	N	N
92	9575865	566137	Aquiraz	Ed. Paradiso	Ed. Paradiso		75				112					Eq	Dom	N	N
94	9575676	567323	Aquiraz	Av. Goffinhos, 1825	Oceania Empreem. Turismo	2005	27,5									Eq	Mul	S	S
95	9775557	567272	Aquiraz	Av. Goffinhos, 1825	Oceania Empreem. Turismo	2005	27									Eq	Dom	S	S
96	9576030	567018	Aquiraz	Via Local F/4* - etapa A	Cond. Portomarís Resort	2004	80				22,5	6,21	822	0,82	31,4	Eq	Mul	S	S
97	9576071	566977	Aquiraz	Via Local F-4* etapaA	Cond. Portomarís Resort	2005	24									Eq	Mul	S	S
98	9574351	568114	Aquiraz	Rua Local, 25-1ª etapa	Cond. Terramarís Resort	2006	28									Eq	Mul	S	S
99	9574304	568136	Aquiraz	Rua Local, 25-1ª etapa	Cond. Terramarís Resort	2006	26,5									Eq	Mul	S	S
100	9576653	565700	Aquiraz	Via Local G	Cond. Dunas Flat	2007	52									Eq	Mul	S	S
101	9574200	568226	Aquiraz	Cond. Gransol Resort	Cond. Gransol Resort	2007	15									Eq	Mul	S	S
102	9575820	566640	Aquiraz	Av. Lals Sidrim Targino	Shopping Ville	2008	20									Eq	Mul	S	S
165	9573510	568139	Aquiraz	Colméia	Thiago	2009	9				122,8	7,07	81,4	0,06	28,6	Eq	Mul	N	N
166	9575838	566606	Aquiraz	Av. Mediterrâneo	Gilberto	1996	8				367	6,62	183,3	0,18	29,9	Eq	Mul	N	N
167	9574970	565987	Aquiraz	rua do res. cascals	Cleiton	2005	85				82,9	6,1	41,5	0,04	29,7	Eq	Mul	N	N
169	9575154	567090	Aquiraz	Rua Leão Marinho	Danilo	2003	12				330	6,73	165,1	0,16	30	Eq	Dom	N	N
103	9568550	572460	Aquiraz	Prairinha		27/6/1988	40	9,5	21	2						Dom	S	S	S
104	9568530	572421	Aquiraz	Prairinha		09/11/1985	40	2	10	7,2						Dom	S	S	S
105	9568585	572475	Aquiraz	Prairinha		21/12/1985	70	17	32	2						Dom	S	S	S
106	9568600	572465	Aquiraz	Prairinha		17/11/1987	49	0,6	12,1	12,3						Mul	S	S	S
107	9568580	572452	Aquiraz	Prairinha		05/07/1983	49	12	35,6	1						Dom	S	S	S
108	9568547	572427	Aquiraz	Prairinha		19/10/1984	42			2,2						Mul	S	S	S
109	9568590	572472	Aquiraz	Prairinha		21/3/1985	54,4	12	38	3						Dom	S	S	S
110	9569002	5723355	Aquiraz	Av. Litorânea	D. Fátima	2004	7				1,49	7,87	0,74	0,01	29,8	Eq	Dom	N	N
111	9568854	572503	Aquiraz	Prairinha		27/9/1984	55	4	34	1,75						S	S	S	S
112	9568712	572150	Aquiraz	Alto do Pal Zô	Paulo	1994	28				787	8,23	393	0,38	30,9	Eq	Dom	N	N
113	9568720	572070	Aquiraz	Prairinha	Prefeitura de Aquiraz	30/5/1996	36									Eq	Mul	N	N

APÊNDICE B

**Sistemas Hidrogeológicos e distribuição dos poços
cadastrados na área de estudo**

APÊNDICE C – RELAÇÃO DOS POÇOS VISITADOS

Nº	UTM-N	UTM-E	Município	Localidade	Endereço	Proprietário	Data	Prof (m)	CE(µs/cm)	pH	STD (mg/L)	T°C	Situação	Uso
1	9576430	565675	Aquiraz	Porto das Dunas	Potugal village	Paulo Weber	2010	84	177,3	6,21	88,6	31,5	Eq	Dom
51	9576848	565869	Aquiraz	Porto das Dunas	Buena Vista s/n	Neusa	2008	80	140,1	6,1	70	31	Eq	Dom
2	9575946	566161	Aquiraz	Porto das Dunas	Tropical Residence 1661	Francisco	2002	48	267	6,4	133,7	29,5	Eq	Dom
31	9574628	566952	Aquiraz	Porto das Dunas	Marino Beach Residence	Solange	1998	60	312	6,63	156,1	29,5	Eq	Dom
74	95746518	566937	Aquiraz	Porto das Dunas	Porta Castello 3025	Walter	2004	80	278	6,69	139,3	29,4	Eq	Dom
20	9573918	567076	Aquiraz	Porto das Dunas	Dunas XXI	Antônio	1905	90	116,4	6,08	58,2	30,1	Eq	Dom
80	9573354	567481	Aquiraz	Porto das Dunas	Via Local 15	Rogério	1997	96	68,3	7	34,2	29,1	Eq	Dom
165	9573510	568139	Aquiraz	Porto das Dunas	Colméia	Thiago	2009	9	122,8	7,07	61,4	28,6	Eq	Dom
101	9574200	568226	Aquiraz	Porto das Dunas	Cond. Gransol Resort	Cond. Gransol Resort	2007	15	364	6,71	182,1	30,5	Eq	Dom
23	9574200	567655	Aquiraz	Porto das Dunas	Via Local	D.Natália	1983	13,5	260	7,66	129,8	29,9	Eq	Dom
86	9574810	567826	Aquiraz	Porto das Dunas	Via Local 27 A	Beach Park Suite	2011	11	548	6,75	274	31	Eq	Dom
63	9574680	567161	Aquiraz	Porto das Dunas	Rua Estrela do Mar	Francisco Antônio	2007	18	397	7,05	198,6	29,5	Eq	Dom
96	9576030	567018	Aquiraz	Porto das Dunas	Via Local F/4º - etapa A	Cond. Portomaris Resort	2004	60	911	6,21	455	31,4	Eq	Dom
166	9575838	566606	Aquiraz	Porto das Dunas	Av. Mediterrâneo	Gilberto (Aqua ville)	1996	8	367	6,62	183,3	29,9	Eq	Dom
167	9574970	565987	Aquiraz	Porto das Dunas	rua do res. cascais	Cleiton	2005	85	82,9	6,1	41,5	29,7	Eq	Dom
169	9575154	567090	Aquiraz	Porto das Dunas	Rua Leão Marinho	Danilo	2003	12	330	6,73	165,1	30	Eq	Dom
114	9567896	572373	Aquiraz	Prainha	Rua Tomás de aquino	Mª Efigênia	2003	60	444	7,3	221	30,9	Eq	Dom
158	9568158	572373	Aquiraz	Prainha	Rua Tomás de Aquino	SPA New Life	2003	60	1072	7,35	536	28	Eq	Dom
157	9568384	572456	Aquiraz	Prainha	Rua Tom Jobim	Sr. Jonas	1982	50	201	6,68	100,4	31	Eq	Dom
170	9568386	572660	Aquiraz	Prainha	Cont. de CE	Sr. Valmir		6	904	6,74	452	29,5	Eq	Dom
171	9568720	572490	Aquiraz	Prainha	esquina da rua p/ praia	Felipe		9	904	6,55	452	29,3	Eq	Dom
110	9569002	572355	Aquiraz	Prainha	Av. Litorânea	D. Fátima	2004	7	1,49	7,3	0,74	29,5	Eq	Dom
142	9568536	572316	Aquiraz	Prainha	Rua da Igreja	Luzia	2011	15	699	6,77	349	28,7	Eq	Dom
172	9568704	572085	Aquiraz	Prainha	Rua Alto Alegre	Chafariz	1982	18	449	6,94	225	30,9	Eq	Dom
161	9568826	572007	Aquiraz	Prainha	Alto do Pai Zé 993	Maria Lima	2003	27	695	6,65	347	30,2	Eq	Dom
173	9568672	572310	Aquiraz	Prainha	Corrente	Fonte Natural			462	6,57	231	30,3	Eq	Dom

APÊNDICE D – ANÁLISES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS AMOSTRADAS

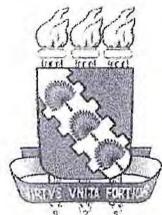
Nº do Poço	UTM-N	UTM-E	Local	Amônia(mg/L NH3)	Nitrito (mg/L NO2-)	Nitrato (mg/L N-NO3-)	Dureza Total (CaCO3 mg/L)	Alcalinidade Total (CaCO3 mg/L)	Sódio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Bicarbonato (mg/L)	Cloreto (mg/L)	Fluoreto (mg/L)	Turbidez (mg/L)
1	9576430	565675	PD	0,02	0,02	11	160	12	14	2	15	46	0,06	3,9
31	9574628	566952	PD	0,02	0,02	6	164	24	14	2	30	34	0,06	4,8
80	9573354	567481	PD	0,16	0,02	0,2	88	20	4	2	25	38	0,06	57
86	9574810	567826	PD	0,17	0,06	9	24	65	39	6	79	112	0,08	16,5
96	9576030	567018	PD	0,02	0,02	0,2	36	32	39	4	39	50	0,2	9,8
110	9569002	572355	P	0,02	0,02	15	244	214	72	4	261	180	0,3	8,9
114	9567896	572373	P	0,02	0,02	0,2	172	81	57	14	99	90	0,1	10,1
131	9568374	571993	P	0,08	0,06	29	100	57	39	11	69	74	0,2	60
142	9568536	572316	P	0,02	0,02	14	148	48	32	9	59	74	0,1	5,7
158	9568158	572373	P	0,02	0,02	1	72	36	104	11	44	276	0,3	6,4
161	9568826	572007	P	0,02	0,02	72	304	48	79	20	59	104	0,09	6
165	9573510	568139	PD	0,02	0,02	1	16	28	7	2	35	38	0,06	5,6
167	9574970	565987	PD	0,02	0,02	2	140	16	11	2	20	28	0,07	6,5
170	9568386	572660	P	0,3	1,07	20	20	81	64	11	99	120	0,06	8,9
178	9568772	572353	P	0,08	0,06	19	40	93	50	9	113	82	0,2	5,4
169	9575154	567090	PD	0,06	0,02	8	48	36	22	4	44	52	0,07	5,3

PD: Porto das Dunas

P: Prainha

Nº	UTM-N	UTM-E	Município	Localidade	Endereço	Proprietário	Data	Prof (m)	CE(µs/cm)	pH	STD (mg/L)	T°C	Situação	Uso
112	9568712	572310	Aquiraz	Prainha	Alto do Pai Zé	Paulo	1994	28	787	8,23	393	30,9	Eq	Dom
131	9568374	571993	Aquiraz	Prainha	Cond. Alto da Prainha	Loana	1985	60	561	6,6	281	29,6	Eq	Dom
174	9568690	572037	Aquiraz	Prainha	As 13 braça	Chafariz	1998	60	122,3	6,57	61,1	30,5	Eq	Dom
175	9570048	571318	Aquiraz	Prainha	Itacaranha	Josenias	1996	7	680	7,53	340	29,5	Eq	Dom
176	9572174	569574	Aquiraz	Prainha	Av. Litorânea	Bomba manual		8	468	7,73	234	29,8	Eq	Dom
177	9568428	572167	Aquiraz	Prainha	Rua Tom jobim	Beatriz	2003	30	292	6,44	145,9	30,6	Eq	Dom
178	9568772	572353	Aquiraz	Prainha	rendeiras	Manuel	1983	8	631	6,72	316	30,8	Eq	Dom
179	9569332	571815	Aquiraz	Prainha	Pousada Gran Playa	denise	2006	9	819	8,11	410	30,2	Eq	Dom

LEGENDA: Prof (m)- Profundidade; CE (µs/cm) – Condutividade elétrica; STD (mg/L) – Sólidos Totais Dissolvidos; T°C – Temperatura a 25°C; Eq – Equipado; Dom - Doméstico



Universidade Federal do Ceará
Centro de Ciências
Departamento de Geologia

**ASPECTOS QUALITATIVOS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
FREÁTICAS DA FAIXA COSTEIRA DO PORTO DAS DUNAS
E PRAINHA, AQUIRAZ – CEARÁ**

**Apêndice B: SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS E
DISTRIBUIÇÃO DOS POÇOS**

Autora: Virgínia Pereira de Sousa

Orientador: Itabaraci Nazareno Cavalcante

Co-Orientadora: Maria da Conceição Rabelo Gomes

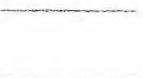
Local: Fortaleza - CE

Data: Janeiro/2012

Sistemas Hidrogeológicos

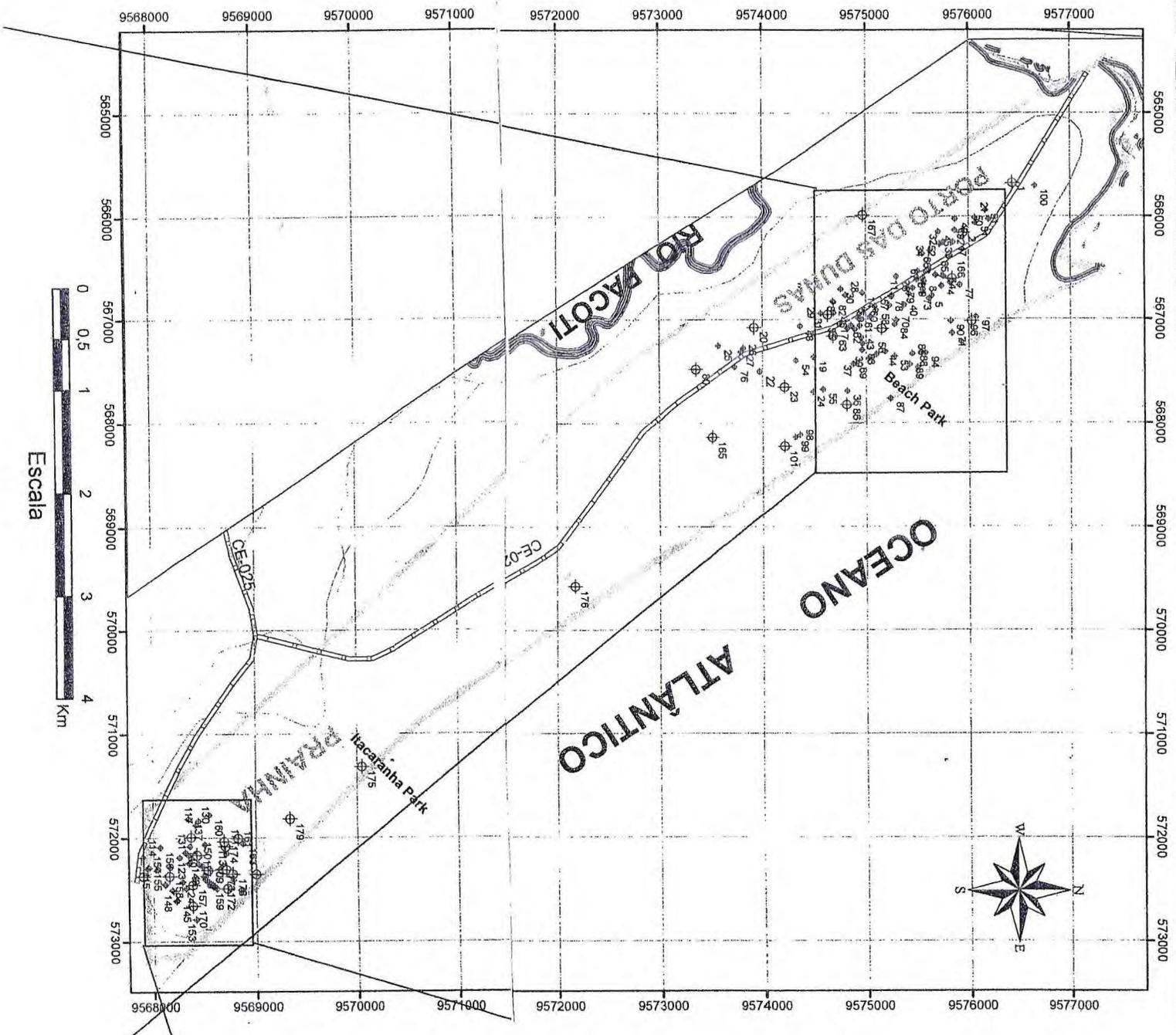
 Aluvionar: porosos, permeáveis, de pequenas e médias espessuras, de granulometria média a fina, apresenta frequentemente, intercalações de níveis areno-argilosos e orgânicos, provenientes da ação erosiva sobre rochas sedimentares e migração de partículas das zonas de mangue.

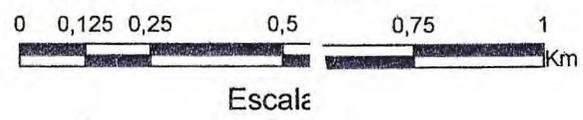
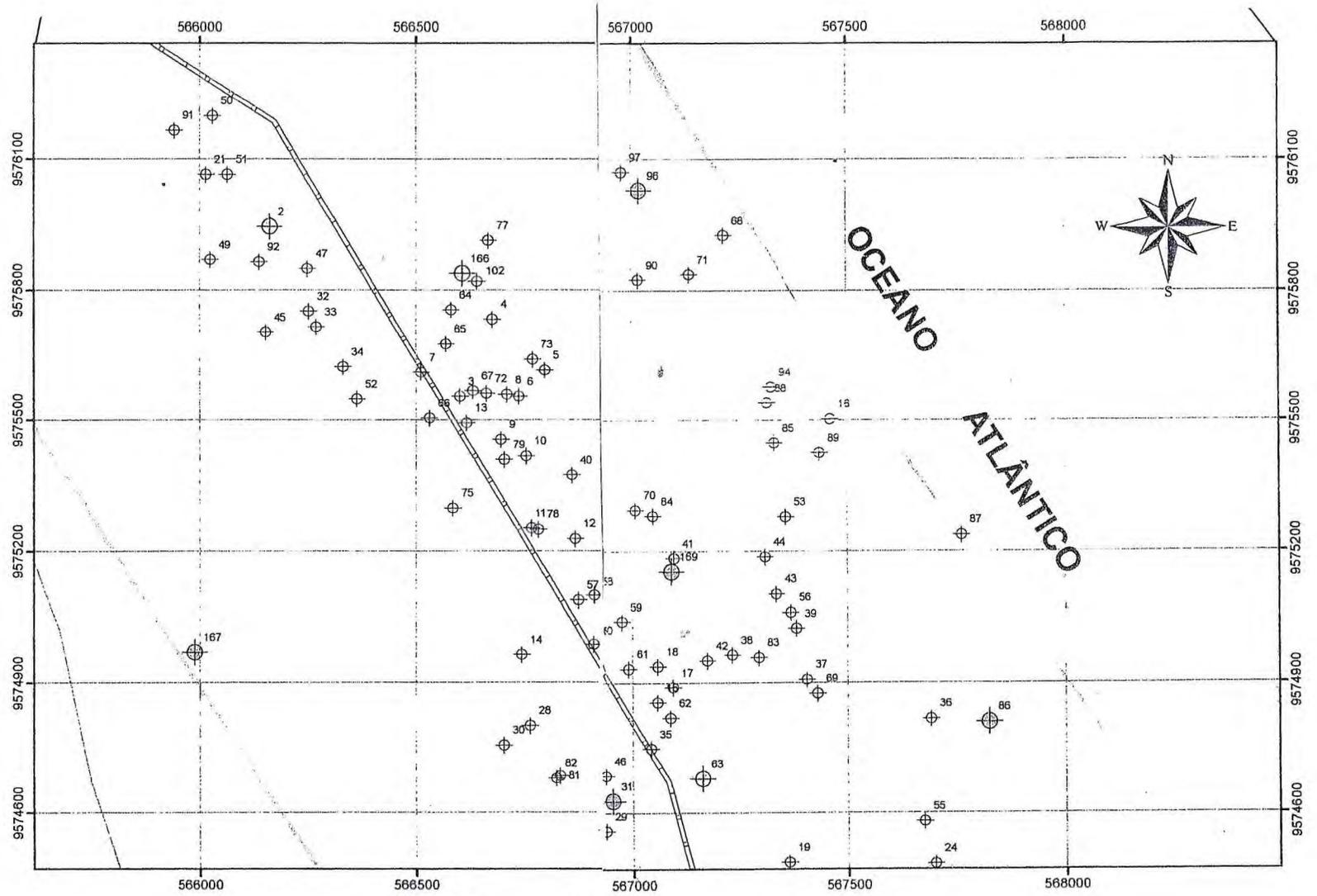
 Dunas: areias pouco consolidadas e extremamente homogêneas, textura de grãos arredondados, granulometria de fina à média com espessura em torno de 15m, profundidade de até 80 metros e vazões até 10 m³/h.

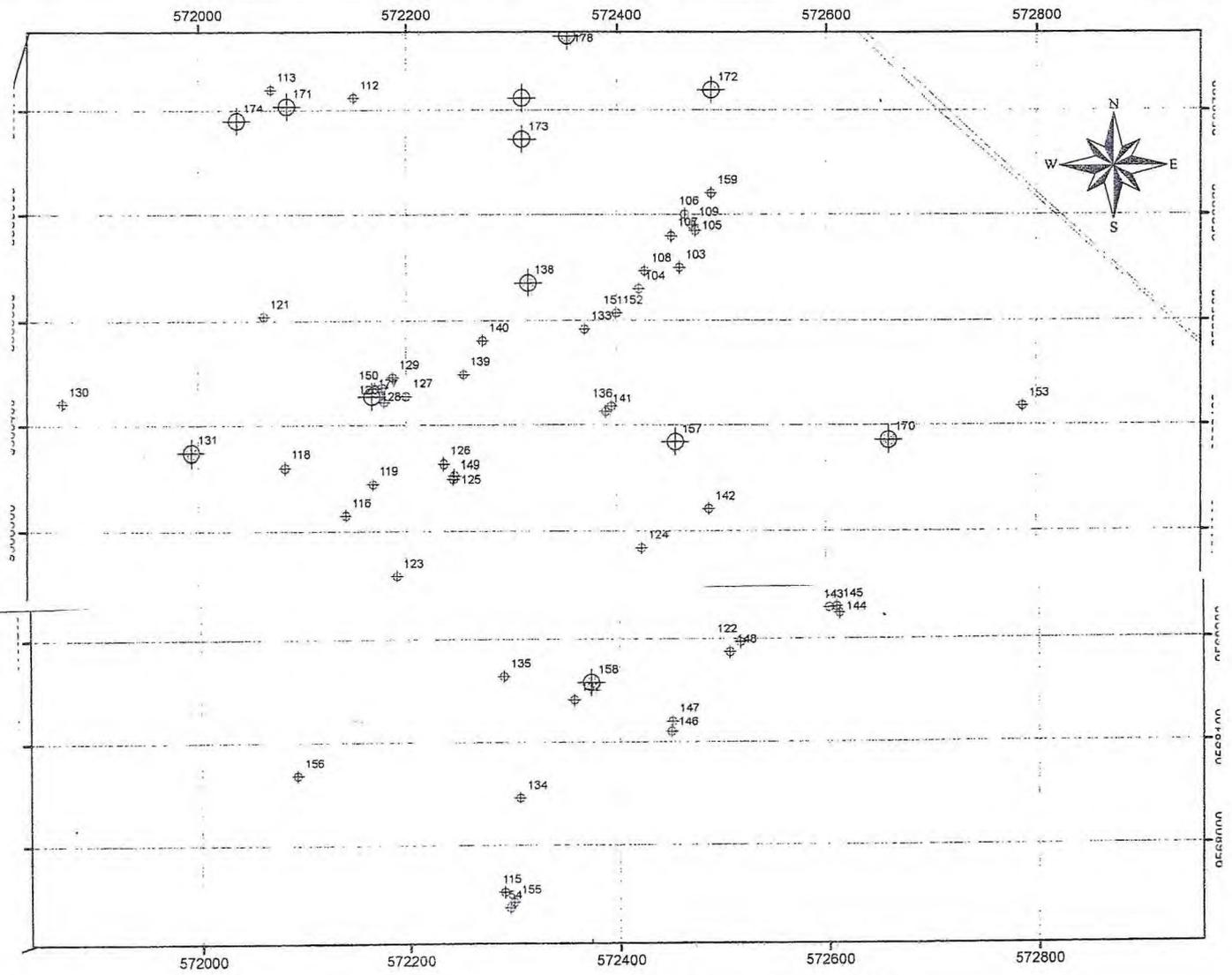
 Barreiras: sedimentos clásticos terciários, arenitos argilosos, coloração variada com matizes avermelhado, amarelado e cinza esbranquiçado, sua matriz apresenta cimento argiloso, ferruginoso ou silicoso, aparecem níveis lateríticos.

LEGENDA

- ⊕ Poços com águas Analisadas
- ⊕ Poços Visitados e com águas analisadas
- ⊕ Poço
- Rio Pacoti
- == Rodovia Estadual
- - Drenagem Secundária
- - Limite da Área
- - Estuário







Escala