



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

KAREN VENDRAMINI DE ARAÚJO

**RISCO E IMPACTOS DE POLUIÇÃO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PELO USO
E OCUPAÇÃO DO SOLO NO PORTO DAS DUNAS – AQUIRAZ/CE**

FORTALEZA

2014

KAREN VENDRAMINI DE ARAÚJO

RISCO E IMPACTOS DE POLUIÇÃO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PELO USO
E OCUPAÇÃO DO SOLO NO PORTO DAS DUNAS – AQUIRAZ/CE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, do Departamento de Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geologia. Área de Concentração: Geologia

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

FORTALEZA
Julho/2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- A689r Araújo, Karen Vendramini de.
 Risco e impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE / Karen Vendramini de Araújo. – 2014.
 104 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geologia, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2014.
 Área de Concentração: Geologia.
 Orientação: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante.
1. Geologia ambiental. 2. Aquíferos. 3. Águas subterrâneas - Poluição. I. Título.

KAREN VENDRAMINI DE ARAÚJO

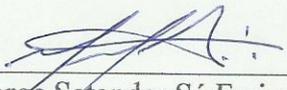
RISCO E IMPACTOS DE POLUIÇÃO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PELO USO
E OCUPAÇÃO DO SOLO NO PORTO DAS DUNAS – AQUIRAZ/CE

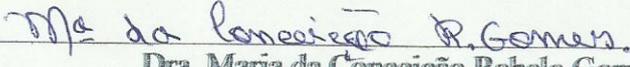
Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Geologia, do
Departamento de Geologia do Centro de
Ciências da Universidade Federal do Ceará,
como requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Geologia. Área de
Concentração: Geologia

Aprovada em 28/07/2014

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante – DEGEO/CC/UFC


Prof. Dr. George Satander Sá Freire - DEGEO/CC/UFC


Dra. Maria da Conceição Rabelo Gomes

Dedico este trabalho à minha família, em especial ao meu namorado, Rafael Mota que sempre me apoiou e ajudou na sua realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Orlando Melo e Gislaine Vendramini, à minha família, em especial a minha irmã, Priscilla Vendramini e ao meu namorado, Rafael Mota pelo apoio incondicional, permitindo que eu chegasse a esta etapa final.

Ao meu orientador, prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante pela ajuda, esclarecimentos e apoio.

Aos amigos do Laboratório de Hidrogeologia, em especial a Conceição Rabelo, aos colegas do Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada, principalmente ao prof. Dr. George Satander Sá Freire pela compreensão e apoio.

Aos professores e funcionários do Departamento de Geologia da UFC, especialmente ao secretário Leal Neto pela ajuda sempre que solicitado.

Ao CNPq pelo apoio financeiro referente à Bolsa de Mestrado durante o período de março/2012 a fevereiro/2014, diretamente associado à duração do curso.

*“A verdadeira riqueza de um homem é o bem que ele faz ao seu semelhante”
(Mahatma Gandhi).*

RESUMO

Este trabalho foi realizado no Porto das Dunas, no município de Aquiraz, Ceará, com o objetivo de avaliar o risco e os impactos de poluição nas águas subterrâneas, decorrentes do uso e ocupação do solo. A metodologia de trabalho constou de pesquisa bibliográfica, elaboração do cadastro de poços e bases temáticas, atualização do cadastro de poços pré-existente, obtenção de dados de pH, sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade elétrica (CE) em 32 poços, coleta de 15 amostras para análises físico-químicas e bacteriológicas e tratamento e integração dos dados. O Porto das Dunas possui um turismo intenso, sendo densamente ocupado por casas de veraneio, hotéis, resorts e empreendimentos turísticos. Porém, a área não dispõe de rede de abastecimento de água e nem rede de esgoto, sendo totalmente abastecida por água subterrânea e o despejo de esgoto realizado através de fossas sépticas ou negras. O Aquífero Dunas é o mais importante na área de pesquisa tanto em ocorrência (90%) quanto em potencial hídrico. Com base na metodologia GOD, o Aquífero Dunas, na área de pesquisa, possui vulnerabilidade média a alta. A vulnerabilidade do Aquífero Dunas associada a uma carga contaminante constante proveniente das fossas sépticas existentes na área representa um alto risco de poluição das águas subterrâneas do Porto das Dunas. Os impactos decorrentes do uso e ocupação do solo foram avaliados através do estudo qualitativo das águas subterrâneas da área de pesquisa realizado com base nos parâmetros de pH, sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade elétrica (CE) obtidos em campo e análises físico-químicas e bacteriológicas. Verificou-se que as concentrações de pH, STD e CE encontram-se dentro dos padrões recomendados pela Portaria nº 2914/2011 do MS. Já as 15 análises físico-químicas realizadas apresentaram concentrações de dureza, turbidez, fluoretos, sódio e nitrito dentro dos padrões de potabilidade e concentrações de cloretos (1 amostra), ferro (2 amostras) e nitrato (1 amostra) fora dos padrões de potabilidade. Em relação à qualidade microbiológica das águas, verificou-se que 94% das amostras analisadas apresentaram coliformes totais ou fecais. A presença de coliformes nas águas subterrâneas indica contaminação oriunda das fossas domésticas existentes na área.

Palavras-chave: Risco. Poluição. Águas subterrâneas. Porto das Dunas.

ABSTRACT

This work was performed at Porto das Dunas, in the city of Aquiraz, aiming to assess the risk and impacts of pollution in groundwater, resulting from the use and occupation of area. The methodology consisted of a literature search, preparation of records of wells and thematic bases, updating the register of pre-existing wells, obtaining data for pH, total dissolved solids (TDS) and electrical conductivity (EC) in 32 wells, collecting 15 samples for physicochemical and bacteriological analysis and processing and data integration. Porto das Dunas has an intense tourism, being densely occupied by homes, hotels, resorts and tourist developments. However, the area does not have a water supply and sewerage system, being fully supplied by groundwater and the disposal of sewage accomplished through septic cesspools. The Dunes Aquifer is the most important in the area of research both in occurrence (90%) and in water potential. Based on the methodology GOD, the Dunes Aquifer in the area of research, has medium to high vulnerability. The vulnerability of the Dunes Aquifer associated with a constant contaminant load from septic cesspools existing in the area is a high risk of groundwater pollution from Porto das Dunas. The impacts of the use and occupation were assessed using qualitative study of groundwater in the area of research performed based on the parameters of pH, total dissolved solids (TDS) and electrical conductivity (EC) from the field and physicochemical and bacteriological analyzes. It was found that concentrations of pH, TDS and EC are within recommended by Ordinance n° 2914/2011 MS standards. Have the 15 physicochemical analyzes showed concentrations of hardness, turbidity, fluoride, sodium nitrite within the potability standards and concentrations of chloride (1 sample), iron (2 samples) and nitrate (1 sample) out of potability standards. In the microbiological quality of water, it was found that 94% of the samples showed total or fecal coliforms. The presence of coliforms indicates contamination in groundwater arising from existing domestic cesspools in the area.

Keywords: Risk. Pollution. Groundwater. Porto das Dunas

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização da área de estudo.....	15
Figura 02 - Distribuição dos poços pré-cadastrados na área de pesquisa.....	18
Figura 03 - Método GOD para determinação da vulnerabilidade do aquífero à poluição.	22
Figura 04 - Médias mensais de precipitação atmosférica no município de Aquiraz (Período de 1979 a 2013).....	31
Figura 05 - Médias mensais de temperatura no município de Aquiraz.....	32
Figura 06 - Representação gráfica do balanço hídrico no município de Aquiraz (Período de 1979 a 2013).....	35
Figura 07 – Mapa litológico do Porto das Dunas - Aquiraz/CE.....	42
Figura 08 - Sistemas hidrogeológicos e distribuição dos poços cadastrados no Porto das Dunas - Aquiraz/CE.....	45
Figura 09 - Perfil construtivo e litológico do poço tubular P92, localizado na Avenida dos Golfinhos no Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9575576/567323.....	46
Figura 10 - Perfil construtivo e litológico do poço tubular P103, localizado no Porto das Dunas. Coord.: 9575860/566520.....	48
Figura 11 - Situação dos poços cadastrados na área de estudo.....	50
Figura 12 - Tipos de poços cadastrados na área de estudo.....	51
Figura 13 - Finalidade dos poços cadastrados na área de estudo.....	52
Figura 14 - Tipos de revestimentos dos poços cadastrados na área de estudo.....	53
Figura 15 - Profundidade dos poços cadastrados na área de estudo.....	54
Figura 16 - Vazão dos poços cadastrados na área de estudo.....	54
Figura 17 - Nível Estático dos poços cadastrados na área de estudo.....	55
Figura 18 - Área de pesquisa em 1958, antes da ocupação urbana.....	60
Figura 19 - Área de pesquisa em 2013, apresentando cerca de 80% de ocupação urbana.	61
Figura 20 – Zoneamento tendencial do nível estático dos poços do Porto das Dunas, Aquiraz - CE.....	63
Figura 21 – Vulnerabilidade à poluição do Aquífero Dunas no Porto das Dunas – Aquiraz – CE.....	66
Figura 22 - Isolinhas com zoneamento tendencial do pH nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	73

Figura 23 - Isolinhas com zoneamento tendencial do STD nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	75
Figura 24 - Isolinhas com zoneamento tendencial da CE nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	76
Figura 25 - Isolinhas com zoneamento tendencial dos cloretos nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	79
Figura 26 - Isolinhas com zoneamento tendencial do sódio nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	81
Figura 27 - Isolinhas com zoneamento tendencial da dureza total nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	82
Figura 28 - Isolinhas com zoneamento tendencial da turbidez das águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	84
Figura 29 - Isolinhas com zoneamento tendencial do ferro total nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	86
Figura 30 - Isolinhas com zoneamento tendencial dos fluoretos nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	87
Figura 31 - Isolinhas com zoneamento tendencial do nitrato nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	89
Figura 32 - Isolinhas com zoneamento tendencial do nitrito nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	90
Figura 33 - Contaminação microbiológica das águas subterrâneas do Porto das Dunas (Maio/2014).....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Classificação das águas segundo a dureza em mg/L de CaCO ₃ (Custódio & Llamas, 1983).....	23
Tabela 02 - Valores para o balanço hídrico no município de Aquiraz, no período de 1979 a 2013, calculado pelo método de Thorntwaite.....	34
Tabela 03 - Índice GOD para o nível estático.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Índice de vulnerabilidade do Aquífero Dunas no Porto das Dunas, Aquiraz/CE.....	65
Quadro 02 - Parâmetros obtidos em campo nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014).....	71
Quadro 03 – Análises físico-químicas das águas subterrâneas do Porto das Dunas (Maio/2014).....	78
Quadro 04 – Análises bacteriológicas das águas subterrâneas do Porto das Dunas (Maio/2014).....	93

LISTA DE FOTOS

Foto 01 - GPS <i>Garmim GPSmap 60CSx</i>	19
Foto 02 - Medidor eletro-sonoro de nível estático <i>Jaciri</i> com capacidade para 100 metros.....	19
Foto 03 - Medidor multi-parâmetros <i>Metter Toledo</i>	19
Foto 04 - pHmetro modelo MA 522/P <i>Marconi</i>	19
Foto 05 - Rua Arabaiana no Porto das Dunas, Aquiraz - CE, sem pavimentação apresentando processo erosivo. Coord.: 9573820/567656. Janeiro/2014.....	29
Foto 06 - Avenida Medusa no Porto das Dunas, Aquiraz - CE, parcialmente alagada por falta de sistema de drenagem. Coord.: 9575904/566981. Janeiro/2014.....	29
Foto 07 - Vegetação arbórea em dunas fixas no Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9576411/566098. Janeiro/2014.....	36
Foto 08 - Vegetação arbustiva em dunas fixas no Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9573810/566656. Janeiro/2014.....	37
Foto 09 - Mangue do Rio Pacoti no Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9577291/564548. Janeiro/2014.....	38
Foto 10 - Campo de dunas no Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9577291/564548 (Janeiro/2014).....	39
Foto 11 - Estuário do Rio Pacoti no Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9576408/566103. Janeiro/2014.....	39

Foto 12 - Faixa de praia no Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9576021/567210. Janeiro/2014.....	40
Foto 13 - Poço tubular (em uso) sem proteção sanitária, localizado na Av. Cajueiro, s/n. Coord.: 9575266/567127 (Janeiro/2014).....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
COELCE	Companhia Energética do Ceará
CE	Condutividade Elétrica
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MS	Ministério da Saúde
ND	Nível Dinâmico
NE	Nível Estático
PVC	Polietileno Vinil Carbono
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
PA	Poço Amazonas
PT	Poço Tubular
SIG	Sistema de Informação Geográfica
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transversal de Mercator
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico
ZET	Zona Especial de Interesse Turístico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Justificativa.....	14
1.2. Localização e acesso.....	15
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Geral.....	16
1.3.2. Específicos.....	16
2. METODOLOGIA DE TRABALHO	17
2.1. Etapa pré-campo.....	17
2.2. Etapa de Campo.....	19
2.3. Etapa pós-Campo.....	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
3.1. Zona Costeira de Aquiraz e Região Metropolitana de Fortaleza.....	24
3.2. Uso e Ocupação do solo.....	26
4. ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS	28
5. ASPECTOS GEOAMBIENTAIS	30
5.1. Clima.....	30
5.2. Pluviometria.....	30
5.3. Temperatura.....	31
5.4. Balanço Hídrico.....	32
5.5. Vegetação.....	36
5.6. Geomorfologia.....	38
5.7. Solos.....	41
5.8. Geologia.....	41
5.8.1. Formação Barreiras.....	43
5.8.2. Depósitos Eólicos (Dunas).....	43
5.8.3. Depósitos Flúvio-Aluvionares.....	43
6. HIDROGEOLOGIA	44
6.1. Sistema Aquífero Barreiras.....	44
6.2. Sistema Aquífero Dunas.....	47
6.3. Sistema Aquífero Aluvionar.....	49
7. OBRAS DE CAPTAÇÃO	50
7.1. Tipos de poços.....	50
7.2. Finalidade das obras de captação.....	51
7.3. Tipos de Revestimento dos poços.....	52
7.4. Profundidade e vazão dos poços.....	53
7.5. Nível Estático dos poços.....	55
8. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	56
8.1. Legislação sobre uso e ocupação do solo.....	56
8.2. Caracterização do uso e ocupação do solo do Porto das Dunas.....	58
9. VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO DUNAS À POLUIÇÃO	62

10. RISCO DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	68
11. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	70
11.1. Classificação de Potabilidade (Consumo Humano).....	70
11.1.1. Parâmetros obtidos in situ.....	70
11.1.2. Análises físico-químicas.....	77
11.1.3. Análises bacteriológicas.....	91
12. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	94
REFERÊNCIAS.....	96
APÊNDICE A - Cadastro dos poços do Porto das Dunas – Aquiraz/CE	

1. INTRODUÇÃO

A ocupação do meio urbano deve ser condicionada às características do meio físico, incluindo os aspectos geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos, entre outros.

Segundo Cavalcante (1998), a Região Metropolitana de Fortaleza apresenta problemas derivados da escassez periódica de água, do mau uso das águas subterrâneas e da ocupação aleatória e desordenada do meio físico.

O Porto das Dunas pertence ao Compartimento Geomorfológico Dunas que desempenha papel relevante como aquífero, além de ser muito importante na dinâmica costeira necessitando, assim, de um controle especialmente rigoroso em relação ao uso e ocupação do solo.

As características do aquífero associadas ao crescimento urbano com conseqüente proliferação de fossas sépticas, ou negras, devido à falta de saneamento básico na área, representam um aumento no risco de contaminação das águas subterrâneas trazendo impactos diretos para a população, que tem na água subterrânea sua única fonte de abastecimento, utilizando-a para diversos fins.

1.1. Justificativa

Em função do elevado índice de crescimento imobiliário na região tornou-se necessária a realização de um estudo hidrogeológico direcionado à qualidade e as condições de aproveitamento dos recursos hídricos, associando-o, ao risco e aos impactos relacionados à poluição decorrentes do uso e ocupação do solo, tendo em vista a sua importância para as atividades coletivas, principalmente para consumo humano.

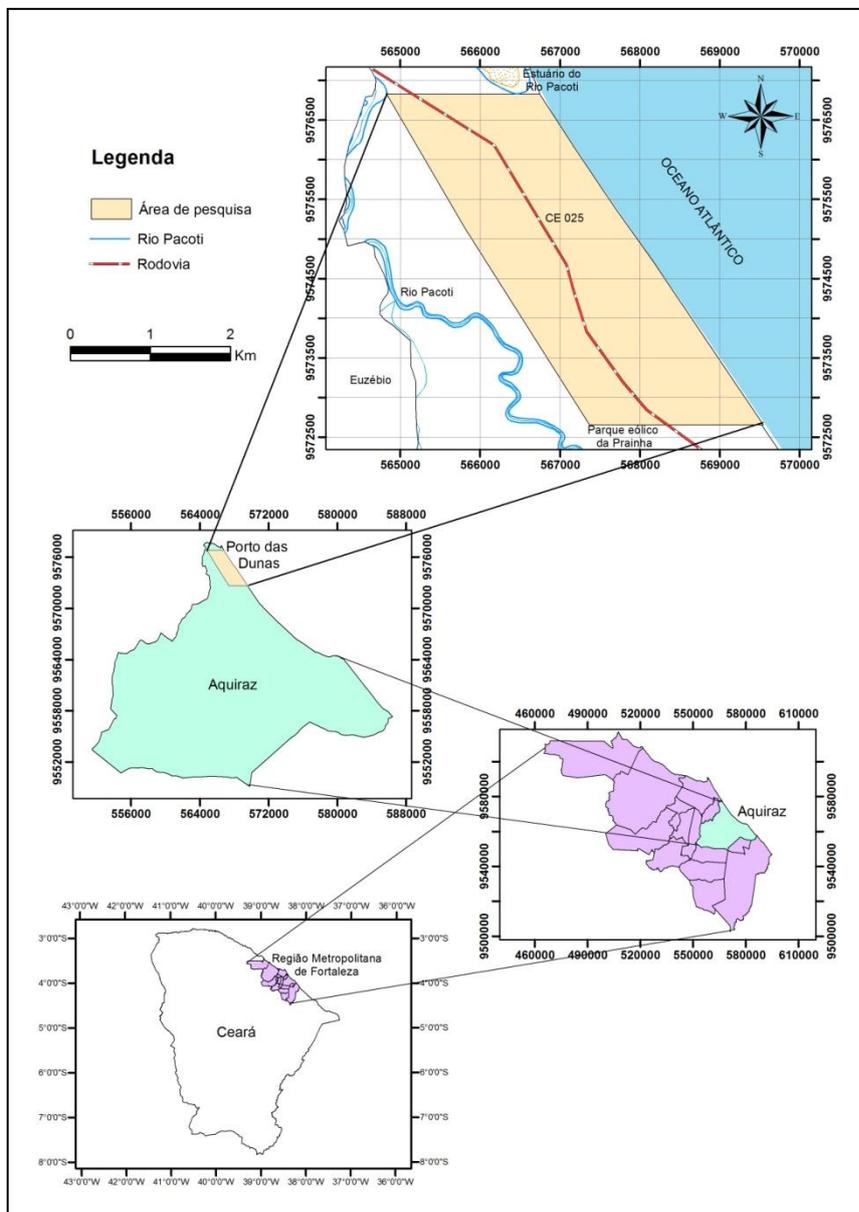
Dessa maneira, esta pesquisa busca oferecer subsídios hidrogeológicos que, integrados a realidade da área, possam, de maneira objetiva, contribuir para o desenvolvimento de uma política sustentável de uso e ocupação do meio físico visando à conservação dos recursos hídricos.

1.2. Localização e acesso

A área de pesquisa possui 9 km² e corresponde à faixa costeira localizada entre a foz o rio Pacoti e o Parque Eólico da Prainha, porção nordeste do município de Aquiraz (Figura 01).

O acesso à área partindo do município de Fortaleza é realizado inicialmente através da rodovia CE-040, e depois pela Av. Maestro Lisboa e CE-025.

Figura 01- Localização da área de pesquisa



1.3. Objetivos

1.3.1. Geral

Realizar o estudo do risco e dos impactos de poluição nas águas subterrâneas do Porto das Dunas em Aquiraz decorrentes do uso e ocupação do solo.

1.3.2. Específicos

- ❖ Atualizar o cadastro dos poços existentes na área;
- ❖ Avaliar a situação atual das obras de captação;
- ❖ Definir e caracterizar os sistemas hidrogeológicos da área;
- ❖ Relacionar o comportamento dos sistemas aquíferos com as características de uso e ocupação do solo;
- ❖ Obter, *in situ*, dados de pH, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Condutividade Elétrica (CE) e Nível Estático (NE);
- ❖ Avaliar a vulnerabilidade e o risco de poluição do Sistema Aquífero Dunas;
- ❖ Avaliar qualitativamente as águas subterrâneas através de análises físico-químicas e bacteriológicas, sob o foco do uso e ocupação do solo.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia adotada na elaboração desta pesquisa foi dividida em três etapas: Pré-Campo (pesquisa bibliográfica, elaboração do cadastro de poços e bases temáticas); Campo (Atualização do cadastro dos poços, medições de parâmetros *in situ* e coleta de amostras de água subterrânea para análises físico-químicas e bacteriológicas) e Pós-Campo (Tratamento e integração de dados).

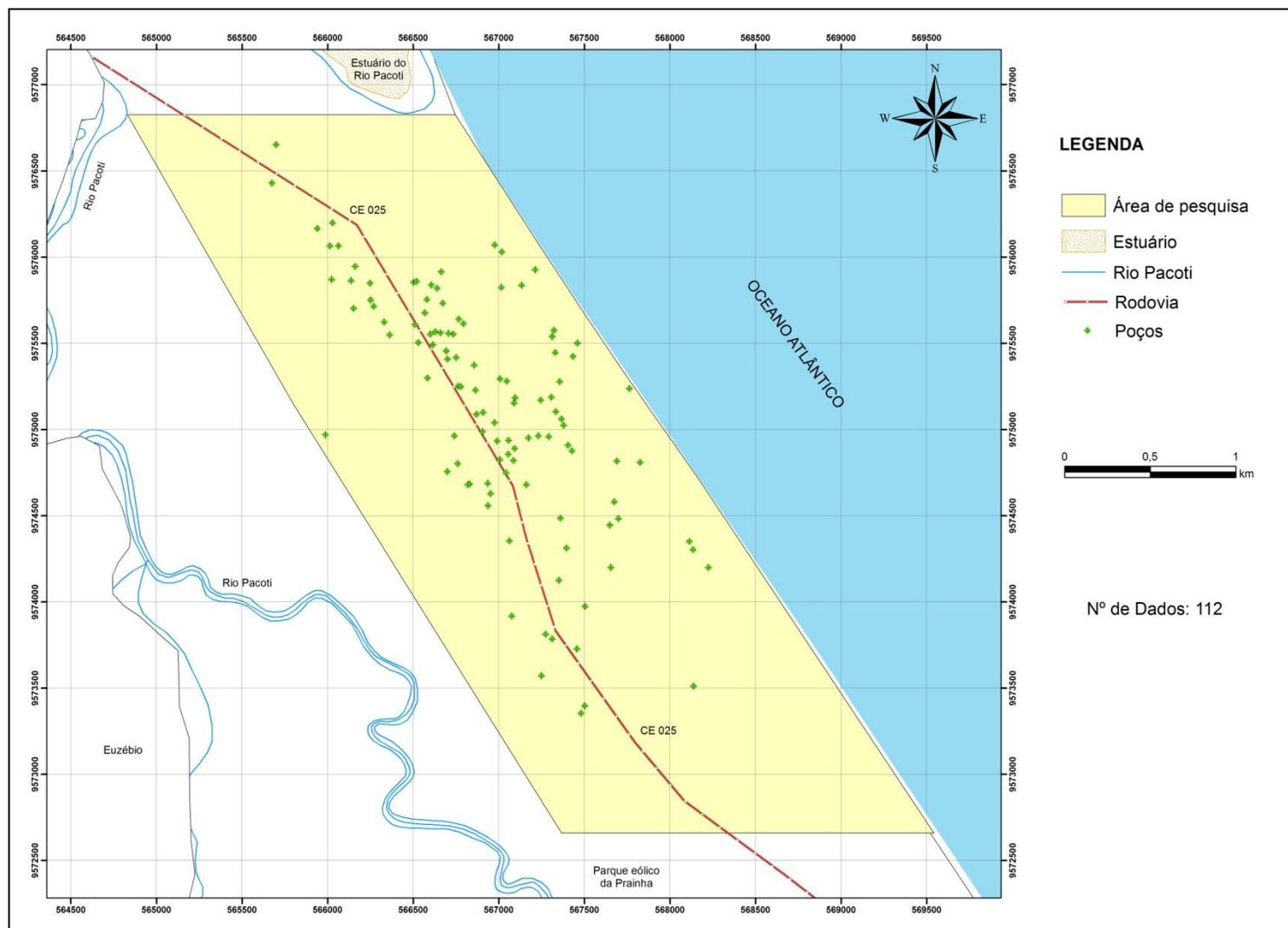
2.1. Etapa Pré-Campo

A pesquisa bibliográfica foi realizada junto aos órgãos públicos, tais como o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Universidade Federal do Ceará (UFC). Através dessa pesquisa foram obtidos dados referentes à geologia, hidrogeologia, aspectos socioeconômicos, geoambientais e legislação sobre uso e ocupação do solo, além de mapas temáticos.

A elaboração do cadastro de poços foi realizada através do levantamento dos dados construtivos e litológicos dos poços disponíveis nas fichas técnicas adquiridas no Serviço Geológico do Brasil (CPRM) através do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2013) e de empresas particulares com atuação na área, a exemplo da GEOHIDRO Ltda.

Os dados adquiridos nas etapas anteriores receberam um tratamento estatístico através do programa Excel (2007) para a confecção de mapas na escala de 1:18.000 utilizando programas computacionais no Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permitiram a visualização da distribuição dos poços existentes na área de estudo (Figura 02).

Figura 02 - Distribuição dos poços pré-cadastrados na área de pesquisa



2.2. Etapa de Campo

A etapa de campo foi dividida em duas etapas: na primeira, realizada em Janeiro de 2014, foi feita a atualização do cadastro dos poços existentes na área através da inclusão de 27 novos poços e obtenção de dados construtivos e litológicos não existentes nas fichas técnicas dos poços pré-cadastrados, bem como a obtenção de nível estático dos poços, pH, condutividade elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos. Para tanto, foram utilizados GPS Garmim GPSmap 60CSx (Foto 01), medidor eletro-sonoro de nível estático *Jaciri* com capacidade para 100 m (Foto 02), medidor multi-parâmetros *Metter Toledo* (Foto 03), pHmetro modelo MA 522/P *Marconi* (Foto 04) e máquina fotográfica digital.

Foto 01 - GPS *Garmim GPSmap 60CSx*



Fonte: Autora

Foto 02 - Medidor eletro-sonoro de nível estático *Jaciri* com capacidade para 100 metros



Fonte: Autora

Foto 03 - Medidor multi-parâmetros *Metter Toledo*



Fonte: Autora

Foto 04 - pHmetro modelo MA 522/P *Marconi*



Fonte: Autora

Na segunda etapa, realizada em Maio de 2014, foram coletadas 15 amostras de água subterrânea para a realização de análises físico-químicas e bacteriológicas. Para a coleta foram utilizadas garrafas plásticas de 1000 e de 200 ml, para as análises físico-químicas e bacteriológicas, respectivamente. Após a coleta, as garrafas foram mantidas refrigeradas e encaminhadas ao Laboratório de Análises Ambientais Bio Análise Pascoal, localizado em Fortaleza/CE para a realização dos procedimentos laboratoriais.

A seleção dos poços foi feita com base no uso da água e na distribuição dos poços buscando a melhor caracterização da área, resultando em informações mais representativas do meio físico.

2.3. Etapa Pós-Campo

A metodologia utilizada nas análises físico-químicas e bacteriológicas foi baseada no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998).

As análises físico-químicas foram realizadas com base nos seguintes parâmetros: alcalinidade total, cloretos, cálcio, magnésio, dureza total, ferro total, fluoretos, nitratos, nitritos, potássio, sódio, turbidez. As análises bacteriológicas foram para coliformes totais, fecais e bactérias heterotróficas, sendo aplicado o método *Membrane filter technique for members of the Coliform Group* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998).

Os dados de temperatura foram estimados pelo método de regressão linear através da planilha de cálculo Celina (Versão 1,0) desenvolvida pelo Laboratório de Climatologia/UFC.

Para a análise do uso e ocupação da área de pesquisa foram utilizadas fotografias aéreas de 1958, em escala de 1:70.000, fornecidas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e imagens de 2013 obtidas através do Google Earth (Versão Profissional).

A avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos foi realizada utilizando a metodologia GOD (FOSTER; HIRATA, 1991). Essa metodologia envolve os seguintes estágios:

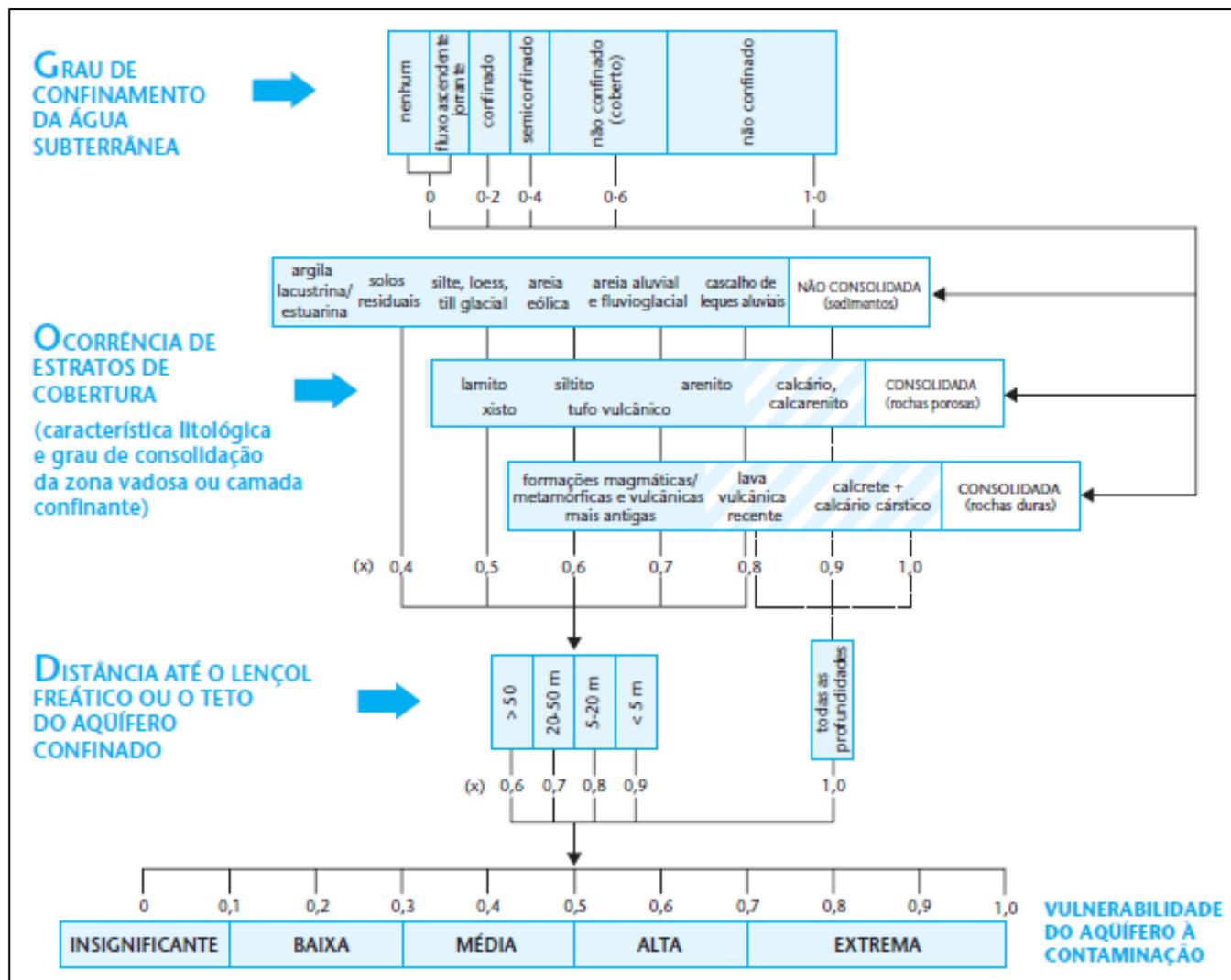
- 1) identificação do tipo de confinamento de água subterrânea, com a posterior indexação desse parâmetro na escala de 0,0 – 1,0;
- 2) especificação dos estratos de cobertura da zona saturada do aquífero em termos de grau de consolidação com provável presença ou ausência de permeabilidade por fissuras e tipo de litologia com porosidade indiretamente dinâmico-efetiva,

permeabilidade da matriz e teor de umidade da zona não saturada ou retenção específica; isto leva a uma segunda pontuação, em uma escala de 0,4 – 1,0;

- 3) estimativa da profundidade até o lençol freático (de aquíferos não confinados) ou da profundidade do primeiro nível principal de água subterrânea (para aquíferos confinados), com posterior classificação na escala de 0,6 – 1,0.

O índice final integral de vulnerabilidade do aquífero é o produto dos três índices desses parâmetros (Figura 03).

Figura 03 - Método GOD para determinação da vulnerabilidade do aquífero à poluição

Fonte: FOSTER *et al.*, 2006

Para a avaliação da qualidade das águas subterrâneas utilizou-se os dados obtidos em campo e os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas. Estes dados foram avaliados conforme o padrão de potabilidade da Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde de 12/12/2011 (BRASIL, 2011).

As análises físico-químicas foram organizadas em uma planilha Excel para ordenamento dos dados de pH, STD, CE, Cloretos, Dureza Total, Ferro Total, Turbidez, Fluoreto, Sódio, Nitrito e Nitrato em função das coordenadas UTM de cada poço amostrado. O método de interpolação usado foi a Krigagem (*Geostatistical Analyst*) realizada através do *software Surfer* (Versão 11) gerando mapas de zoneamento tendencial dos parâmetros físico-químicos.

Para a classificação da dureza das águas subterrâneas utilizou-se a classificação proposta por Custódio e Llamas (1983), que usa a dureza total em mg/L de CaCO₃ (Tabela 01).

Tabela 01 – Classificação das águas segundo a dureza em mg/L de CaCO₃ (Custódio e Llamas, 1983).

Tipo	Teor de CaCO₃ (mg/L)
Branda	< 50
Pouco Dura	50 – 100
Dura	100 – 200
Muito Dura	> 200

Os mapas geológico, hidrogeológico, uso e ocupação do solo, nível estático e vulnerabilidade do aquífero foram confeccionados em escala 1:18.000 utilizando programa computacional no Sistema de Informação Geográfica (SIG).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre os trabalhos listados na bibliografia, destacam-se aqueles realizados na Zona Costeira de Aquiraz e Região Metropolitana de Fortaleza e os trabalhos sobre uso e ocupação do solo.

3.1. Zona Costeira de Aquiraz e Região Metropolitana de Fortaleza

Cavalcante (1998) traçou diretrizes para o manejo integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos na Região Metropolitana de Fortaleza, apresentando fundamentos hidrogeológicos integrados ao uso e ocupação do meio físico, associado aos problemas de falta de saneamento básico e a não aplicação de cuidados na construção de poços, permitindo algumas vezes, a conexão com níveis hídricos superficiais poluídos, seja em termos de drenagens ou com níveis aquíferos freáticos.

Aguiar (1999) realizou a caracterização hidroquímica, isotópica e bacteriológica dos recursos hídricos subterrâneos no litoral de Caucaia, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará, para identificar os efeitos da ocupação urbana sobre os sistemas aquíferos. Considerou necessário e urgente a adoção de medidas técnicas e político-administrativas com o objetivo de deter ou minimizar os impactos ambientais decorrentes da ocupação urbana desordenada, principalmente, sobre os recursos hídricos na faixa litorânea do Icaraí – Cumbuco no município de Caucaia.

Silva (2000) realizou pesquisa hidrogeológica com dados hidroquímicos e bacteriológicos na Faixa Costeira de Aquiraz, avaliando a qualidade das águas subterrâneas. Verificou que a água subterrânea constituía a principal alternativa de abastecimento de água para a área pesquisada, correspondendo a aproximadamente 90% do consumo. As águas encontravam-se poluídas por coliformes fecais devido à falta de saneamento básico na área.

Ribeiro (2001) realizou estudo hidrogeológico e hidroquímico na Faixa Costeira Leste da Região Metropolitana de Fortaleza, englobando parte dos municípios de Aquiraz, Euzébio e Fortaleza, tendo como objetivos a caracterização dos sistemas aquíferos, a avaliação da qualidade físico-química e bacteriológica dos mananciais e a estimativa da disponibilidade hídrica. Nesse estudo, o autor definiu quatro sistemas hidrogeológicos: Aluvionar, Dunas/Paleodunas, Barreiras e Misto. As águas apresentaram bactérias do grupo Coliforme. As reservas reguladoras dos Sistemas Aquíferos Dunas/Paleodunas e Barreiras foram estimadas em 32,6 e 58,3 x 10⁶ m³/ano, respectivamente e as reservas permanentes em

51,4 e $230,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, respectivamente, resultando em reservas totais de $372,53 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Montenegro Júnior (2004) retomou a questão dos conflitos gerados pela atividade turística, diante da precariedade dos instrumentos de controle urbano e ambiental que, em grande medida, ocasionaram os inúmeros impactos gerados pela ocupação desordenada do litoral de Aquiraz, Ceará. O autor identificou pontos críticos, capazes de sugerir ações de gestão e controle, vinculados aos instrumentos jurídicos e instâncias políticas, relacionadas às leis ambientais e urbanas, propondo uma reflexão sobre o modelo de desenvolvimento adotado.

Nascimento (2007) objetivou compreender os processos que contribuíram na formação e dinâmica das dunas presentes no litoral leste de Aquiraz, além de identificar os agentes naturais e sociais que influenciam na conservação dessas unidades. Diagnosticou os principais impactos ambientais, seus respectivos problemas, possíveis causas, efeitos e consequências, realizando uma caracterização geoambiental trazendo propostas de gestão para o manejo adequado da área.

Câmara *et al.* (2010) realizaram estudo geoambiental do litoral da Prainha e do Porto das Dunas, Aquiraz, trazendo propostas para o planejamento ambiental. Verificaram que o litoral da Prainha e do Porto das Dunas, ao longo da sua extensão, vem sendo ocupado de forma irregular, principalmente em alguns pontos onde a atividade turística encontra-se concentrada. No entanto, concluíram que a planície litorânea apresenta alguns pontos relativamente preservados no setor situado entre a Prainha e o Porto das Dunas e que a delimitação das unidades geoambientais poderá servir de base para o estabelecimento de estratégias de ordenamento ambiental em função de suas peculiaridades próprias, como a capacidade de carga, estado de conservação/uso e ocupação, possibilidades de regeneração e interesses sociais, entre outros.

Morais (2011) teve como objetivo a obtenção de caracteres hidrogeológicos para a gestão dos recursos hídricos nos municípios litorâneos da Região Metropolitana de Fortaleza, quantificando as reservas, potencialidades e disponibilidades hídricas levando em consideração o uso e ocupação do solo. O autor concluiu que as reservas totais são de $345,84 \times 10^6 \text{ m}^3$, representada pelas reservas renováveis de $79,11 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ e permanentes de $266,74 \times 10^6 \text{ m}^3$ e potencialidade aquífera de $80,71 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Lopes, Cestaro e Kelting (2012) tiveram como objetivo o planejamento adequado do uso e ocupação do solo de Aquiraz utilizando o zoneamento ambiental da área, baseado na gerência dos interesses e das necessidades sociais e econômicas em consonância com a

preservação do meio ambiente e as características naturais do município. Os autores definiram cinco zonas ambientais no município de Aquiraz: 1) Zona com sérias restrições à ocupação; 2) Zona imprópria à ocupação; 3) Zona propícia à ocupação; 4) Zona utilizada, mas de ocupação sob controle; 5) Zona utilizada sem regulamentação oficial.

3.2. Uso e Ocupação do solo

Leal (2006) analisou a evolução do uso e ocupação dos campos de dunas do município de Fortaleza por meio de interpretação de imagens de satélite, fotografias aéreas, registros fotográficos e observações em campo identificando a expansão demográfica de cada bairro. Concluiu que a ocupação dos campos dunares vem ocorrendo de forma rápida e desordenada em decorrência da crescente especulação imobiliária e não está levando em consideração as limitações impostas pela dinâmica costeira aos determinados tipos de uso e ocupação.

Andrade (2008) teve como objetivo analisar as diferentes formas de uso e ocupação a partir das dinâmicas naturais e sociais existentes na zona costeira do município de Aquiraz, para o entendimento dos fatores causadores dos processos de degradação e impactos socioambientais existentes. A partir da análise socioambiental, destacou os principais impactos chamando atenção para a fragilidade e vulnerabilidade do geossistema e propondo formas de atenuação e medidas de mitigação aos impactos negativos.

Oliveira (2008) objetivou identificar, caracterizar e avaliar o processo de uso e ocupação do campo das dunas com ênfase na Zona Especial de Interesse Turístico II (ZET-II) no município de Natal/RN. Concluiu que as modificações degradantes observadas são decorrentes do tipo de uso e prescrições urbanísticas regulamentadas para a área, que vem subtraindo o aspecto natural, alterando toda a paisagem de forma irreversível, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos, alterando o seu uso, privatizando a região entre marés, dificultando o acesso da população e obstruindo a contemplação paisagística das dunas e do mar.

Bernardes (2009) avaliou a qualidade físico-química e microbiológica da água e relacionou-a ao uso e ocupação do solo na bacia do Córrego do Engenho/MG, visando identificar as principais fontes de contaminação. O autor inferiu que em 72,72% dos poços a água não é potável, estando contaminada por *Escherichia coli*.

Vasconcelos (2010) verificou os efeitos da expansão urbana e realizou uma análise integrada de dados dando suporte para a gestão dos recursos hídricos na zona norte de

Natal/RN. O autor recomenda que o adensamento populacional deva ocorrer com medidas que mantenham a sustentabilidade hídrica, evitando problemas associados, propondo a implantação de um Plano de Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos como uma forma de promover o desenvolvimento sustentável na área de estudo.

Paula *et al.* (2012) fizeram uma análise multitemporal do uso e ocupação do solo na Zona de Expansão Urbana Norte de Londrina/PR, entre os anos de 1987 e 2004, utilizando imagens dos satélites Landsat-5 e Spot-5. Os autores constataram que a região não vem sendo preservada ambientalmente segundo as legislações estabelecidas, pois sua cobertura florestal apresenta-se com menos de 20%, mínimo exigido por lei. Verificou-se também que a área urbana e de chácaras tiveram um crescente avanço, confirmando a tendência do uso do solo da região para a ocupação urbana de forma não planejada.

4. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

De acordo com o censo demográfico de 2010 realizado pelo IBGE, o município de Aquiraz possui 482,573 km² e 72.628 habitantes, divididos em população urbana com 67.083 habitantes e rural com 5.545 habitantes, refletindo uma densidade demográfica de 150,5 hab./km² a uma taxa de crescimento anual de 1,85%, possuindo uma taxa de urbanização de 92,37%.

O abastecimento de água do município é, em parte, fornecido pela CAGECE com uma taxa de cobertura de 49,44%; o esgotamento sanitário no município possui uma cobertura de 22,79% e o fornecimento de energia elétrica é feito pela COELCE abrangendo 99,10% das residências (IPECE, 2012).

Porém, o Porto das Dunas não dispõe de saneamento básico, sendo o abastecimento realizado exclusivamente por água subterrânea e o despejo de esgoto doméstico realizado através de fossas sépticas ou negras, saneamento *in situ*.

Em relação à saúde, o município possui 30 unidades públicas com 73 médicos refletindo uma relação de 0,99 médicos/1.000 hab. A taxa de mortalidade infantil no município para cada 1000 nascidos vivos é de 9,16 crianças (IPECE, 2012).

No Porto das Dunas existe apenas uma Unidade de Apoio à Saúde da Família para atender a população local e os turistas.

O município de Aquiraz possui um turismo intenso principalmente na região do Porto das Dunas onde existem diversos empreendimentos hoteleiros e recreativos, constituindo a principal atividade econômica da área.

Porém, observa-se que apesar do grande potencial turístico, a infraestrutura do local ainda é precária, pois na localidade não existe linha de ônibus, sendo o transporte público realizado apenas por vans, as ruas não possuem pavimentação (Foto 05) e nem sistema de drenagem (Foto 06).

Foto 05 - Rua Arabaiana no Porto das Dunas, Aquiraz - CE, sem pavimentação apresentando processo erosivo. Coord.: 9573820/567656 (Janeiro/2014)



Fonte: Autora

Foto 06 - Avenida Medusa no Porto das Dunas, Aquiraz - CE, parcialmente alagada por falta de sistema de drenagem. Coord.: 9575904/566981 (Janeiro/2014)



Fonte: Autora

5. ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

As características geoambientais da região envolvem o clima, a vegetação, os solos, a geomorfologia e a geologia, que representam elementos no estudo das águas subterrâneas.

5.1. Clima

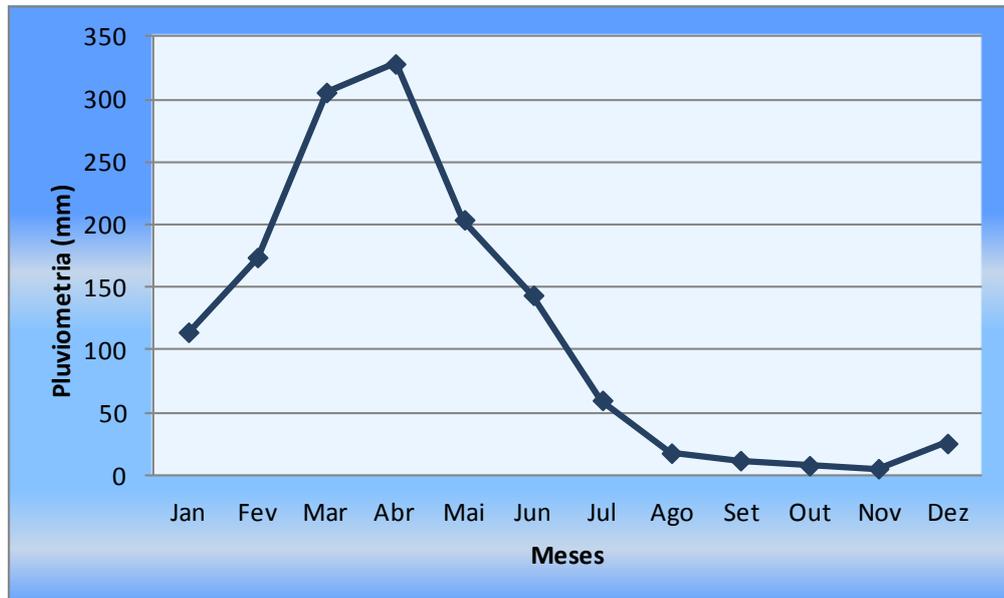
O Município de Aquiraz apresenta um clima classificado como Tropical Quente Subúmido (IPECE, 2012), sendo influenciado, segundo a FUNCEME (apud Bezerra et al., 1995), por quatro sistemas meteorológicos compreendidos pela Zona de Convergência Intertropical, a Frente Polar Atlântica, a Massa Equatorial Continental e os ventos Alísios de SE.

5.2. Pluviometria

A precipitação pluviométrica é fundamental para o estudo do clima, sendo considerado o elemento de maior importância na definição do quadro climático nas regiões semiáridas e subúmidas, tendo como características mais relevantes a quantidade e o ritmo mensal.

O município apresenta um regime de chuvas tropicais com alternância de episódios secos ao longo do ano. Nos últimos 34 anos (1979 a 2013), segundo dados do Posto Pluviométrico de Aquiraz (FUNCEME, 2014), os índices pluviométricos médios mensais variaram entre 5,46 mm (Novembro) e 328,46 mm (Abril), com o período de maior precipitação ocorrendo nos meses de Janeiro a Junho. Nos demais meses, as precipitações são escassas, com chuvas irregulares decorrentes das linhas de instabilidade geradas pelo efeito da brisa marítima (Figura 04).

Figura 04 - Médias mensais de precipitação atmosférica no município de Aquiraz – CE
(Período de 1979 a 2013)



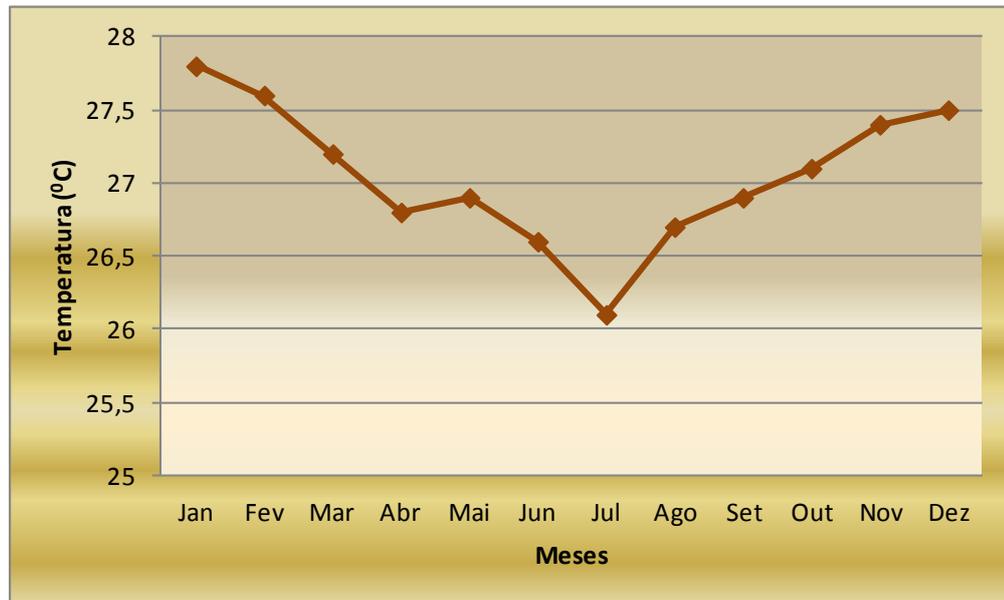
Fonte: FUNCEME, 2014

5.3. 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.

As temperaturas da região apresentam uma pequena variação entre 26,1°C, no mês de Julho e 27,8°C, no mês de Janeiro. Com o aumento das temperaturas no segundo semestre, a partir de Agosto e diminuição no primeiro, a partir de Fevereiro (Figura 05).

Figura 05 - Médias mensais de temperatura no município de Aquiraz - CE



Fonte: Laboratório de Climatologia/UFC, 2014

5.4. Balanço Hídrico

O 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 soma das entradas (alimentações) e saídas (descargas) e das variações de armazenamento de um aquífero em um intervalo de tempo definido (GOMES, 2008).

Para a determinação do balanço hídrico na área de estudo foram utilizados os índices pluviométricos fornecidos pela FUNCEME (2014) no período de 1979 a 2013 e as temperaturas médias mensais estimadas por regressão linear, através dos quais foi possível fazer uma estimativa da parcela de precipitação que infiltra no subsolo, permitindo uma avaliação do processo de renovação das reservas de água subterrânea.

O cálculo do balanço hídrico foi realizado com a aplicação da equação de Thornthwaite que considera as médias mensais de pluviometria (PPT) e temperatura (T), fornecendo a evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR), permitindo a obtenção da infiltração potencial (I).

O cálculo da evapotranspiração potencial (ETP) realizado através da equação de Thornthwaite (Equação 01) encontra-se demonstrado a seguir:

$$ETP = 16 (10T/I)^a \times K$$

[Equação 01]

Onde:

ETP = Evapotranspiração Potencial (mm);

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

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

I = Índice térmico anual, calculado pela equação 02:

$$I = \sum^{12} I_i$$

[Equação 02]

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:

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

O método proposto por Thornthwaite é considerado o mais adequado para áreas costeiras que apresentam 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 (VASCONCELOS, 1999).

Os valores da Evapotranspiração Potencial (ETP), de acordo com os cálculos obtidos, variaram de 128,04 mm em julho a 168,75 mm em janeiro. O valor obtido para o Índice térmico (I) foi de 151,02 e para o fator (a) foi de 3,8.

A evapotranspiração real (ETR) é calculada a partir da comparação entre evapotranspiração potencial (ETP) e a precipitação (PPT), considerando que o solo tem uma capacidade de armazenamento (CA) de 100 mm (THORNTHWAITE, 1955).

A evapotranspiração real anual média corresponde ao somatório das evapotranspirações médias mensais (Tabela 02) e a Infiltração potencial média mensal é calculada pela Equação 03:

$$I_p = P - ETR$$

[Equação 03]

Onde:

I_p = Infiltração potencial;

P = Precipitação;

ETR = Evapotranspiração real.

A partir desses cálculos, pode-se verificar que a infiltração potencial (I_p) anual é de 340,76 mm, representando 24,4% do total da média anual da precipitação pluviométrica, correspondendo à parcela de precipitação que contribui para a recarga subterrânea.

Tabela 02 – Valores para o balanço hídrico no município de Aquiraz - CE, no período de 1979 a 2013, calculado pelo método de Thorntwaite

Mês	PPT (mm)	T °C	I	K	ETP (mm)	PPT - ETP	C	ETR (mm)	I _p (mm)
Jan	114,33	27,8	13,110	1,06	168,75	-54,42	0	114,33	0
Fev	174,02	27,6	12,969	0,95	147,18	26,84	26,84	147,18	0
Mar	305,69	27,2	12,688	1,04	152,50	153,19	100	152,50	80,03
Abr	328,46	26,8	12,409	1	138,68	189,78	100	138,68	189,78
Mai	204,05	26,9	12,479	1,02	143,45	60,60	100	143,45	60,60
Jun	143,84	26,6	12,271	0,99	133,48	10,36	100	133,48	10,36
Jul	59,97	26,1	11,926	1,02	128,04	-68,07	31,93	59,97	0
Ago	17,82	26,7	12,340	1,03	140,85	-123,03	0	17,82	0
Set	11,88	26,9	12,479	1	140,64	-128,76	0	11,88	0
Out	7,81	27,1	12,618	1,05	151,85	-144,04	0	7,81	0
Nov	5,46	27,4	12,828	1,03	155,26	-149,80	0	5,46	0
Dez	25,54	27,5	12,899	1,06	161,99	-136,45	0	25,54	0
Total	1398,87	324,6	151,02	12,25	1762,68	-363,81	458,77	958,11	340,76

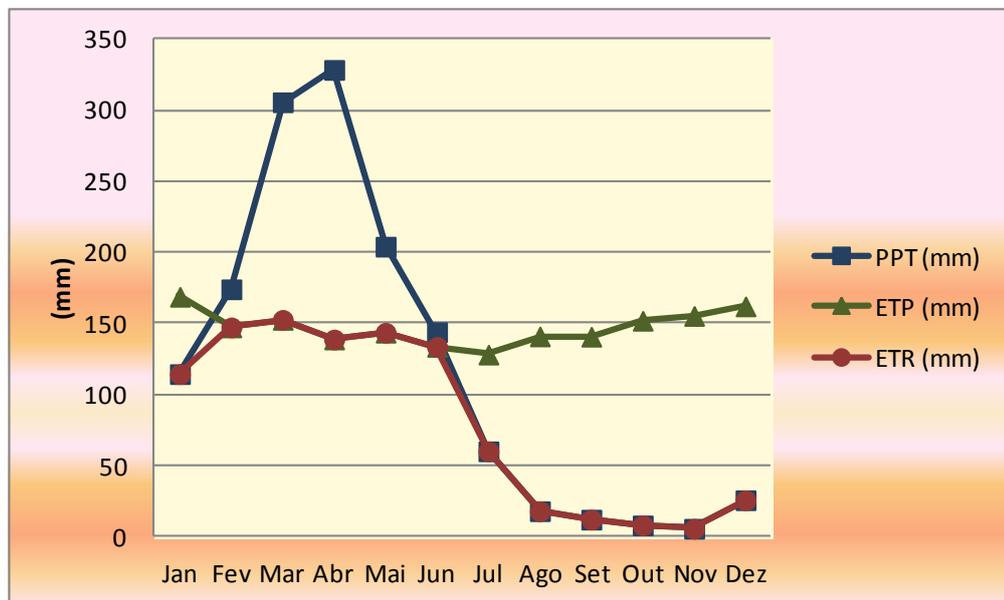
Legenda: PPT = Precipitação; T = Temperatura; I = Índice térmico; K = Fator de correção que depende da latitude do lugar; ETP = Evapotranspiração potencial; C = Capacidade de armazenamento; ETR = Evapotranspiração real e I_p = Infiltração potencial

A partir dos dados obtidos (Tabela 02), foi elaborado o gráfico do balanço hídrico (Figura 06) com três variáveis: precipitação, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real.

Observa-se que durante o primeiro semestre do ano, principalmente de fevereiro a maio, a precipitação é superior a evapotranspiração real, pois neste período ocorrem os maiores índices pluviométricos promovendo a recarga do aquífero.

No segundo semestre, principalmente nos meses de agosto a novembro, ocorre a elevação das temperaturas e a diminuição dos índices pluviométricos promovendo o aumento da evapotranspiração potencial em relação à evapotranspiração real que nesse período praticamente se iguala a precipitação, resultando em uma situação em que quase toda a água precipitada é evaporada, impossibilitando a recarga do aquífero.

Figura 06 - Representação gráfica do balanço hídrico no município de Aquiraz – CE
(Período de 1979 a 2013)



Fonte: FUNCEME, 2014

Legenda: PPT = Precipitação; ETP = Evapotranspiração potencial e ETR = Evapotranspiração

5.5. Vegetação

A cobertura vegetal da área de pesquisa é composta pelo Complexo Vegetacional Litorâneo onde se destacam a vegetação em dunas e os mangues.

As dunas conforme a sua tipologia vegetal recebem a denominação de dunas móveis (isentas de vegetação) e dunas fixas quando apresentam vegetação, em geral são espécies arbóreas (Foto 07) e arbustivas (Foto 08).

Em geral as principais espécies fixadoras das dunas, de acordo com Brandão (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), que fixam boa parte das pequenas dunas comuns na região do pós-praia.

Foto 07 - Vegetação arbórea em dunas fixas no Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9576411/566098 (Janeiro/2014)



Fonte: Autora

Foto 08 - Vegetação arbustiva em dunas fixas no Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9573810/566656 (Janeiro/2014)



Fonte: Autora

O termo mangue aplica-se as espécies halófitas de árvores que se desenvolvem em ambientes salobro. Na área de pesquisa esse tipo de vegetação é encontrada próxima a desembocadura do rio Pacoti (Foto 09) sendo representada pelas espécies *Rhizophora mangle* (“mangue vermelho”), *Laguncularia racemosa* (“mangue branco”), *Avicenia racemosa* (“mangue siriúba”) e *Conocarpus erectus* (“mangue ratinho”).

Foto 09 - Mangue do Rio Pacoti no Porto das Dunas, Aquiraz - CE.
Coord.: 9577291/564548 (Janeiro/2014)



Fonte: Autora

5.6. Geomorfologia

A área de pesquisa está inserida no domínio geomorfológico da Planície Litorânea, composto por campos de dunas, praias e planícies flúvio-marinhas.

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

O campo de dunas (Foto 10) é composto por dunas móveis e dunas fixas que formam cordões contínuos e paralelos à linha de costa sendo algumas vezes interrompidos por planícies aluviais e flúvio-marinhas, como ocorre na porção norte da área de pesquisa, onde a planície flúvio-marinha do rio Pacoti corta a sequência dunar (Foto 11).

Foto 10 – Campo de dunas no Porto das Dunas, Aquiraz - CE.
Coord.: 9577291/564548 (Janeiro/2014)



Fonte: Autora

Foto 11 - Estuário do Rio Pacoti no Porto das Dunas, Aquiraz - CE.
Coord.: 9576408/566103 (Janeiro/2014)



Fonte: Autora

As planícies flúvio-marinhas são ambientes formados pela deposição de sedimentos areno-silto-argilosos com ou sem matéria orgânica, através da ação conjunta de processos continentais e marinhos.

As praias são depósitos contínuos e alongados paralelos à linha de costa, localizados entre a linha média de maré baixa e a base das dunas móveis, ocorrem ao longo de toda a faixa leste da área de pesquisa (Foto 12).

Foto 12 - Faixa de praia no Porto das Dunas, Aquiraz - CE.
Coord.: 9576021/567210 (Janeiro/2014)



Fonte: Autora

5.7. Solos

Para a classificação dos solos foi utilizada a nomenclatura atualizada pela EMBRAPA (1999).

A associação de solos da Planície Litorânea compreende os neossolos quartzarênicos distróficos e marinhos e os solos halomórficos. Na área de pesquisa ocorrem os neossolos quartzarênicos marinhos e solos halomórficos.

Os neossolos quartzarênicos estão situados na planície litorânea na faixa costeira compreendida pelos campos de dunas constituindo uma estreita área que acompanha paralelamente a linha de costa às vezes interrompida por rios ou canais. Estes solos ocupam cerca de 90% da área de pesquisa.

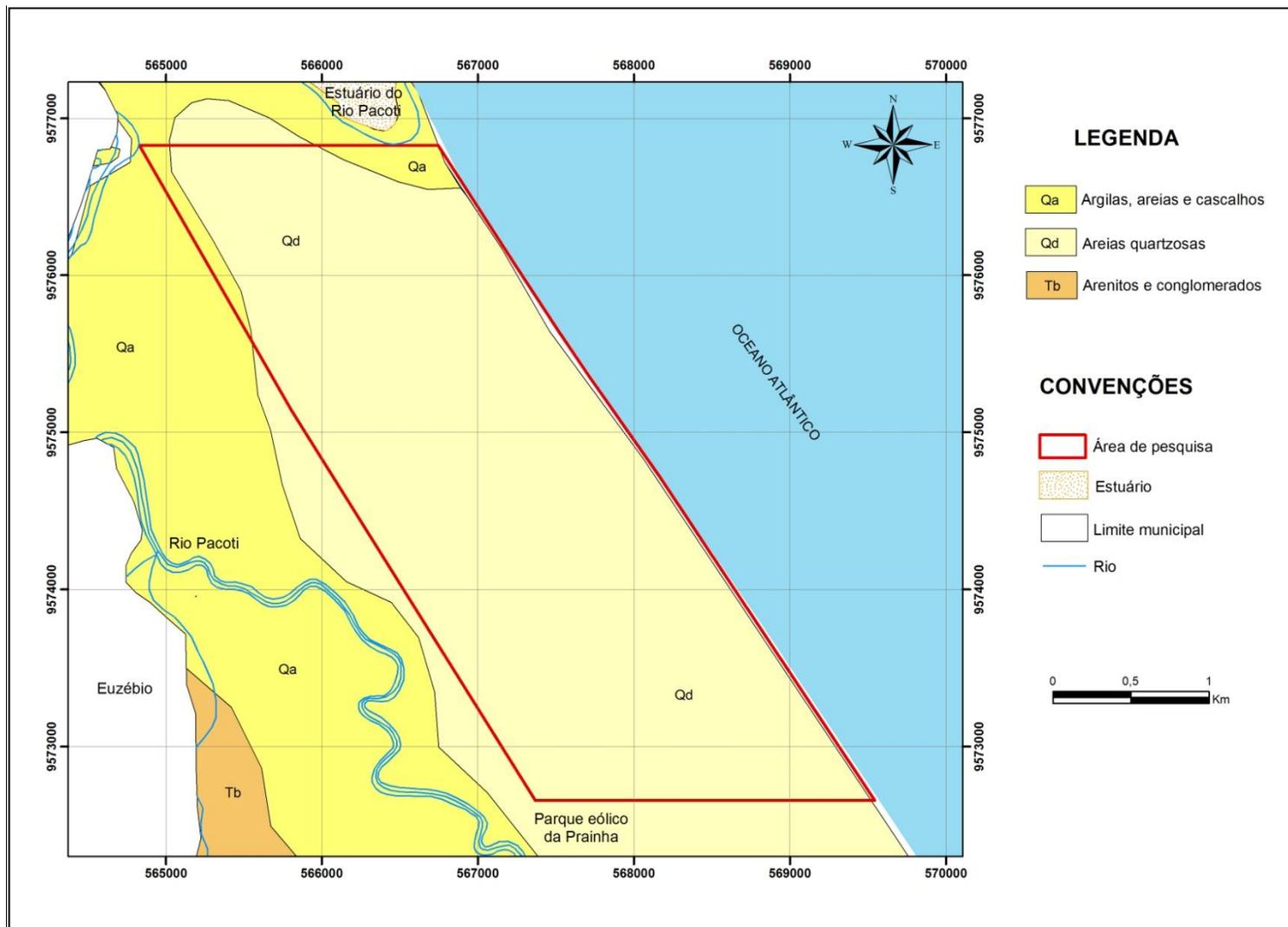
Os neossolos quartzarênicos marinhos são solos de baixa fertilidade, excessivamente drenados, apresentando sequência de horizonte A-C. Em geral o horizonte A, fracamente desenvolvido, apresenta textura arenosa e coloração cinza escura a muito escura. O horizonte C, com características semelhantes ao A, exibe coloração mais clara, geralmente cinza clara a bruno amarelado (BRANDÃO, 1995).

Os solos halomórficos estão representados, na área de pesquisa, pelos solos indiscriminados de mangue. Ocorrem na zona costeira, mais precisamente nos locais próximos à foz dos rios e ao longo dos seus cursos, até onde ocorre a influência das marés. Na área de pesquisa, esses solos ocorrem próximo à foz do rio Pacoti.

5.8. Geologia

A área é caracterizada pela presença de sedimentos Quaternários representados pelos depósitos eólicos (Dunas) e depósitos flúvio-aluvionares (aflorantes), e Terciários representados pela Formação Barreiras (não aflorante) (Figura 07).

Figura 07 – Mapa Litológico do Porto das Dunas - Aquiraz/CE



Fonte: Atlas Geológico do Ceará (2003)

5.8.1. Formação Barreiras (Terciário)

A Formação Barreiras distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa localizando-se atrás dos sedimentos eólicos ou abaixo deles, como ocorre na área de pesquisa, sobrepondo-se ao embasamento pré-cambriano.

É constituída por sedimentos areno-argilosos de coloração avermelhada, creme ou amarelada com granulação variando de fina a média, contendo intercalações de níveis conglomeráticos (BRANDÃO, 1995).

5.8.2. Depósitos Eólicos (Quaternário)

Esses depósitos ocupam 90% da área de pesquisa, sendo interrompido apenas na porção norte pela planície do rio Pacoti.

São representados pelas dunas sendo constituídos por areias esbranquiçadas, indicando ausência de ferro, com granulometria variando de fina a média. A composição mineralógica é principalmente quartzo e minerais pesados. Segundo Freire (1989), ocorrem algumas micas nas dunas próximas ao Rio Pacoti.

Incluídos no contexto estratigráfico das dunas móveis, as praias recentes são constituídas por areias quartzosas não consolidadas, de granulometria média a grossa, depositadas ao longo da costa, numa faixa que compreende desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis.

No inverno, essas praias podem ser enriquecidas em micas transportadas pelo Rio Pacoti. Morfologicamente estas praias têm uma inclinação variável de baixa à média e constitui uma unidade costeira instável (FREIRE, 1989).

5.8.3. Depósitos Aluvionares (Quaternário)

Na área de pesquisa, esses depósitos ocorrem ao longo das margens e no estuário do rio Pacoti.

A litologia e a granulometria destes depósitos são muito variadas, variando de areia a cascalho mal selecionado, com pequenos seixos de quartzo arredondados, semi-arredondados e uma parte de material microclástico (FREIRE, 1989).

6. HIDROGEOLOGIA

A área de pesquisa está inserida no Domínio Hidrogeológico Sedimentar, representado pelos Sistemas Aquíferos Dunas e Aluvionar (aflorantes) e Barreiras (não aflorante) (Figura 08).

Neste capítulo são apresentadas as características desses sistemas aquíferos abordando, dentre outras, ocorrência, composição, espessuras, propriedades hidrodinâmicas e recarga/exutório.

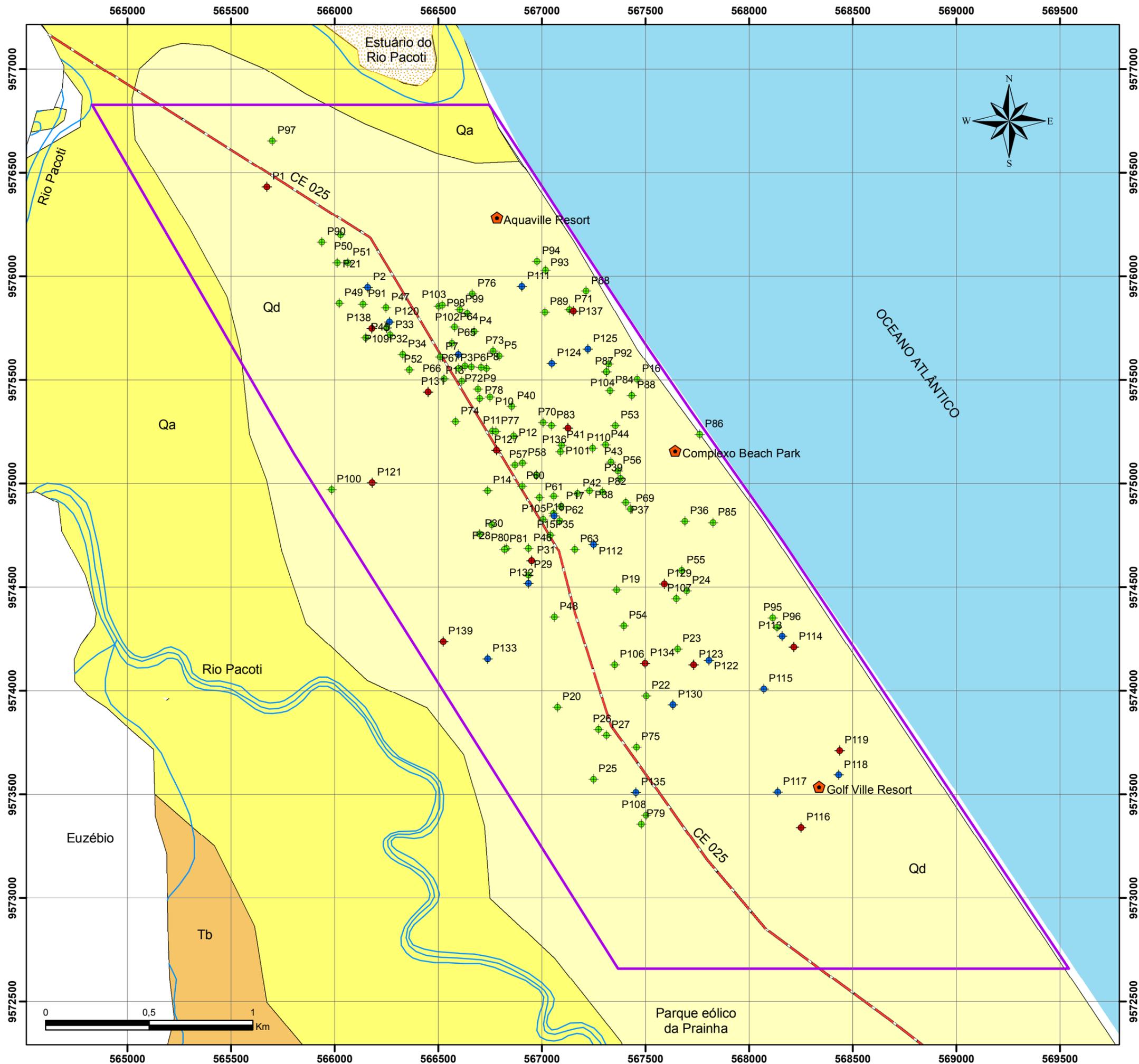
6.1. Sistema Aquífero Barreiras

Esse sistema não aflora na área de pesquisa, pois encontra-se sotoposto ao Aquífero Dunas, só sendo detectado através de poços tubulares. Através dos 10 perfis construtivos e litológicos (SIAGAS, 2013) dos poços existentes na área observa-se que esse sistema encontra-se a profundidades que variam de 4 (P95) a 46 m (P103), estando o primeiro poço localizado na porção mais baixa da área, próximo a linha de costa e o segundo na porção central da área, mais elevada.

Segundo Silva (2000), este sistema é constituído por sedimentos areno-argilosos, com granulação que varia de fina a média, com horizontes lateríticos, sem cotas definidas, mas que estão sempre associados aos níveis de percolação das águas subterrâneas.

A recarga desse sistema ocorre principalmente por precipitação pluviométrica e pelo Sistema Dunas, sobrejacente, que pode funcionar como unidade de transferência de água. Como exutórios tem-se, de maneira geral, os poços tubulares, porém em locais de contato com o meio cristalino sotoposto, o escoamento destas águas se faz através das fraturas abertas e interconectadas, quando existentes.

Os 15 poços cadastrados na área que captam água desse sistema apresentam profundidade que variam de 20 a 84 m, ocorrendo um predomínio de poços mediantemente profundos entre 20 e 50 metros de profundidade; nível estático entre 2 e 32 m, com predominância de nível estático raso, inferior a 15 metros e vazões entre 1,5 e 8,0 m³/h. Pode-se citar como exemplo o poço P92, localizado na Avenida do Golfinhos e que de acordo com sua ficha técnica (SIAGAS, 2013), possui profundidade de 27,5 m, nível estático a 4,5 m e vazão de 7,7 m³/h (Figura 09).

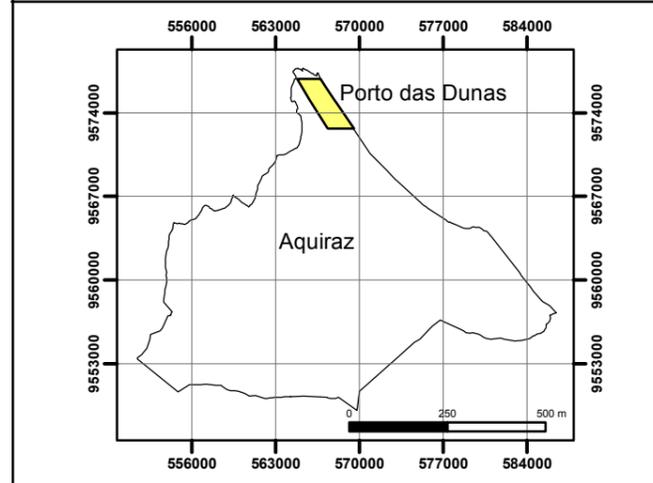


LEGENDA

Coluna Hidro-estratigráfica			
Símbolo	Aquífero	Período	Características Hidrogeológicas
	Aluvionar	Quaternário	Sedimentos sílto-argilosos com areia fina e intercalações de matéria orgânica com heterogeneidade nas propriedades hidráulicas.
	Dunas	Quaternário	Areias quartzosas inconsolidadas de granulação fina a média, espessura entre 2 e 60 m, nível estático entre 3 e 32 m e vazões entre 2,1 e 6,7 m³/h.
	Barreiras	Terciário	Níveis síltico-argilo-arenosos, com nível estático entre 2 e 32 m e vazões que variam de 2,1 a 8,0 m³/h.

Convenções		
	Área de pesquisa	
	Rio	
	Rodovia	
	Poço (x = nº do poço)	

Localização da área de pesquisa




 Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Programa de Pós-graduação em Geologia

Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas Águas Subterrâneas pelo Uso e Ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE

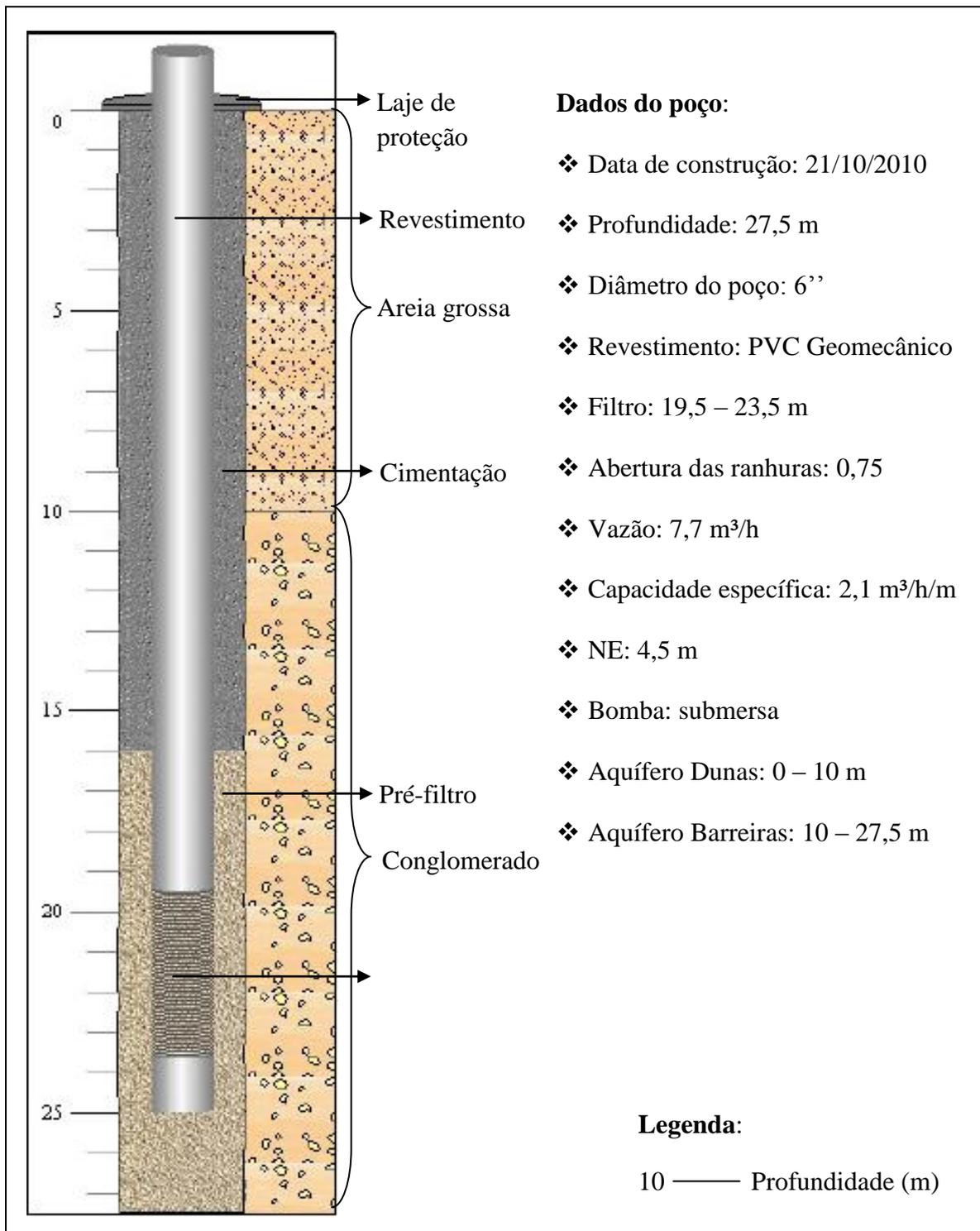
Figura 08 - Sistemas hidrogeológicos e distribuição dos poços cadastrados no Porto das Dunas - Aquiraz/CE

Autora: Karen Vendramini de Araújo

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

Local: Fortaleza/CE Data: Julho de 2014

Figura 09 - Perfil construtivo e litológico do poço tubular P92, localizado na Avenida dos Golfinhos no Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9575576/567323



Fonte: Elaborado a partir dos dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS, 2013.

6.2. Sistema Aquífero Dunas

Esse sistema engloba tanto dunas fixas quanto dunas móveis, pois as características litológicas e hidrodinâmicas de ambas são muito semelhantes. As Dunas ocorrem distribuídas por toda a faixa costeira, ocupando 90% da área de pesquisa.

Segundo Cavalcante (1998), esse sistema possui dupla função hidrogeológica, uma como aquífero principal e outra como aquífero de transferência para os aquíferos sotopostos, a exemplo do Barreiras.

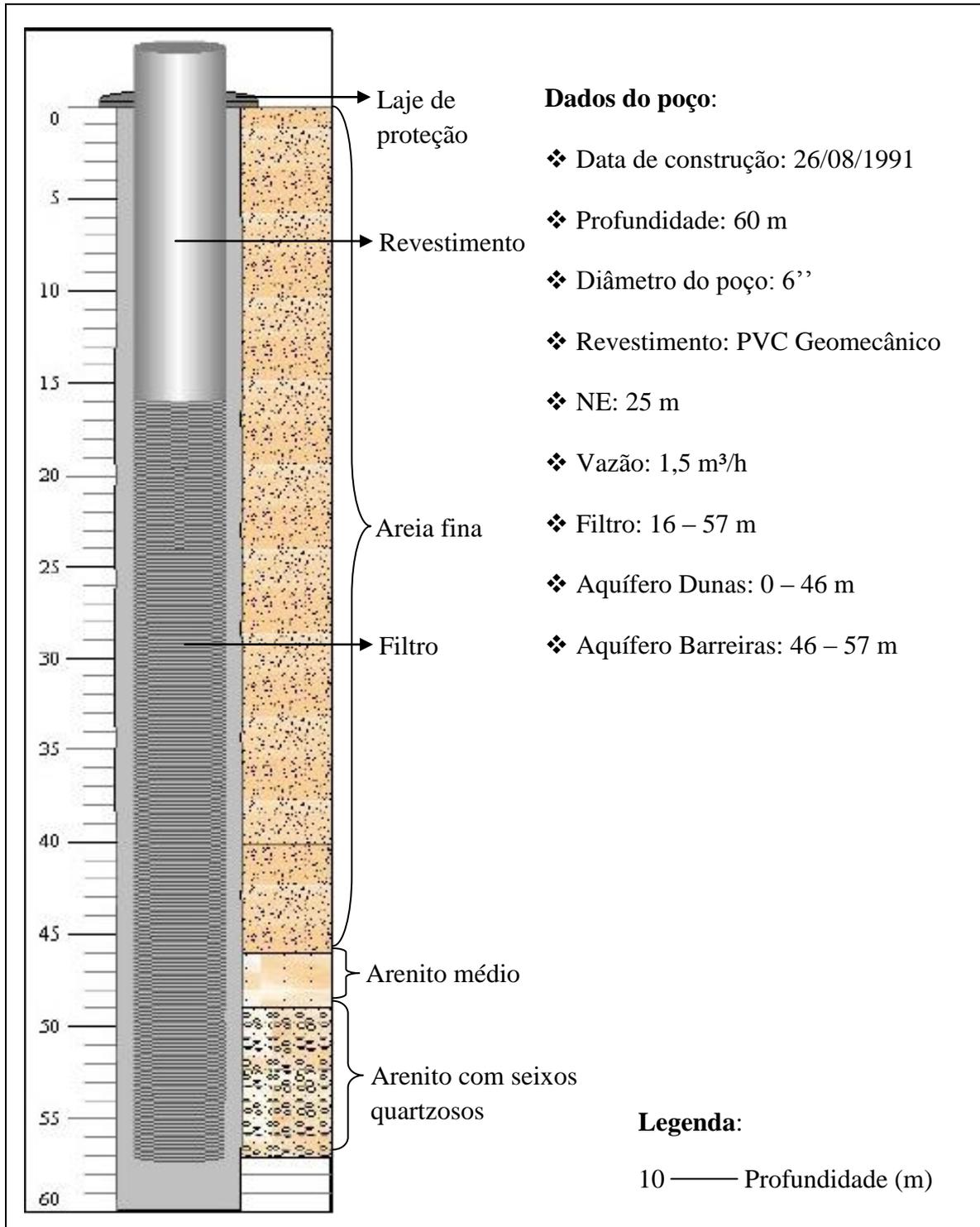
Esse sistema possui grande potencialidade hídrica devido aos elevados coeficientes de condutividade hidráulica ($5,87 \times 10^{-4}$ cm/s) e transmissividade ($9,09 \text{ m}^2/\text{h}$) (RIBEIRO, 2001). Porém, esse aquífero é bastante susceptível à poluição, tornando-se vulnerável aos impactos causados pela ocupação e uso do solo.

A recarga desse aquífero ocorre principalmente através de infiltração pluvial direta e os exutórios são o oceano Atlântico, a evapotranspiração, associada a um nível estático subaflorante, especialmente nas zonas de menores cotas altimétricas, a transferência de água para o Barreiras sotoposto e os poços tubulares e manuais.

Através dos 10 perfis construtivos e litológicos (SIAGAS, 2013) existentes dos poços cadastrados na área, verifica-se que o Sistema Dunas possui espessuras que variam de 2 a 46 metros, predominando espessuras entre 7 e 16 metros.

Os 4 poços cadastrados na área que captam água deste sistema apresentam nível estático entre 3 e 32 m e vazões entre 1,5 e 6,7 m^3/h , sendo predominante a presença de poços profundos, com profundidades superior a 50 metros, alcançando, por vezes, o Sistema Barreiras, sotoposto. Isso ocorre devido a um desnível topográfico de aproximadamente 40 metros de altura, onde o topo do pacote de sedimentos constitui a zona de recarga do aquífero, apresentando baixo potencial hidráulico e nível estático a maiores profundidades. Um exemplo é o poço P103 que, segundo o SIAGAS (2013), possui 60 metros de profundidade e capta água tanto do Sistema Aquífero Dunas quanto do Barreiras (Figura 10).

Figura 10 - Perfil construtivo e litológico do poço tubular P103, localizado no Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9575860/566520



Fonte: Elaborado a partir dos dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS, 2013.

6.3. Sistema Aquífero Aluvionar

As aluviões constituem aquíferos livres que ocorrem ao longo dos rios. Na área de pesquisa ocorrem margeando o baixo curso do Rio Pacoti na porção norte da área. De acordo com Silva (2000), as aluviões são depositadas em ambiente flúvio-marinho e constituídas por sedimentos de composição siltico-argilosa, com intercalação de matéria orgânica, devido à influência da vegetação de mangue.

Devido à mobilidade dos leitos dos rios e as constantes variações de velocidade de sedimentação das partículas sólidas, os depósitos aluvionares possuem características texturais muito variadas, o que produz muita heterogeneidade na distribuição das propriedades hidráulicas (MANOEL FILHO, 2008).

De acordo com Cavalcante (1998), as aluviões não são praticamente utilizadas para captação de água na Região Metropolitana de Fortaleza, salvo exceções em comunidades ribeirinhas que as utilizam através de cacimbas. Na área de pesquisa não existe nenhum poço cadastrado no Sistema Aluvionar.

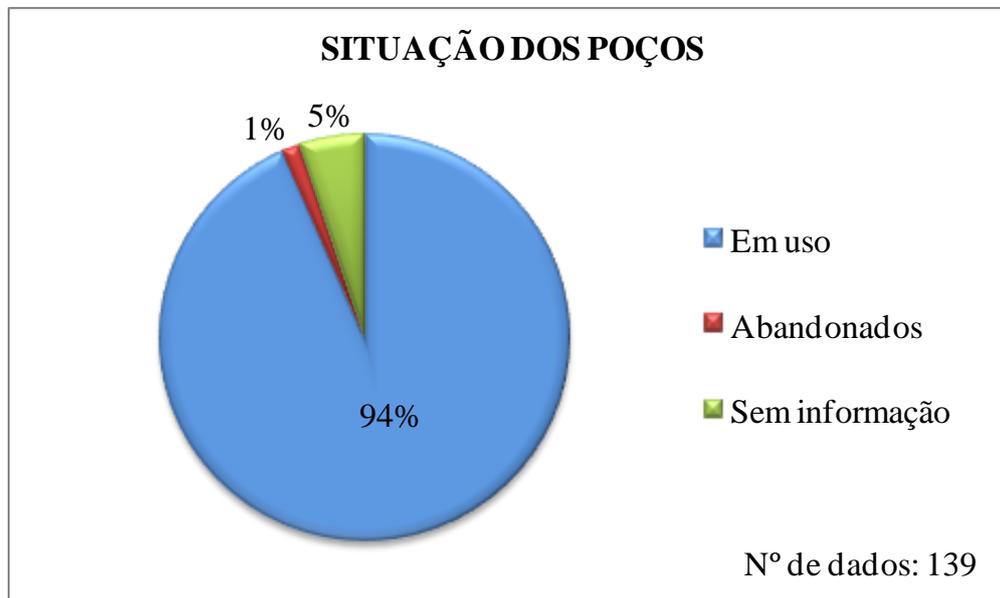
A recarga deste aquífero provém da infiltração pluvial direta sobre as áreas aflorantes e por inundações fluviais, em função da reduzida profundidade do nível freático, sendo extremamente vulnerável a contaminação. Como exutórios tem-se a evapotranspiração e a própria rede de drenagem nos períodos de estiagem.

7. OBRAS DE CAPTAÇÃO

Segundo o SIAGAS (2013), existem 112 poços na área de estudo, porém após a atualização deste cadastro, realizada durante a etapa de campo, verificou-se a existência de 27 novos poços, totalizando 139 poços cadastrados na área (Apêndice A e Figura 08).

Desse total, 130 (94%) encontram-se em uso; 2 (1%) abandonados e 7 (5%) sem informação (Figura 11). A grande quantidade de poços em uso é justificada pela ausência de abastecimento de água na área.

Figura 11 - Situação dos poços cadastrados na área de estudo

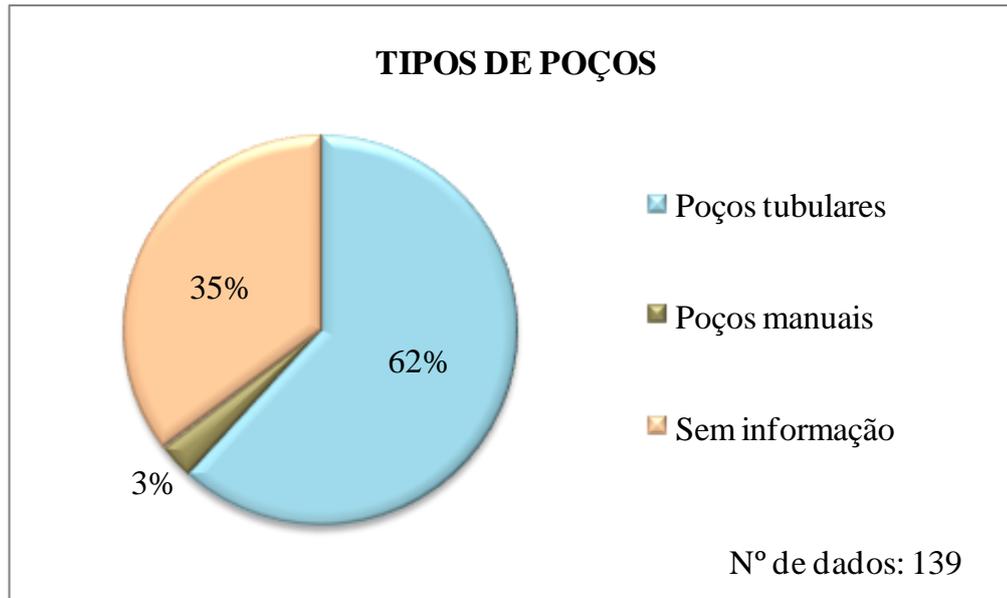


7.1. Tipos de poços

Dos 139 poços cadastrados na área, 86 (62%) são tubulares; 4 (3%) são manuais, sendo 3 cacimbas e 1 poço amazonas, com mais de 4 m de diâmetro, e 49 (35%) não possuem informação sobre o tipo de poço (Figura 12).

Os poços manuais são encontrados em sítios e residências pertencentes a famílias de baixa renda, tendo em vista que os custos para a sua construção são menores do que os necessários para a construção de poços tubulares.

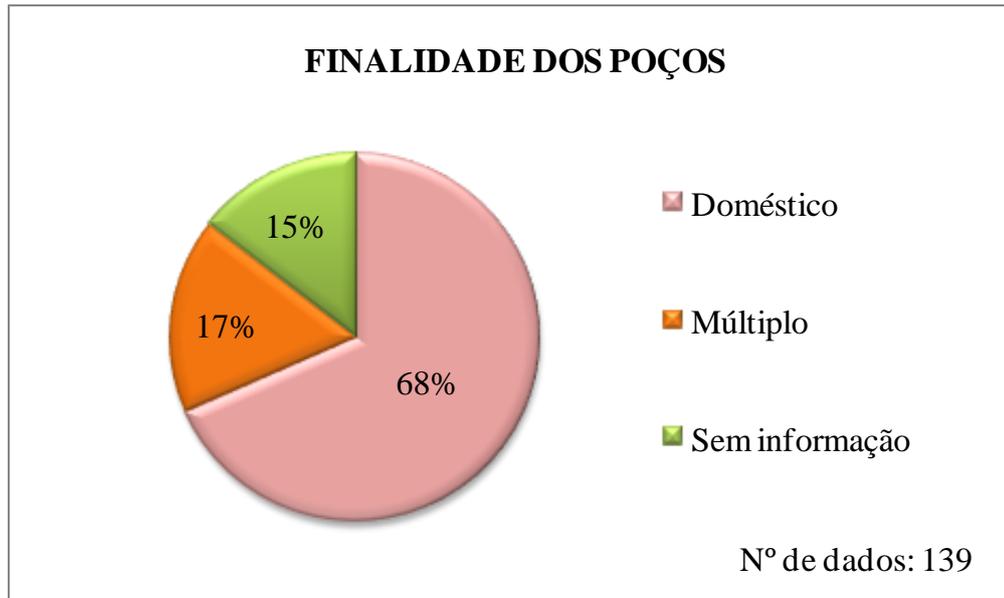
Figura 12 - Tipos de poços cadastrados na área de estudo



7.2. Finalidade das obras de captação

Com relação à finalidade dos poços cadastrados na área, observou-se que 95 (68%) são destinados ao uso doméstico, ou seja, às atividades domésticas como lavagem de roupa, banho, etc.; 24 (17%) para uso múltiplo, incluindo atividades domésticas, irrigação e consumo humano; 20 (15%) não possuem informação (Figura 13).

Figura 13 - Finalidade dos poços cadastrados na área de estudo

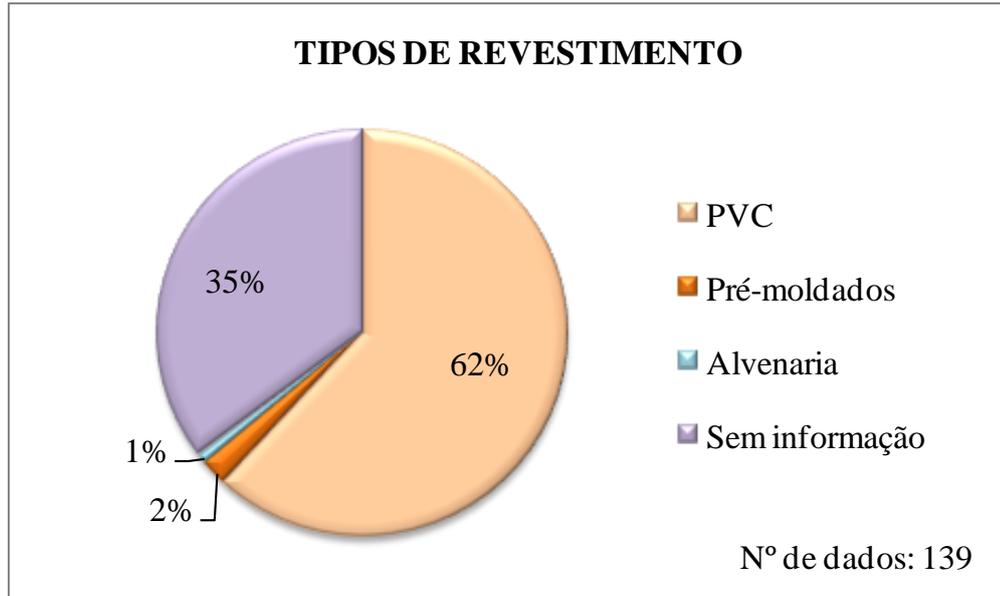


7.3. Tipos de Revestimento dos poços

Quanto aos tipos de revestimento dos poços observa-se que 86 (62%) possuem revestimento de PVC e são correspondentes aos poços tubulares.

Nos poços manuais cadastrados na área o revestimento é representado por anéis pré-moldados nas 3 (2%) cacimbas e alvenaria no poço amazonas (1%); existem, ainda, 49 poços (35%) sem informação sobre o tipo de revestimento (Figura 14).

Figura 14 - Tipos de revestimentos dos poços cadastrados na área de estudo



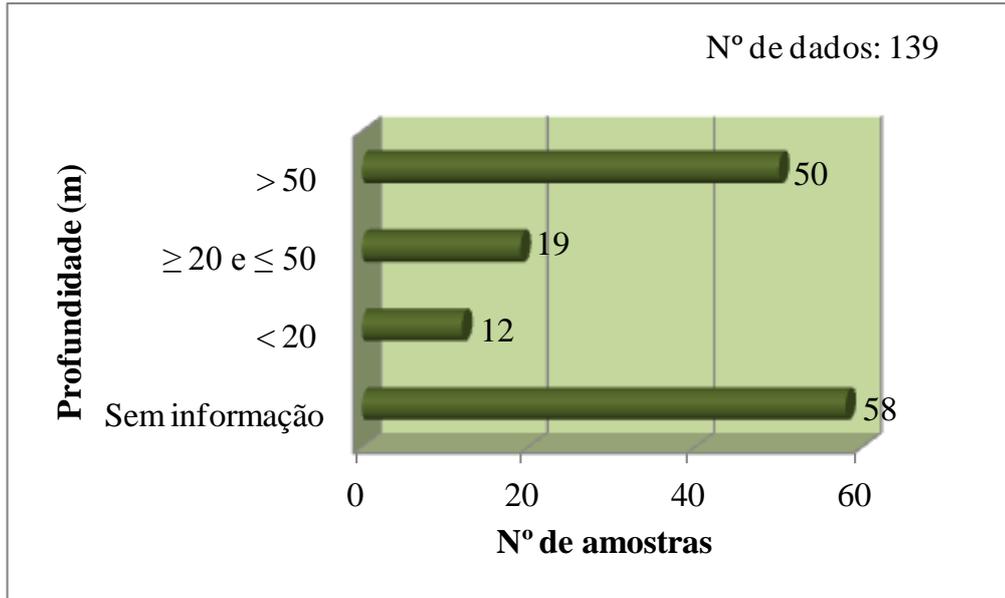
7.4. Profundidade e vazão dos poços

A classificação dos poços tubulares quanto à sua profundidade e vazão foi realizada com base no Artigo 4º do Decreto nº 23.068 de 11/02/1994 da Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (CEARÁ, 2013).

Na área de estudo, verifica-se que 12 (8,5%) poços possuem profundidades inferiores a 20 metros, sendo classificados como rasos; 19 (13,5%) poços possuem profundidades entre 20 e 50 metros, classificados como mediantemente profundos; 50 (36%) poços possuem profundidades superiores a 50 metros, classificados como profundos e 58 (42%) poços não possuem informação (Figura 15).

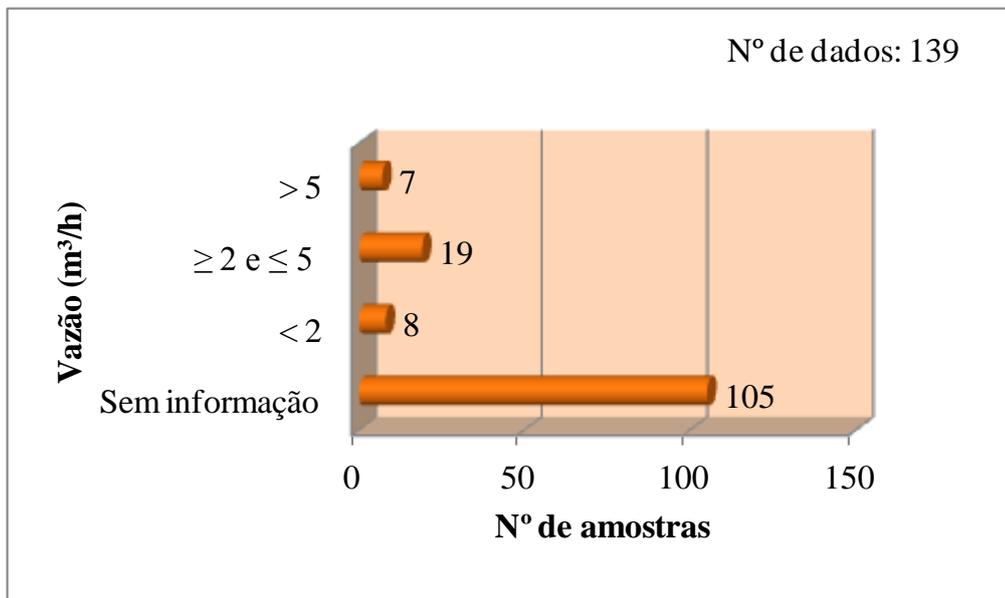
Poços rasos, com profundidades inferiores a 20 metros, estão localizados na porção mais baixa da área (zona de descarga), próximo à costa devido à ocorrência de um nível estático mais raso. Já os poços profundos, apresentando profundidades superiores a 50 metros, encontram-se na porção mais elevada da área (zona de recarga) onde ocorre a presença de nível estático mais profundo.

Figura 15 - Profundidade dos poços cadastrados na área de estudo



Com relação às vazões, verifica-se que 8 (6%) poços apresentam baixa vazão ($< 2\text{m}^3/\text{h}$), 19 (14%) apresentam média vazão (entre 2 e $5\text{m}^3/\text{h}$), 7 (5%) apresentam alta vazão ($> 5\text{m}^3/\text{h}$) e 105 (75%) não possuem informação (Figura 16).

Figura 16 - Vazão dos poços cadastrados na área de estudo



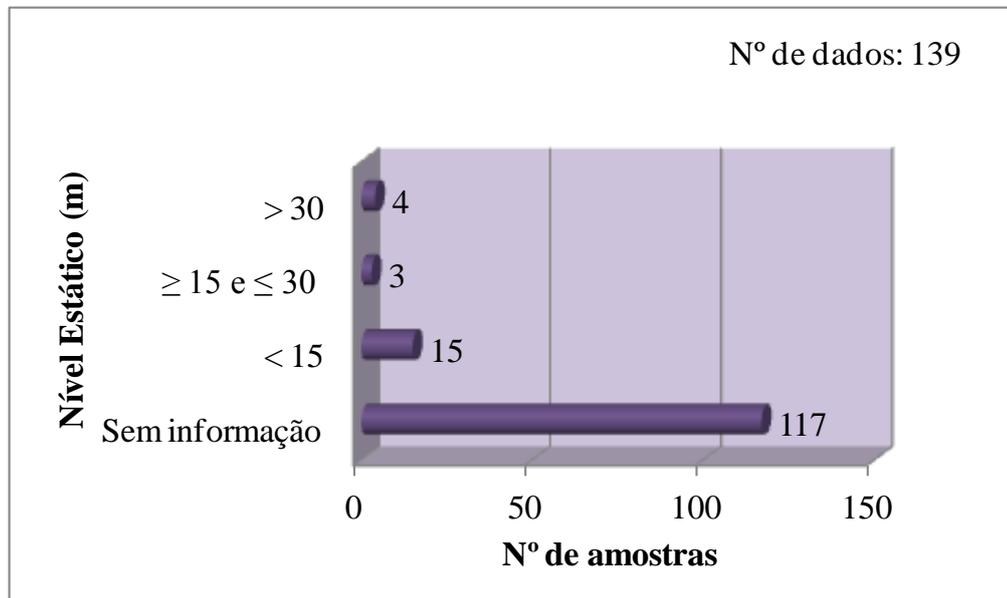
7.5. Nível estático dos poços

De acordo com Cavalcante e Gomes (2011), as águas subterrâneas não são fotogênicas e somente são visíveis no momento em que são captadas pelos poços, jorram dos poços artesianos (Jorranes) ou migram das diferentes e diversas fontes hídricas naturais. A profundidade em que se encontram geralmente reflete seu nível estático natural, nível hidrostático ou nível d'água, e que pode ser raso (Freático) (profundidade do nível estático inferior a 15 m), medianamente profundo (profundidade do nível estático entre 15 m e 30 m) ou profundo (profundidade do nível estático superior a 30 m).

Na área de pesquisa, observa-se que 15 poços possuem nível estático a profundidades inferiores a 15 metros, 3 possuem nível estático entre 15 e 30 metros, 4 a profundidade superior a 30 metros e 117 poços não possuem informação (Figura 17).

Os poços com nível estático mais raso estão localizados na porção mais baixa da área (zona de descarga) e os poços que possuem nível estático mais profundo encontram-se na porção mais alta área (zona de recarga).

Figura 17 - Nível Estático dos poços cadastrados na área de estudo



8. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O uso e a ocupação do solo de uma região alteram a dinâmica ambiental original, tendo influência inclusive sobre os recursos hídricos que são afetados tanto em relação à quantidade quanto em relação à qualidade, tendo em vista que o processo de uso e ocupação de uma área promove a impermeabilização do solo alterando o regime de infiltração e, conseqüentemente, a recarga do aquífero, bem como o crescimento demográfico aumentando o risco de contaminação das águas subterrâneas em decorrência das atividades antrópicas.

Neste capítulo são apresentados os aspectos relacionados à regulamentação, bem como a caracterização do uso e ocupação do solo na área de pesquisa.

8.1. Legislação sobre uso e ocupação do solo

A Lei Municipal nº 947/2011 dispõe sobre o uso e ocupação do solo no município de Aquiraz e em seu Art. 4º divide o município nas seguintes áreas: I. Área Urbana de Ocupação Consolidada; II. Área Urbana de Expansão Controlada; III. Área de Revitalização Urbana; IV. Área de Interesse à Produção; V. Área de Interesse ao Turismo; VI. Áreas para Atividades Urbo-Agrárias. Cada uma dessas áreas está delimitada em função de topografia, condições ambientais, ocupação urbana, disponibilidade de equipamentos comunitários, serviços urbanos e sistema viário (Art.4º, §1º). O Porto das Dunas é classificado como Área de Interesse ao Turismo (Art. 14, Parágrafo Único).

Segundo essa mesma lei, o ordenamento urbano e ambiental das Áreas de Interesse ao Turismo de Aquiraz deverá observar a conservação e proteção dos recursos naturais, conforme, dentre outras, a Lei Federal nº 7661/88.

Essa lei institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) que visa especificamente orientar a utilização nacional dos recursos na Zona Costeira, de forma a contribuir para elevar a qualidade da vida de sua população e a proteção do seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural (Art. 2º).

Conforme a referida lei, ainda em seu Art. 2º, Parágrafo Único, considera-se Zona Costeira o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre, que serão definidas pelo Plano. Em seu Art. 3º inciso I, a mesma lei prevê o zoneamento de usos e atividades da Zona Costeira dando prioridade à conservação e proteção, entre outros, dos recursos naturais, renováveis e não renováveis; recifes, parcéis e bancos de algas; ilhas costeiras e oceânicas;

sistemas fluviais, estuarinos e lagunares, baías e enseadas; praias; promontórios, costões e grutas marinhas; restingas e dunas; florestas litorâneas, manguezais e pradarias submersas.

A Lei Federal nº 6938/81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, tendo como princípios, dentre outros, a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar e o controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras (Art. 2º). Essa mesma lei cita como um de seus instrumentos o zoneamento ambiental (Art. 9º, inciso II).

De acordo com o Decreto Federal nº 4297/02, o zoneamento ambiental, também chamada de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), constitui um instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, que estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população (Art. 2º). O ZEE realiza a divisão do território em zonas, de acordo com as necessidades de proteção, conservação e recuperação dos recursos naturais e do desenvolvimento sustentável (Art. 11).

Segundo Lopes, Cestaro e Kelting (2012), com a realização do zoneamento ambiental do município de Aquiraz, foram definidas cinco zonas ambientais: 1) Zona com sérias restrições à ocupação; 2) Zona imprópria à ocupação; 3) Zona propícia à ocupação; 4) Zona utilizada, mas de ocupação sob controle; 5) Zona utilizada sem regulamentação oficial.

A área de pesquisa é dividida em duas zonas ambientais: a Zona com sérias restrições à ocupação e a Zona imprópria à ocupação. A primeira compreende aquelas áreas em que as unidades ambientais não deverão ser submetidas a empreendimentos imobiliários, por apresentarem propriedades geodinâmica e ecossistêmica em frágil equilíbrio (dunas móveis, lagoas, lagoas continentais, falésias da Formação Barreiras, planícies de inundação dos cursos d'água) e a segunda compreende as unidades ambientais como faixa de praia, recifes, falésias, lagoas interdunares, paleodunas e planícies flúvio-marinhas.

A capacidade de suporte dessas unidades territoriais mantém relações com os principais indicadores ambientais (clima, geologia, geomorfologia, pedologia, recursos hídricos, vegetação, intervenções antrópicas). Dessa forma, as atividades relacionadas à implantação de loteamentos e à expansão dos núcleos urbanos deverão levar em consideração a proteção de áreas destinadas ao uso racional do solo (LOPES; CESTARO; KELTING, 2012).

A Resolução CONAMA nº 341/03 dispõe sobre critérios para a caracterização de atividades ou empreendimentos turísticos sustentáveis como de interesse social para fins de ocupação de dunas originalmente desprovidas de vegetação, na Zona Costeira.

O Art. 2º dessa resolução determina, em seu parágrafo 2º que as dunas desprovidas de vegetação somente poderão ser ocupadas com atividade ou empreendimento turístico sustentável em até 20% de sua extensão, limitada à ocupação a 10% do campo de dunas, recobertas ou desprovidas de vegetação.

Essa mesma resolução, em seu Art. 3º diz que as dunas passíveis de ocupação por atividades ou empreendimentos turísticos sustentáveis declarados como de interesse social deverão estar previamente definidas e individualizadas, em escala mínima de até 1:10.000, pelo órgão ambiental competente, sendo essas aprovadas pelo Conselho Estadual de Meio Ambiente.

Ainda, de acordo com o Art. 3º, Parágrafo 1, a identificação e delimitação, pelo órgão ambiental competente, das dunas passíveis de ocupação por atividade ou empreendimento turístico sustentável declarados de interesse social deverão estar fundamentadas em estudos técnicos e científicos que comprovem que a ocupação de tais áreas não comprometerá, dentre outros: a recarga e a pressão hidrostática do Aquífero Dunar nas proximidades de ambientes estuarinos, lacustres, lagunares, canais de maré e sobre restingas; e a quantidade e qualidade de água disponível para usos múltiplos na região, notadamente a consumo humano e dessedentação de animais, considerando-se a demanda hídrica em função da dinâmica populacional sazonal.

8.2. Caracterização do uso e ocupação do solo do Porto das Dunas

De acordo com Montenegro Júnior (2004), no final dos anos 70 os empresários João Gentil Jr. e Francisco Jereissati iniciaram o processo de aquisição das terras próximas à foz e as margens do rio Pacoti. Em 1979, criaram a Sociedade Porto das Dunas Ltda e em 1980, após a construção da atual ponte que liga Fortaleza ao loteamento (CE-025), iniciaram a comercialização dos lotes.

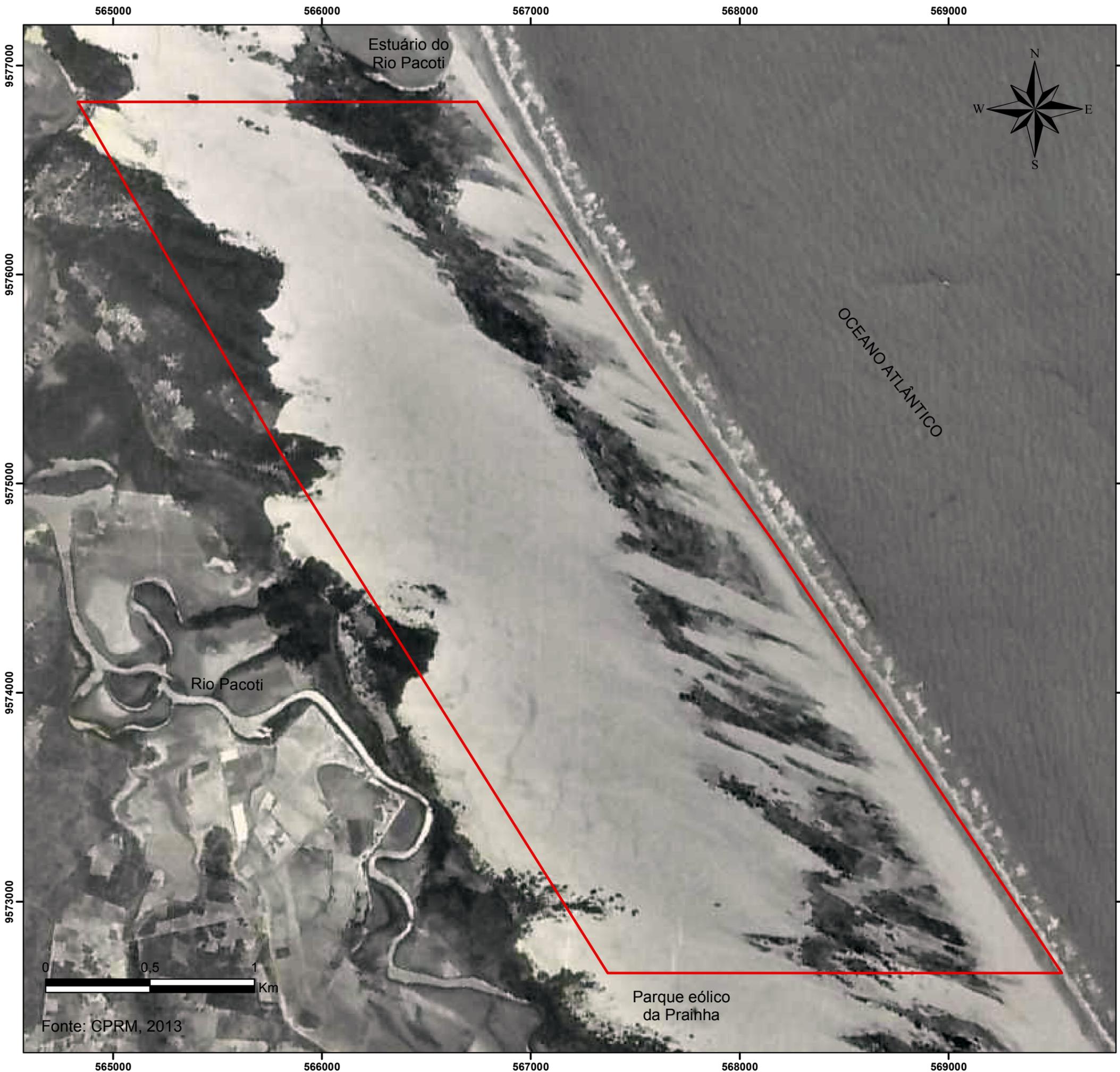
No início, o Porto das Dunas era destinado à população fortalezense de classe média a alta, atraída pelas belezas naturais associadas à proximidade com a capital, que ocuparam a região com casas de veraneio. Em meados dos anos 80, com a criação do Complexo Turístico do Beach Park a atividade turística na região passa a ser priorizada

atraindo mais oportunidades de investimentos para o setor, levando à construção de condomínios, hotéis e resorts.

O uso e ocupação do Porto das Dunas é caracterizado principalmente por empreendimentos turísticos e casas de veraneio, observa-se também a existência de imóveis residenciais, comerciais e alguns sítios, porém, em número bem menor que os primeiros.

Em 1958, antes da implantação do loteamento, toda a área de pesquisa era coberta por dunas, com ocorrência de vegetação de mangue nas porções norte e oeste, ao longo das margens e próximo ao estuário do Rio Pacoti (Figura 18).

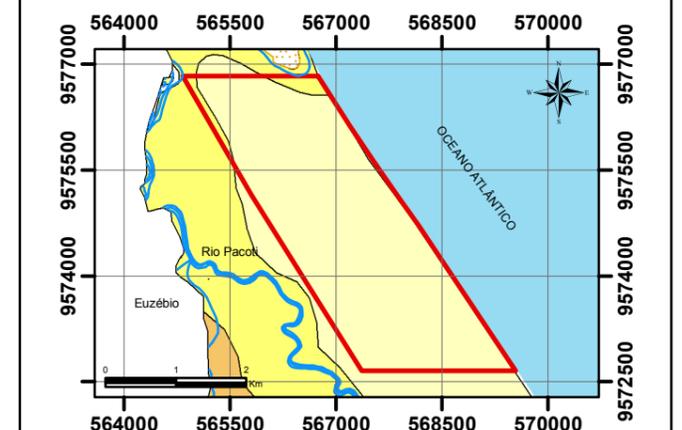
Porém, verifica-se que em 2013 cerca de 80% da área anteriormente coberta por dunas encontra-se urbanizada, possuindo arruamentos, habitações, resorts, hotéis, pousadas, estabelecimentos comerciais, entre outros (Figura 19).



LEGENDA

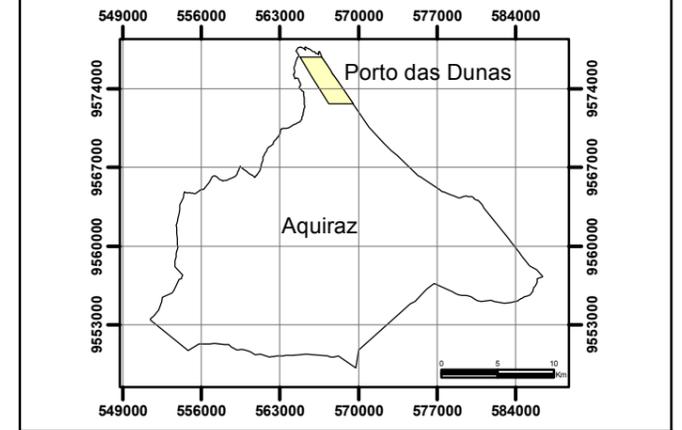
Área de pesquisa

Mapa Litológico do Porto das Dunas - Aquiraz/CE



Área de pesquisa
 Estuário
 Limite municipal
 Rio
 Argilas, areias e cascalhos
 Areias quartzosas
 Arenitos e conglomerados

Localização da área de pesquisa



Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Programa de Pós-graduação em Geologia

Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas Águas Subterrâneas pelo Uso e Ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE

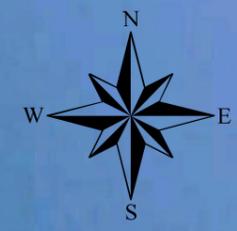
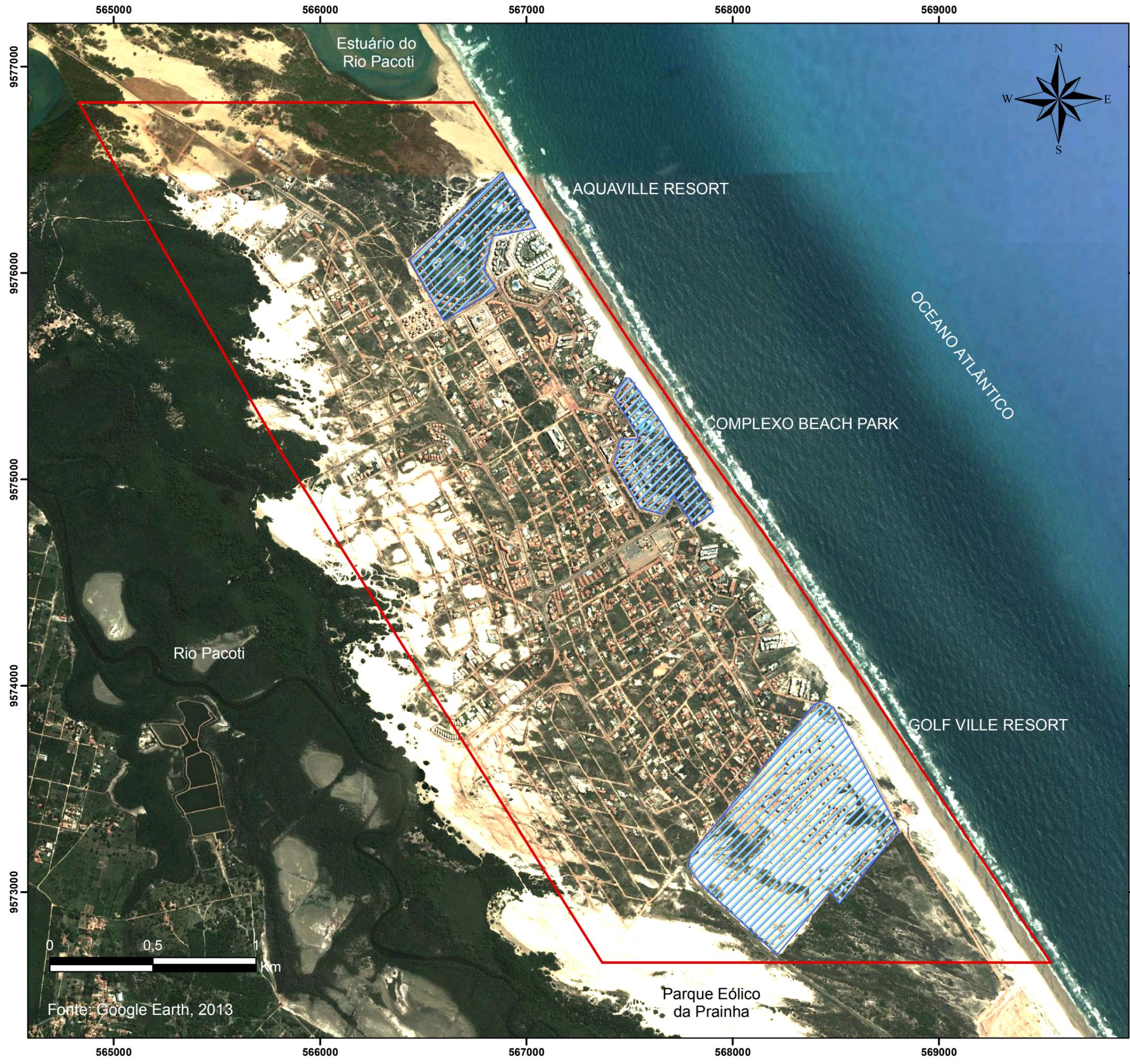
Figura 18 - Área de pesquisa em 1958, antes da ocupação urbana

Autora: Karen Vendramini de Araújo

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

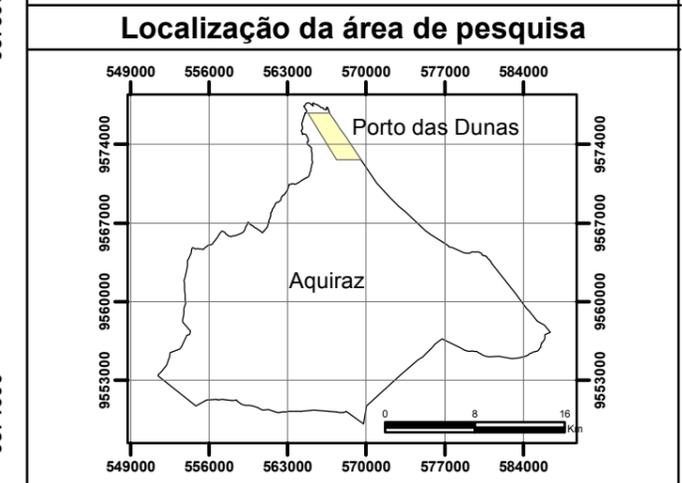
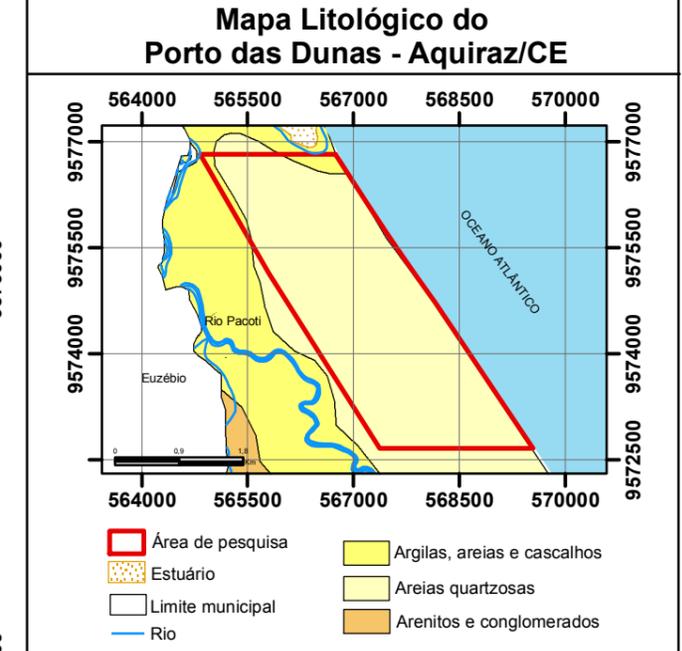
Local: Fortaleza/CE Data: Julho de 2014

Fonte: CPRM, 2013



LEGENDA

Área de pesquisa
 Empreendimentos turísticos




 Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Programa de Pós-graduação em Geologia

Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas Águas Subterrâneas pelo Uso e Ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE

Figura 19 - Área de pesquisa em 2013, apresentando cerca de 80% de ocupação urbana

Autora: Karen Vendramini de Araújo

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

Local: Fortaleza/CE Data: Julho de 2014

9. VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO DUNAS À POLUIÇÃO

O mapeamento da vulnerabilidade natural dos aquíferos é o primeiro passo na avaliação do risco de poluição das águas subterrâneas.

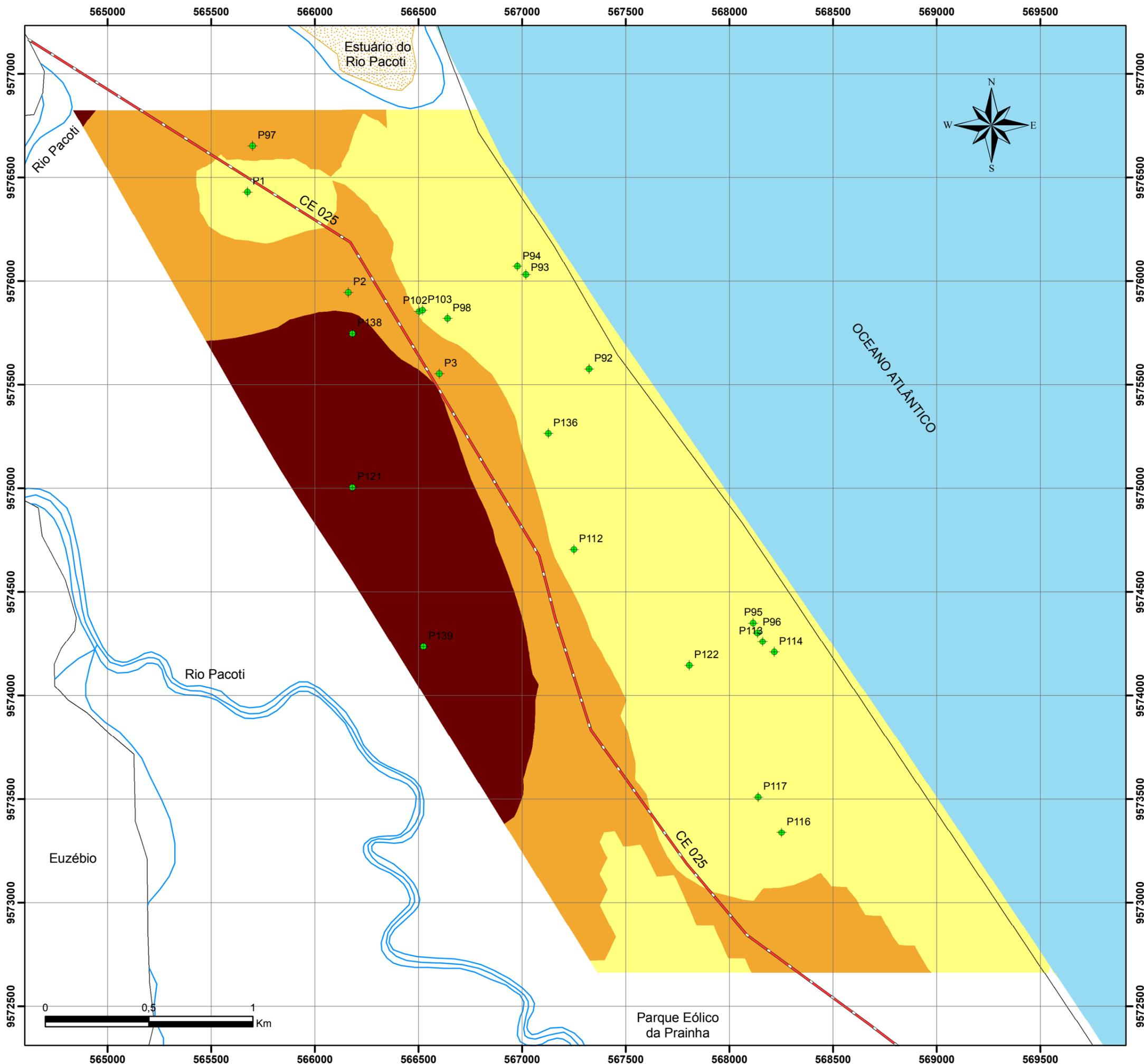
O termo vulnerabilidade à contaminação do aquífero é usado para representar as características intrínsecas que determinam a susceptibilidade de um aquífero a ser adversamente afetado por uma carga contaminante (FOSTER, 1987 *apud* FOSTER; HIRATA, 1991), sendo uma função dos seguintes aspectos:

- acessibilidade hidráulica à penetração de contaminantes na zona saturada;
- capacidade de atenuação das camadas acima da zona saturada através de retenção física e reações químicas com o contaminante.

A vulnerabilidade de um aquífero à contaminação pode ser determinada através de diversos métodos, alguns dos mais utilizados são DRASTIC, AVI e GOD. Na área de pesquisa foi utilizada a metodologia GOD (FOSTER; HIRATA, 1991) para determinar a vulnerabilidade do Aquífero Dunas, sendo essa uma das mais utilizadas na América Latina e Caribe, devido a sua simplicidade conceitual e de aplicação, tendo em vista que as informações necessárias à sua aplicação podem ser adquiridas em estudos básicos de hidrogeologia. Esse método utiliza três parâmetros:

- grau de confinamento do aquífero (*Groundwater hydraulic confinement*), que pode ser classificado em confinado não drenante, confinado drenante e não confinado;
- constituição litológica e grau de consolidação da zona não saturada ou camada confinante (*Overlying strata*); e
- profundidade do nível d'água (nível estático) ou da base confinante do aquífero (*Depth to groundwater table*).

Na área de pesquisa, o Aquífero Dunas é classificado como livre, sendo constituído por areias eólicas e apresentando nível estático entre 2,0 e 61 metros de profundidade, com predominância de valores até 15 metros (Figura 20).



LEGENDA

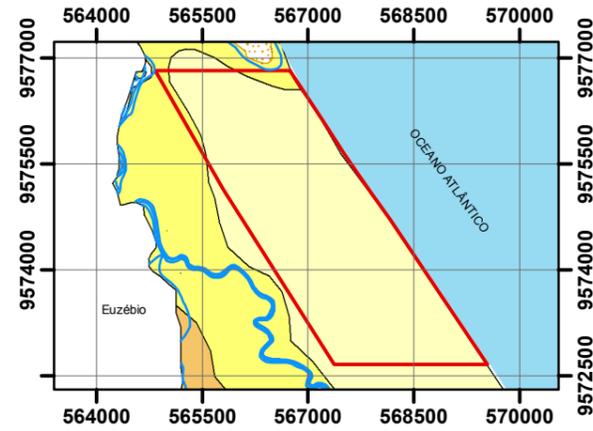
Nível estático (m)

- < 15
- 15 - 30
- > 30

- Poço (x = nº do poço)
- Rodovia

Nº de dados: 22

Mapa Litológico do Porto das Dunas - Aquiraz/CE



- Área de pesquisa
- Estuário
- Limite municipal
- Rio Pacoti
- Argilas, areias e cascalhos
- Areias quartzosas
- Arenitos e conglomerados



Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Programa de Pós-graduação em Geologia

Dissertação: Riscos e Impactos nas Águas Subterrâneas pelo Uso e Ocupação do Porto das Dunas – Aquiraz/CE

Figura 20 - Zoneamento tendencial do nível estático dos poços do Porto das Dunas, Aquiraz - CE

Autora: Karen Vendramini de Araújo

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

Local: Fortaleza/CE Data: Julho de 2014

Observa-se na Figura 20, que a área de pesquisa apresenta nível estático mais raso em toda a faixa leste, com profundidade até 15 metros e nível estático mais profundo na porção oeste, com profundidades superiores a 30 metros. Isso ocorre devido a um desnível de aproximadamente 40 metros entre a porção oeste e leste da área, sendo a porção oeste mais elevada, caracterizando a zona de recarga do aquífero e a porção leste, mais baixa, a zona de descarga.

Nesse método, para cada parâmetro é atribuído um índice. Em relação ao grau de confinamento, o aquífero não confinado possui índice 1,0; com base na composição do aquífero, as areias eólicas possuem índice 0,6; já e em relação à profundidade do nível estático existem quatro índices, um para cada intervalo de profundidade, quanto mais raso for o nível estático, maior será o índice de vulnerabilidade (Tabela 03).

Tabela 03 - Índice GOD para o nível estático

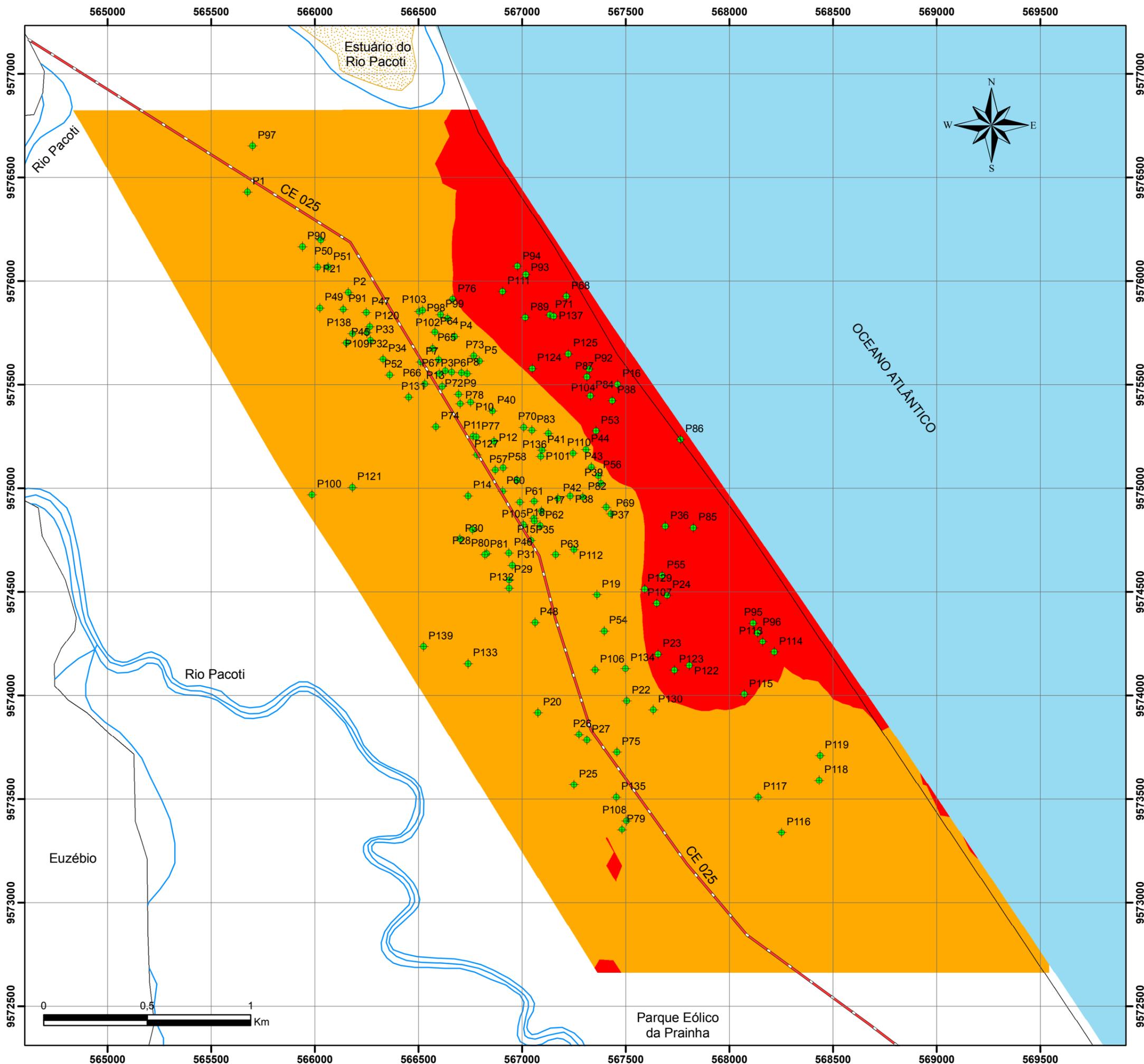
Profundidade do nível estático (m)	Índice GOD
< 5	0,9
5 – 20	0,8
20 – 50	0,7
> 50	0,6

O índice de vulnerabilidade do Aquífero Dunas é o produto da multiplicação dos índices referentes a cada um dos parâmetros utilizados (Quadro 01).

Quadro 01 - Índice de vulnerabilidade do Aquífero Dunas no Porto das Dunas, Aquiraz/CE

Nº Ordem	Índice			
	Confinamento	Litologia	Nível estático	Vulnerabilidade
P1	1,0	0,6	0,9	0,54
P2	1,0	0,6	0,7	0,42
P3	1,0	0,6	0,7	0,42
P92	1,0	0,6	0,9	0,54
P93	1,0	0,6	0,9	0,54
P94	1,0	0,6	0,9	0,54
P95	1,0	0,6	0,9	0,54
P96	1,0	0,6	0,9	0,54
P97	1,0	0,6	0,7	0,42
P98	1,0	0,6	0,9	0,54
P102	1,0	0,6	0,9	0,54
P103	1,0	0,6	0,7	0,42
P112	1,0	0,6	0,8	0,48
P113	1,0	0,6	0,8	0,48
P114	1,0	0,6	0,8	0,48
P116	1,0	0,6	0,8	0,48
P117	1,0	0,6	0,8	0,48
P121	1,0	0,6	0,6	0,36
P122	1,0	0,6	0,9	0,54
P136	1,0	0,6	0,8	0,48
P138	1,0	0,6	0,7	0,42
P139	1,0	0,6	0,6	0,36

Com base nos índices calculados, o Aquífero Dunas se enquadra em duas classes de vulnerabilidade: média, com índices entre 0,3 e 0,5 e alta, com índices entre 0,5 e 0,7 (Figura 21).



LEGENDA

Vulnerabilidade

- média
- alta

x Poço (x = nº do poço)

Rodovia

Mapa Litológico do Porto das Dunas - Aquiraz/CE

- Área de pesquisa
- Argilas, areias e cascalhos
- Areias quartzosas
- Arenitos e conglomerados
- Estuário
- Limite municipal
- Rio


 Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Programa de Pós-graduação em Geologia

Dissertação: Riscos e Impactos nas Águas Subterrâneas pelo Uso e Ocupação do Porto das Dunas – Aquiraz/CE

Figura 21 - Vulnerabilidade à poluição do Aquífero Dunas no Porto das Dunas - Aquiraz/CE

Autora: Karen Vendramini de Araújo

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

Local: Fortaleza/CE Data: Julho de 2014

Observa-se na Figura 21 que o Aquífero Dunas apresenta vulnerabilidade média em grande parte da área de pesquisa (76%) e vulnerabilidade alta na porção leste, mais próxima à linha de costa.

Essa vulnerabilidade é justificada pela natureza livre do aquífero com constituição basicamente arenosa, tendo em vista que aquíferos livres possuem maior acessibilidade à penetração de contaminantes em comparação com aquíferos confinados, bem como aquíferos arenosos com maiores porosidades e permeabilidades do que aquíferos de constituição argilosa favorecem o fluxo vertical dos contaminantes. A variação entre média e alta vulnerabilidade é decorrente da profundidade do nível estático, único parâmetro variável na área, pois quanto mais raso for o nível d'água mais vulnerável será o aquífero.

10. RISCO DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O risco de contaminação da água subterrânea pode ser definido como a probabilidade de um aquífero sofrer impactos negativos decorrentes de determinada atividade humana (FOSTER; HIRATA, 1991).

O risco de poluição de um aquífero é determinado pela interação entre:

- a vulnerabilidade do aquífero, consequência do contexto hidrogeológico natural; e
- a carga contaminante aplicada no meio, resultante de atividades antrópicas.

Assim, é possível a existência de um aquífero com alta vulnerabilidade, mas com baixo risco de poluição das águas subterrâneas, desde que a carga contaminante potencial seja reduzida ou inexistente. Da mesma forma, um aquífero possuirá baixo risco de poluição quando a sua vulnerabilidade for baixa, mesmo que existam cargas contaminantes elevadas. O risco extremo ocorre quando tanto a carga contaminante quanto a vulnerabilidade, são elevadas.

O Porto das Dunas não possui rede de esgoto, sendo o despejo de águas residuais realizado através de fossas sépticas ou negras, saneamento *in situ*.

Esse sistema de saneamento funciona por percolação do líquido efluente no solo, e, em perfis de solo permeáveis, isso resulta em recarga do aquífero. As partes sólidas, que deveriam ser periodicamente removidas e despejadas em outro local, em muitos casos permanecem no solo e são progressivamente lixiviadas pela água da chuva ou por outros fluidos que se infiltram (FOSTER *et al.*, 2006).

As fossas sépticas, mesmo quando bem construídas e operadas, geram cargas de compostos de nitrogênio (inicialmente na forma de amônio, mas em geral na forma de nitrato, mais estável) capazes de contaminar os aquíferos.

Já as fossas negras, além do nitrato, também estão associadas à contaminação microbiológica (bactérias patogênicas, vírus e protozoários).

Na área de pesquisa, o risco de poluição do Aquífero Dunas é resultado da integração dos dados de vulnerabilidade com a carga contaminante resultante do uso e ocupação do solo.

Em relação à vulnerabilidade, o Aquífero Dunas possui média a alta vulnerabilidade, sendo que a primeira ocorre na maior parte (76%) da área de pesquisa e a segunda, na faixa leste de área, próximo a linha de costa (Figura 21).

A vulnerabilidade média significa que o aquífero é vulnerável a alguns contaminantes, mas somente quando continuamente lançados ou lixiviados. Já a

vulnerabilidade alta significa que o aquífero é vulnerável a muitos contaminantes (exceto os que são fortemente adsorvidos ou rapidamente transformados) em muitas condições de contaminação (FOSTER *et al.*, 2006).

A carga contaminante na área, proveniente do saneamento *in situ*, constitui uma carga constante. Tendo em vista que 80% da área de pesquisa encontra-se densamente ocupada (Figura 19), a carga contaminante aplicada no meio é relativamente alta.

Com base na vulnerabilidade do Aquífero Dunas e na carga contaminante existente na área, o Porto das Dunas possui alto risco de contaminação de suas águas subterrâneas.

11. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo. A qualidade da água é definida por sua composição e pelo conhecimento dos efeitos que podem causar os seus constituintes (SANTOS, 2000).

A água subterrânea tende a aumentar as concentrações das substâncias dissolvidas à medida que percola aquíferos diferentes, porém fatores como o clima, a composição da água de recarga e as atividades antrópicas, também podem provocar o aumento dessas concentrações.

11.1. Classificação de Potabilidade (Consumo Humano)

A água potável é definida como aquela que pode ser consumida pelo homem sem ocasionar danos à saúde. No Brasil o padrão de potabilidade para o consumo humano é recomendado pela Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde de 12/12/2011 (BRASIL, 2011).

11.1.1. Parâmetros obtidos in situ

Os parâmetros de pH, Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) foram determinados *in situ* a partir de medidas realizadas nas águas de 32 poços (Quadro 02).

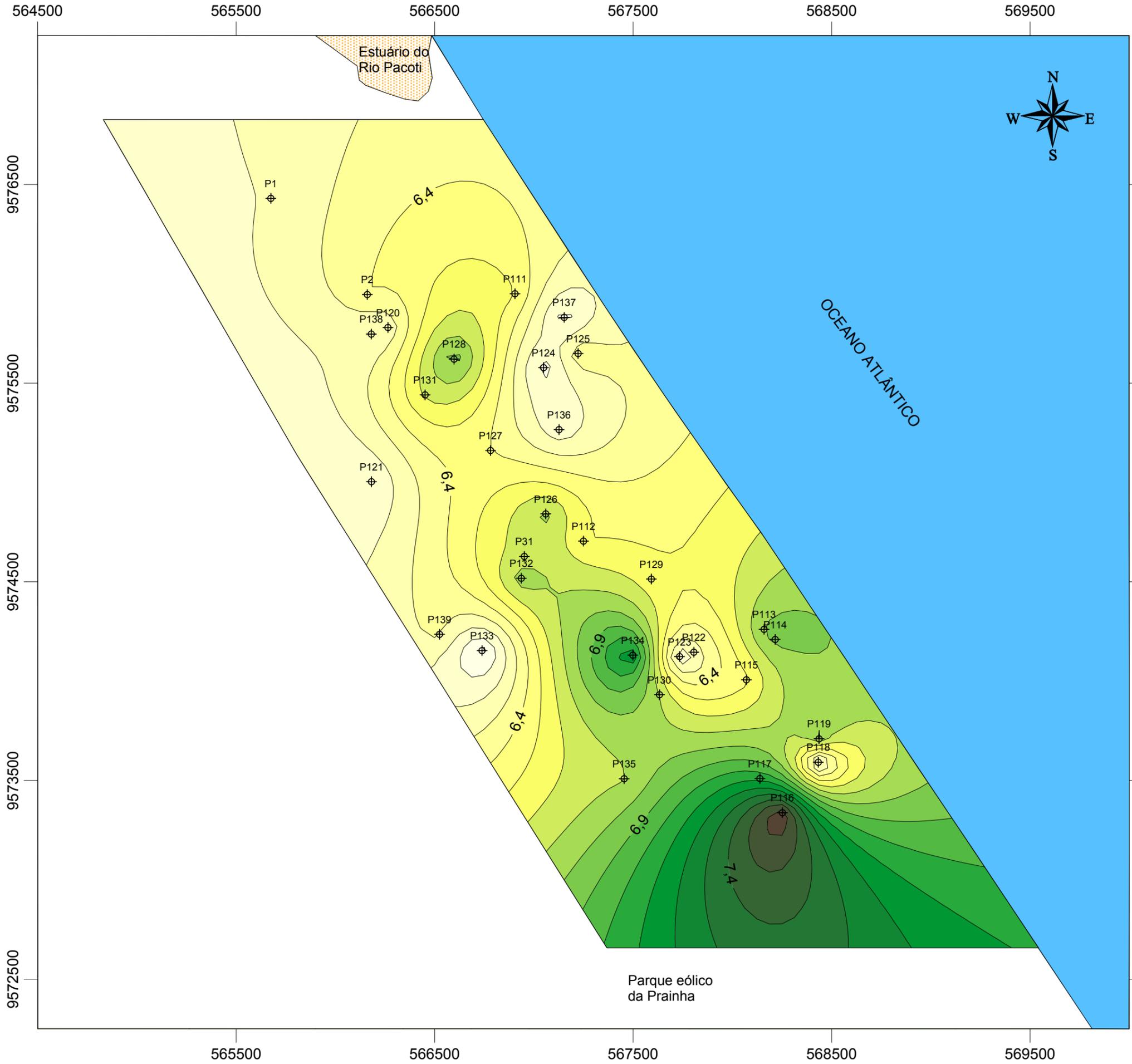
Quadro 02 - Parâmetros obtidos em campo nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)

Nº Ordem	pH	STD (mg/L)	CE (µS/cm)
P1	6,2	88,6	177,3
P2	6,4	133,7	267,0
P31	6,6	156,1	312,0
P111	6,5	276,0	553,0
P112	6,5	130,4	260,8
P113	6,8	257,0	514,0
P114	6,8	239,0	479,0
P115	6,5	178,3	357,0
P116	7,7	98,4	196,8
P117	7,1	61,4	122,8
P118	6,1	93,3	186,6
P119	6,8	43,7	87,3
P120	6,2	69,9	139,8
P121	6,1	48,2	96,4
P122	6,3	94,1	188,2
P123	6,1	67,3	134,6
P124	6,1	282,0	564,0
P125	6,4	163,0	326,0
P126	6,7	48,0	95,9
P127	6,4	112,9	226,0
P128	6,9	108,0	216,0
P129	6,5	234,0	467,0
P130	6,7	42,4	84,9
P131	6,6	94,3	188,6
P132	6,8	148,0	296,0
P133	6,0	85,6	171,1
P134	7,2	56,9	113,8
P135	6,7	45,4	90,8
P136	6,1	91,0	182,0
P137	6,1	392,0	784,0
P138	6,2	82,2	164,4
P139	6,3	51,6	103,2

➤ **pH**

De acordo com a Figura 22, na área de pesquisa observa-se uma predominância de águas ácidas (91%), ou seja, com pH inferior a 7, apresentando um valor médio de 6,4. Apenas os poços P116, P117 e P134, localizados na porção sul da área de pesquisa, apresentam pH superior a 7, com 7,7; 7,1 e 7,2, respectivamente. Esses valores de pH mais básicos, provavelmente, estão relacionados à captação de águas do Aquífero Dunas, já que as águas do Aquífero Barreiras possuem caráter mais ácido, devido sua constituição mais argilosa, pois, de acordo com Hounslow (1995) *apud* Gomes (2013), quantidades significativas de argila promovem a dissolução e liberação da sílica e do alumínio nas águas, o que aumenta sua acidez.

Todos os 32 dados de pH, obtidos *in situ*, apresentaram valores dentro dos padrões recomendados pela Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011) considera um intervalo de pH entre 6 e 9,5 para águas potáveis.



LEGENDA

pH

6 6,5 7 7,5

⊗ Poço (x= nº do poço)

0 1000 2000m

Nº de dados: 32

Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Programa de Pós-graduação em Geologia

Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE

Figura 22 – Isolinhas com zoneamento tendencial do pH nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)

Autora: Karen Vendramini de Araújo

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

Local: Fortaleza/CE Data: Julho de 2014

➤ **Sólidos Totais Dissolvidos (STD)**

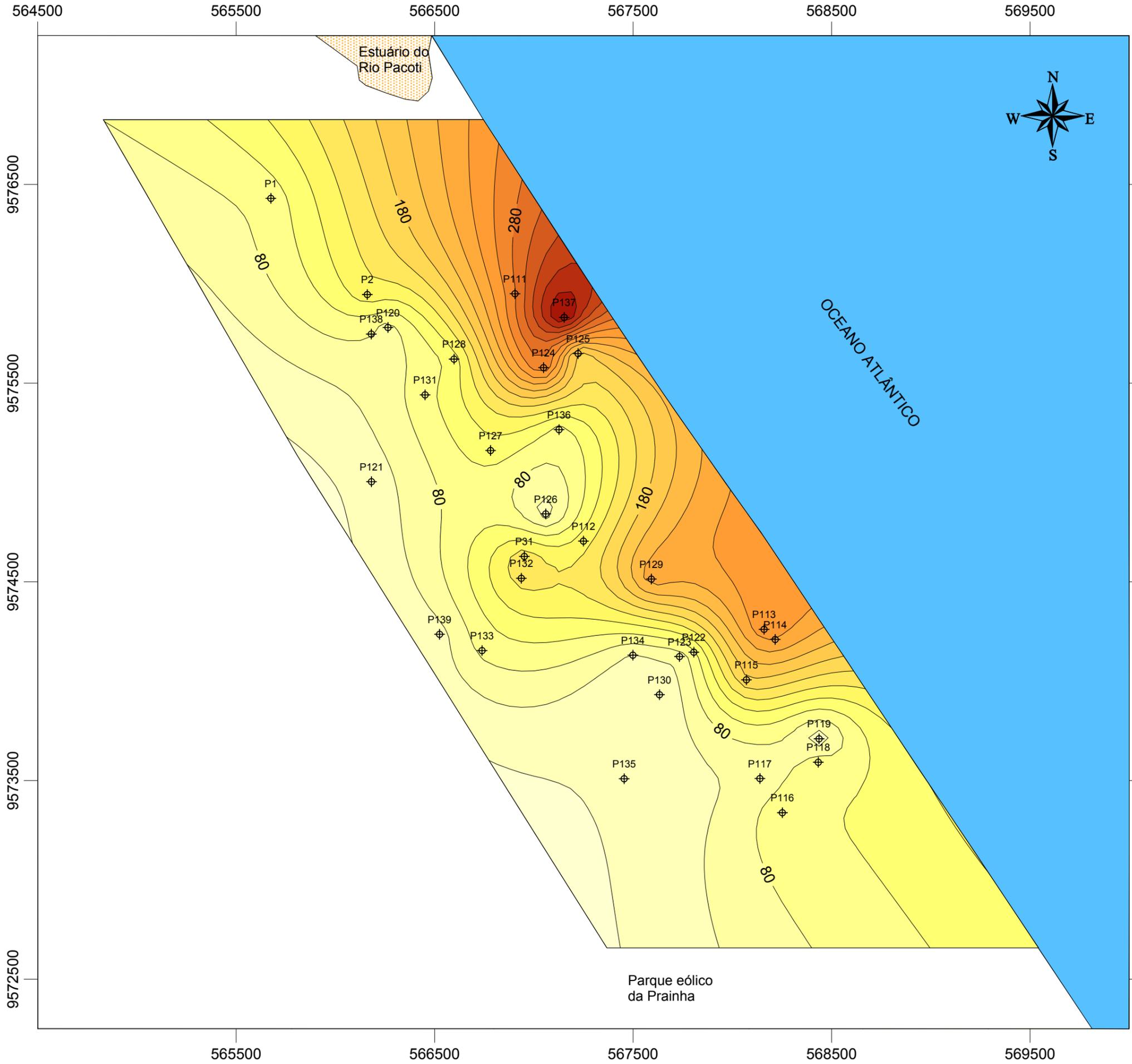
Na Figura 23, verifica-se que a área de estudo apresenta uma predominância de valores até 160 mg/L de STD, com valores mais elevados nos poços que se encontram próximos ao mar como por exemplo, o P124 e o P137, localizados na porção nordeste da área de pesquisa, com 282 e 392 mg/L, respectivamente, devido a influência de águas marinhas com altos teores de cloretos, o que aumenta as concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos nas águas.

Verifica-se que as concentrações de STD estão dentro dos padrões de potabilidade, segundo a Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011), que recomenda um valor máximo permitido de 1.000 mg/L.

➤ **Condutividade Elétrica (CE)**

A Figura 24 mostra a distribuição dos 32 dados de condutividade elétrica, obtidos *in situ*, nas águas subterrâneas da área de pesquisa, estes apresentam um valor médio de 254,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C, com valores mais elevados nos poços que possuem um maior teor de sais dissolvidos, o P124 e o P137, com 564 e 784 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, pois a facilidade de uma água conduzir a corrente elétrica está diretamente ligada à quantidade de íons presentes na mesma.

Não existe um valor máximo permitido para o consumo humano em relação à condutividade elétrica das águas, segundo a Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011), porém, sabendo-se que a condutividade elétrica e o teor de sólidos totais dissolvidos nas águas são diretamente proporcionais é possível estabelecer um padrão de potabilidade para CE, tendo em vista que se a concentração de STD estiver dentro dos padrões a condutividade elétrica também estará.



LEGENDA

STD (mg/L)

20 140 260 380

x Poço (x= nº do poço)

0 1000 2000m

Nº de dados: 32

Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Programa de Pós-graduação em Geologia

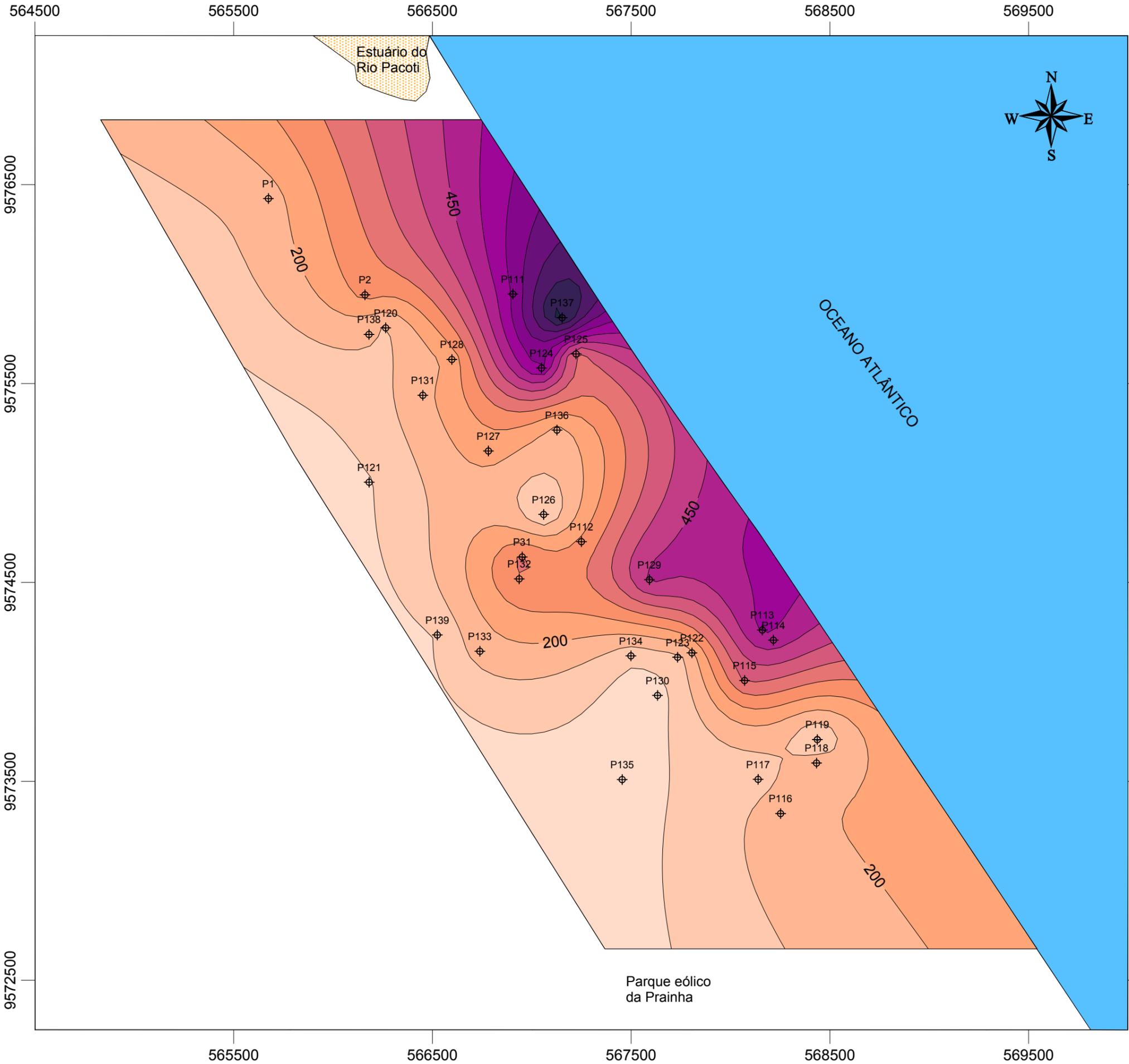
Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE

Figura 23 – Isolinhas com zoneamento tendencial do STD nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)

Autora: Karen Vendramini de Araújo

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

Local: Fortaleza/CE Data: Julho de 2014



LEGENDA	
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C)	
Poço (x= nº do poço)	
Nº de dados: 32	
Universidade Federal do Ceará Centro de Ciências Departamento de Geologia Programa de Pós-graduação em Geologia	
Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE	
Figura 24 – Isolinhas com zoneamento tendencial da CE nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)	
Autora: Karen Vendramini de Araújo	
Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - DEGEO/CC/UFC	
Local: Fortaleza/CE	Data: Julho de 2014

11.1.2. Análises físico-químicas

Os parâmetros físico-químicos foram obtidos a partir das análises das águas de 15 poços cadastrados na área de pesquisa (Figura 08 e Quadro 03).

Para a avaliação da qualidade das águas subterrâneas do Porto das Dunas foram utilizados os seguintes íons e parâmetros: cloretos, sódio, dureza total, turbidez, ferro total, fluoretos, nitrato e nitrito.

➤ Cloretos (Cl⁻)

Na área de estudo, as concentrações de cloretos nas águas analisadas variam entre 7,78 (P139) e 295,21 mg/L (P137). Segundo a Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011), a concentração de cloretos nas águas potáveis não deve ultrapassar 250 mg/L.

Observa-se na Figura 25, que apenas a amostra do poço P137, localizado na porção nordeste da área, apresentou concentração de cloretos acima do valor máximo permitido com 295,21 mg/L. Essa concentração pode estar associada tanto à influência das águas marinhas, já que o poço encontra-se localizado próximo à linha de costa, quanto à uma fonte de poluição antrópica rica em cloretos, como por exemplo fossas sépticas.

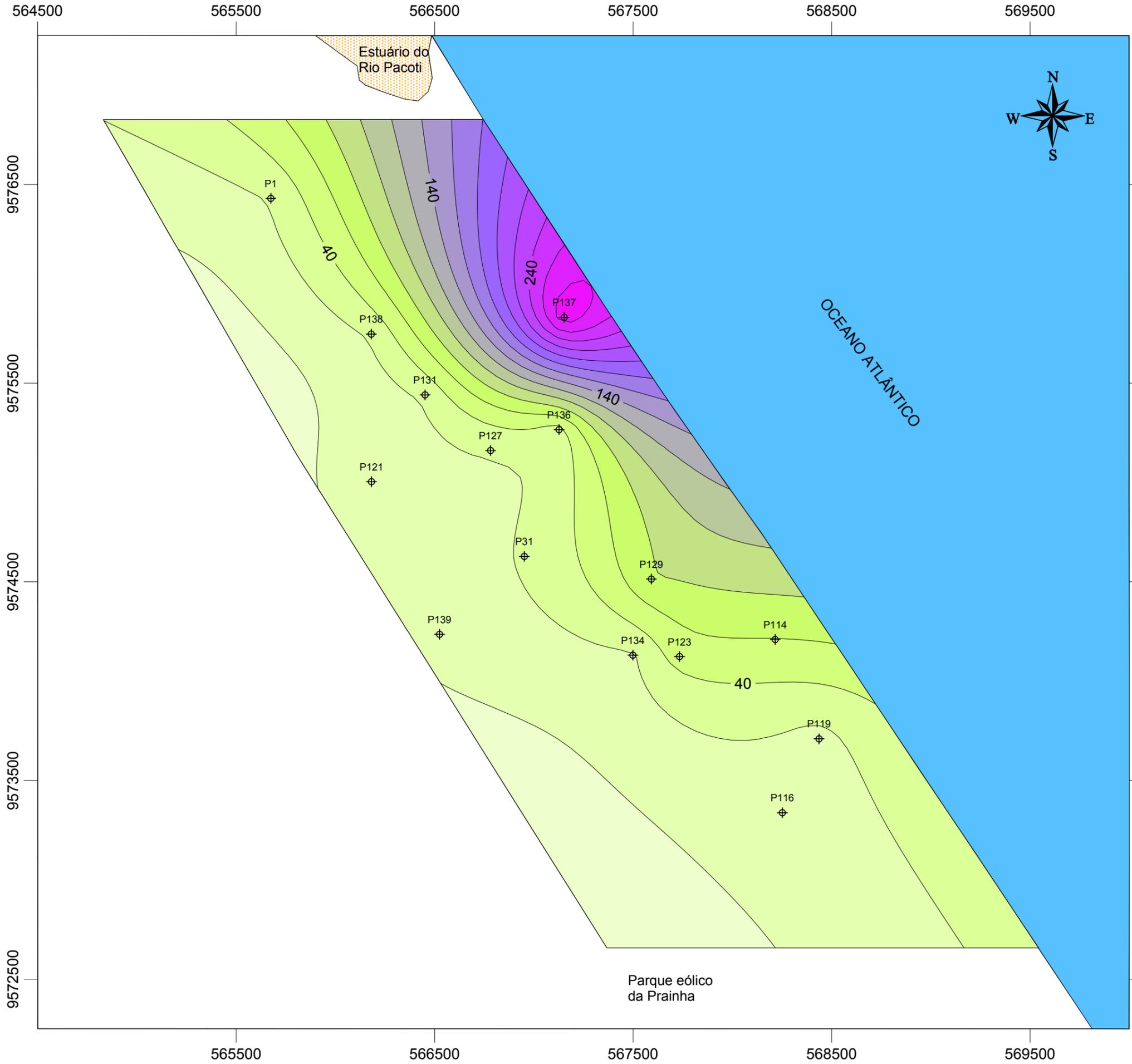
Segundo CETESB (1990) *apud* Fernandes (2005), as descargas de esgotos sanitários constituem-se nas principais fontes de cloretos em meio urbano, uma vez que cada pessoa expele, pela urina, cerca de 6g de cloretos por dia. Isto faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloretos que ultrapassam a 15 mg/L.

Teores elevados de cloretos nas águas provocam sabor desagradável, corrosões em estruturas de metal, incrustações em tubos de revestimentos, aumento da dureza das águas e ações negativas no metabolismo de organismos (MATTA, 2002).

Quadro 03 – Análises físico-químicas das águas subterrâneas do Porto das Dunas (Maio/2014)

Nº Ordem	Turbidez (UNT)	Concentrações em mg/L										
		Alcalinidade Total (CaCO ₃)	Cálcio (Ca ²⁺)	Cloretos (Cl)	Dureza Total (CaCO ₃)	Ferro Total (Fe ²⁺)	Fluoretos (F ⁻)	Magnésio (Mg ²⁺)	Nitratos (N-NO ₃)	Nitritos (N-NO ₂)	Potássio (K ⁺)	Sódio (Na ⁺)
P114	0,04	100,80	50,74	59,48	133,73	0,09	0,47	1,75	6,64	0,08	8,00	65,00
P116	0,07	48,39	16,27	12,57	43,30	0,01	0,06	0,66	< LD	0,03	1,00	17,00
P119	0,03	31,73	0,08	13,67	0,20	< LD	0,32	< LD	0,55	< LD	3,00	28,00
P1	0,21	14,46	8,74	21,46	58,41	0,13	0,17	8,91	20,87	0,02	4,00	42,00
P31	0,05	39,96	10,26	22,75	28,00	0,07	0,13	0,59	8,13	0,02	5,00	39,00
P121	0,53	24,30	0,08	13,27	0,20	0,12	0,36	< LD	3,49	0,02	3,00	19,00
P123	0,35	33,93	14,59	48,90	46,12	0,16	0,23	2,37	8,18	0,02	2,00	47,00
P127	0,14	32,93	8,50	23,05	49,34	0,12	0,12	6,85	7,33	0,02	5,00	41,00
P129	0,25	116,46	58,60	78,34	171,79	0,10	0,29	6,24	7,14	0,02	5,00	76,00
P131	0,13	22,89	11,38	23,55	33,83	0,15	0,25	1,32	7,83	0,02	5,00	37,00
P134	0,20	73,49	8,26	17,66	25,38	0,15	0,09	1,16	1,78	0,02	18,00	32,00
P136	0,80	72,69	19,48	30,64	69,48	0,73	0,74	5,08	8,54	0,02	7,00	48,00
P137	0,80	58,03	26,13	295,21	144,20	2,32	0,71	19,22	0,88	0,03	20,00	164,00
P138	0,16	25,30	0,08	22,85	0,20	0,11	0,18	< LD	5,68	0,02	5,00	38,00
P139	0,17	50,60	12,98	7,78	33,63	0,12	0,22	0,30	3,07	< LD	4,00	24,00

LEGENDA: UNT = Unidade Nefelométrica de Turbidez; LD = Limite de detecção.



LEGENDA	
Cloretos (mg/L)	
Poço (x= nº do poço)	
Nº de dados: 15	
Universidade Federal do Ceará Centro de Ciências Departamento de Geologia Programa de Pós-graduação em Geologia	
Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE	
Figura 25 – Isolinhas com zoneamento tendencial dos Cloretos nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)	
Autora: Karen Vendramini de Araújo	
Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - DEGEO/CC/UFC	
Local: Fortaleza/CE	Data: Julho de 2014

➤ **Sódio (Na⁺)**

As concentrações de sódio nas águas dos poços amostrados apresentam variação de 17 (P116) a 164 mg/L (P137), estando dentro dos padrões de potabilidade, segundo a Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011) que recomenda um valor máximo permitido de 200 mg/L.

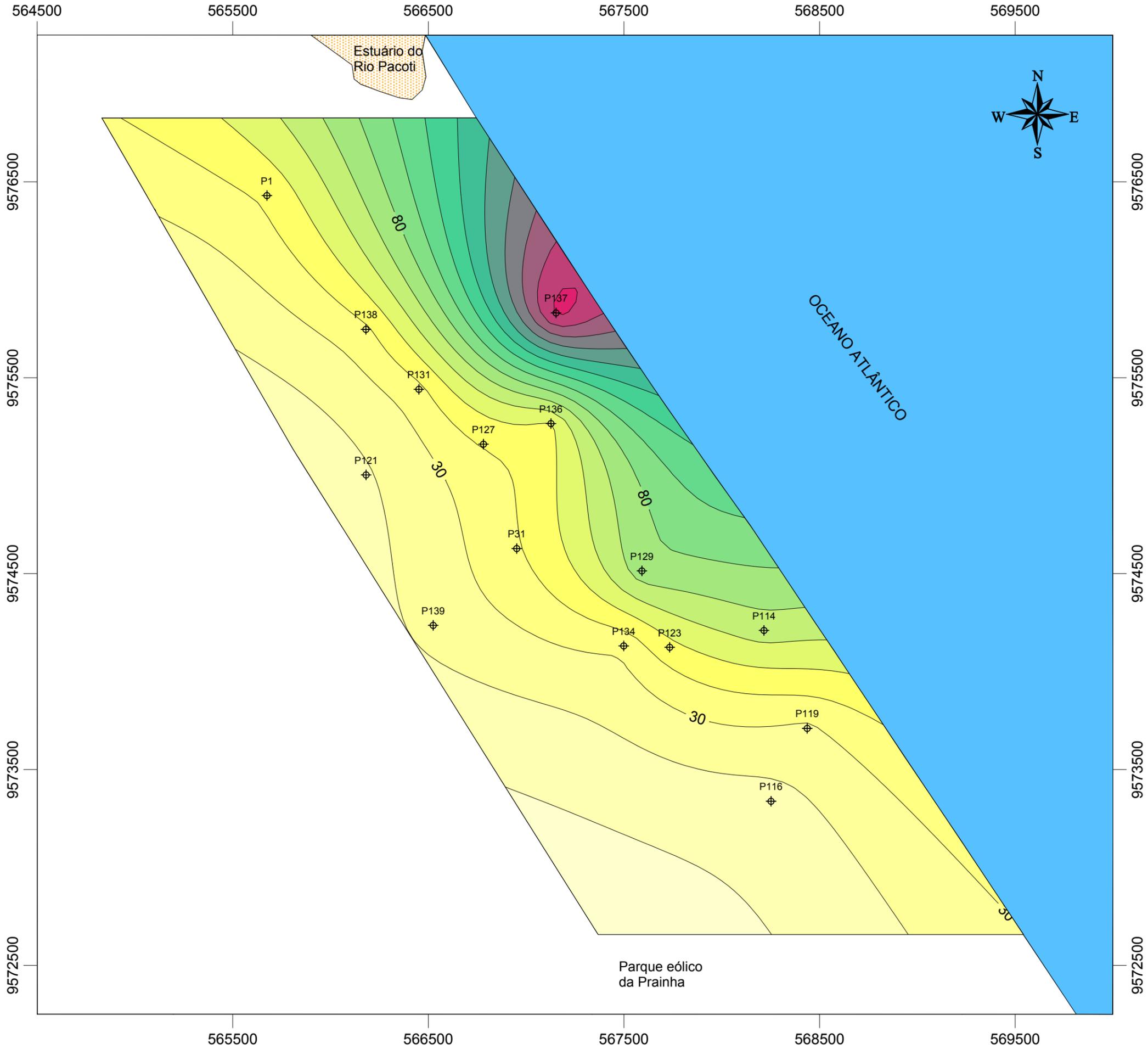
Na Figura 26 observa-se que a amostra do poço P137, localizado na porção nordeste da área de pesquisa, apresenta teor elevado de sódio em relação às amostras dos demais poços, com 164 mg/L, o sódio está associado aos cloretos, por tanto águas com concentrações elevadas de cloretos geralmente apresentam teores elevados de sódio, como ocorre com amostra do poço P137 que apresenta o maior teor de cloretos da área.

➤ **Dureza Total**

A dureza da água é uma propriedade que define a capacidade de consumir ou neutralizar o sabão em função da presença dos íons cálcio e magnésio, associados, principalmente, aos íons carbonato e sulfato, mas também a outros íons como nitrato, silicato e cloreto, sendo representada pelos teores de carbonato de cálcio e magnésio nas águas. Segundo Custódio e Llamas (1983), em relação à dureza, as águas são classificadas como brandas, pouco duras, duras e muito duras (Tabela 01).

Nas águas subterrâneas da área de pesquisa as concentrações de CaCO₃ variaram entre 0,20 e 171,79 mg/L. As 15 amostras analisadas encontram-se dentro dos padrões de potabilidade, segundo a Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011), que recomenda um valor máximo permitido de 500 mg/L.

Observa-se na Figura 27, um predomínio (67%) de águas brandas a pouco duras, com concentrações variando entre 0,20 e 69,48 mg/L, porém na parte leste da área, próximo à linha de costa, existe a ocorrência de águas duras nos poços P114 (133,73 mg/L), P137 (144,20 mg/L) e P129 (171,49 mg/L). O aumento da dureza nos poços localizados próximos a linha de costa é devido, provavelmente ao aumento dos cloretos pela influência das águas marinhas.



LEGENDA

Sódio (mg/L)

10 60 110 160

x Poço (x= nº do poço)

0 1000 2000m

Nº de dados: 15

Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Programa de Pós-graduação em Geologia

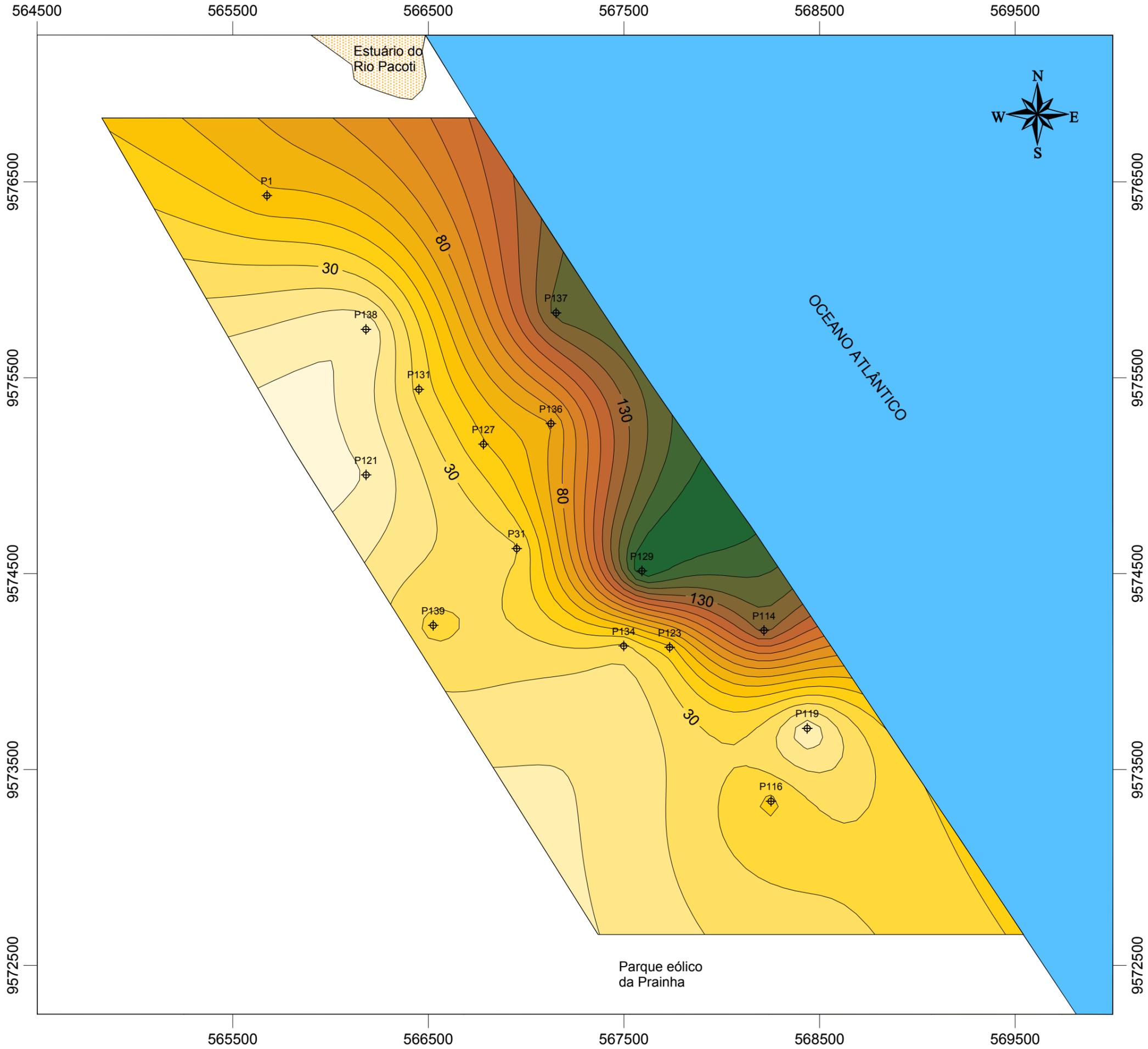
Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE

Figura 26 – Isolinhas com zoneamento tendencial do sódio nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)

Autora: Karen Vendramini de Araújo

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

Local: Fortaleza/CE Data: Julho de 2014



LEGENDA	
Dureza Total (mg/L)	
Nº de dados: 15	
Universidade Federal do Ceará Centro de Ciências Departamento de Geologia Programa de Pós-graduação em Geologia	
Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE	
Figura 27 – Isolinhas com zoneamento tendencial da dureza total das águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)	
Autora: Karen Vendramini de Araújo	
Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - DEGEO/CC/UFC	
Local: Fortaleza/CE	Data: Julho de 2014

➤ Turbidez

A Turbidez é definida como a dificuldade da água em transmitir a luz e está associada aos sólidos em suspensão, que pode ser argila, silte ou matéria orgânica, que dificultam a passagem da luz.

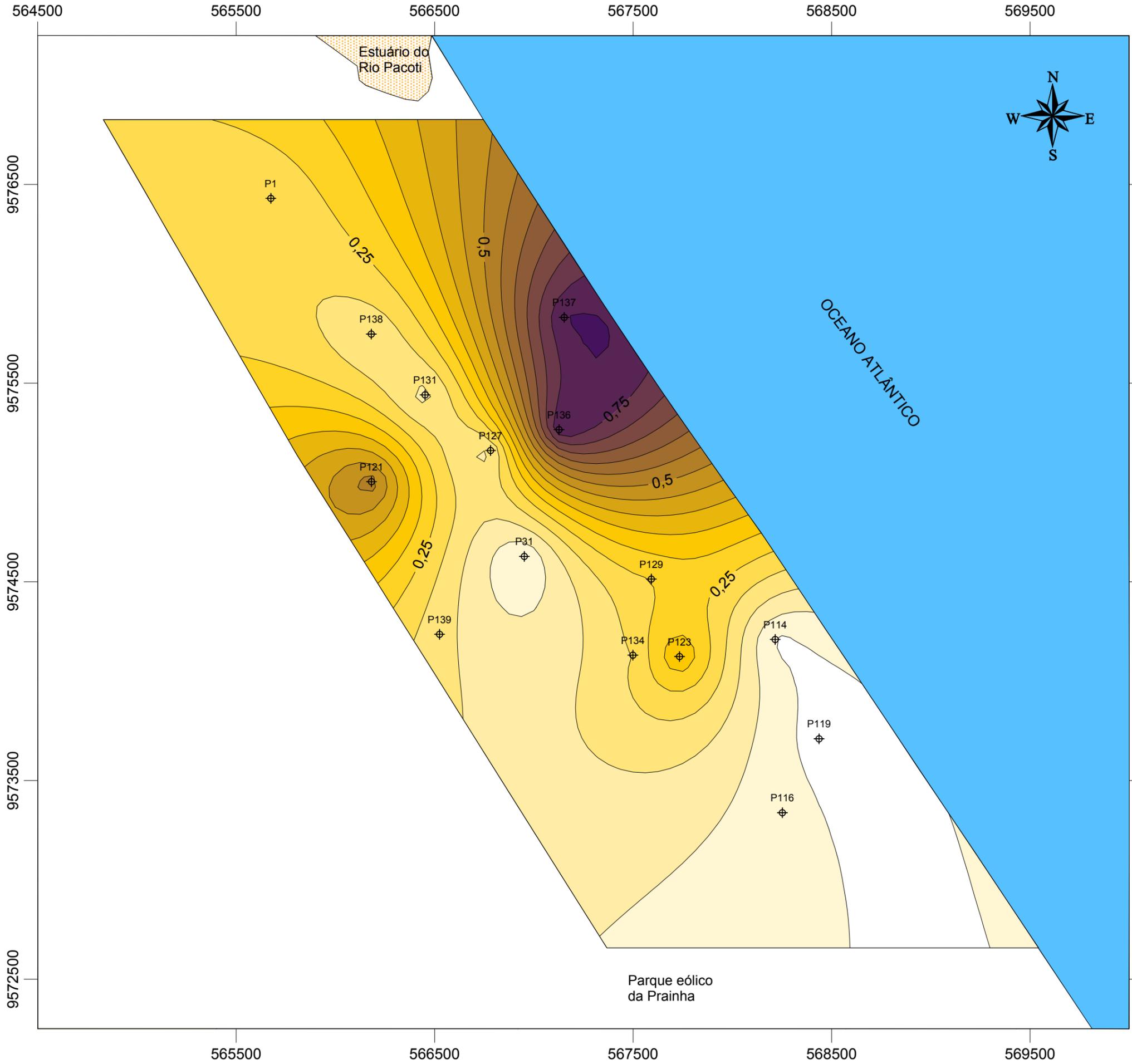
Os valores de turbidez das 15 amostras de água subterrânea da área de pesquisa variaram entre 0,03 e 0,80 UNT, encontrando-se dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011) que recomenda um valor máximo permitido de 5,0 UNT.

Na Figura 28 observam-se valores mais elevados de turbidez nas águas dos poços P136 (Foto 13) e P137, localizados na porção nordeste da área, com 0,80 UNT, provavelmente em consequência da ausência de proteção sanitária dos poços, o que permite a entrada de impurezas, aumentando a turbidez das águas.

Foto 13 - Poço tubular (em uso) sem proteção sanitária, localizado na Av. Cajueiro, s/n, Porto das Dunas, Aquiraz - CE. Coord.: 9575266/567127 (Janeiro/2014)



Fonte: Autora



LEGENDA	
Turbidez (UNT)	
Poço (x= nº do poço)	
Nº de dados: 15	
Universidade Federal do Ceará Centro de Ciências Departamento de Geologia Programa de Pós-graduação em Geologia	
Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE	
Figura 28 – Isolinhas com zoneamento tendencial da turbidez das águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)	
Autora: Karen Vendramini de Araújo	
Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - DEGEO/CC/UFC	
Local: Fortaleza/CE	Data: Julho de 2014

➤ **Ferro Total**

A Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011) recomenda que a concentração de ferro nas águas não ultrapasse os 0,3 mg/L.

Das 15 amostras analisadas, duas (13%) apresentaram concentrações acima do valor máximo permitido, a amostra do poço P136, com 0,73 mg/L e a amostra do poço P137, com 2,32 mg/L, localizados na porção nordeste da área de pesquisa (Figura 29). Esses valores podem estar associados aos níveis lateríticos do Aquífero Barreiras que normalmente apresentam elevadas concentrações de ferro.

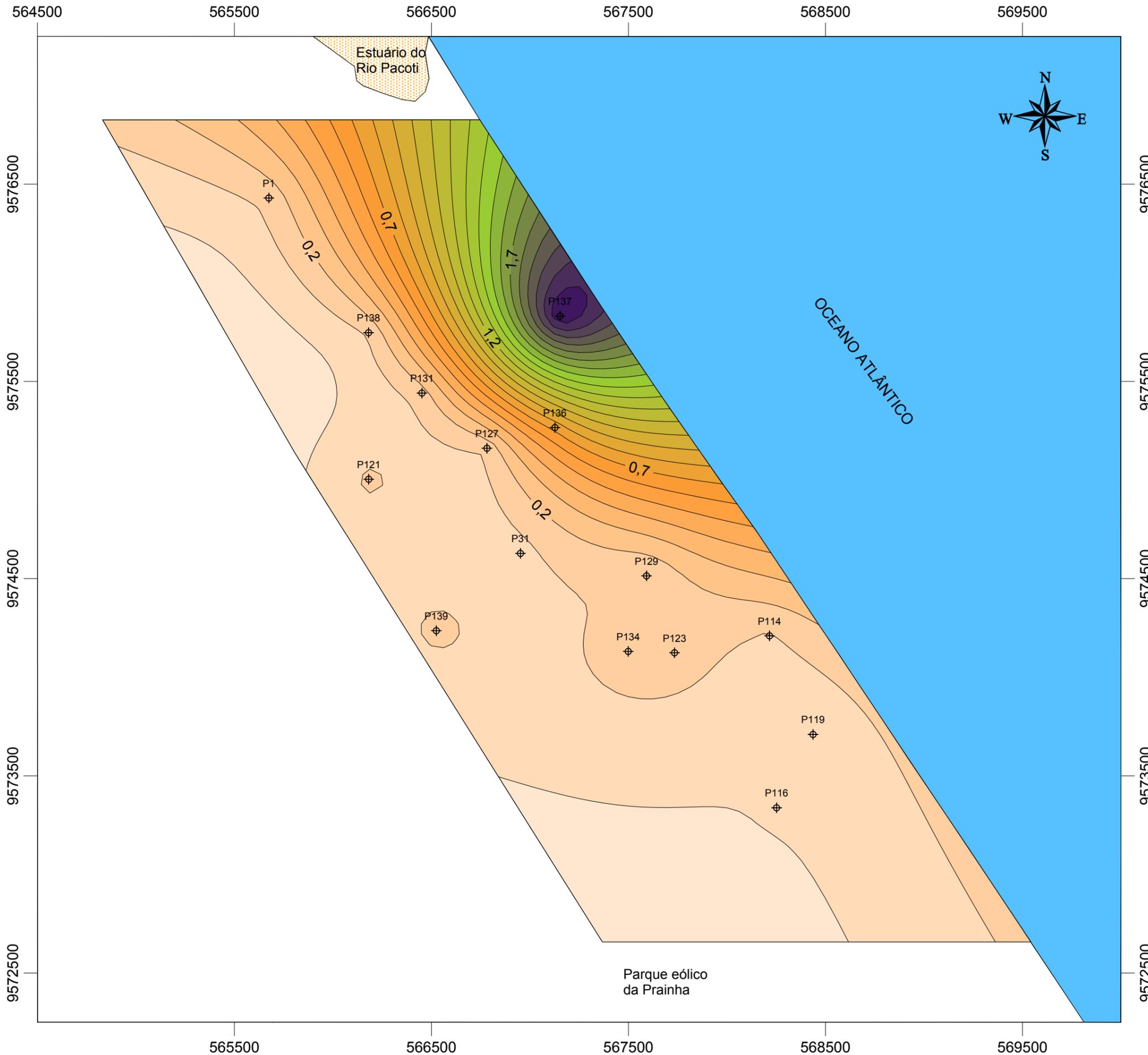
O excesso de ferro nas águas subterrâneas pode provocar corrosão no sistema de bombeamento, incrustações e entupimento dos filtros dos poços. Segundo Santos (2000), o excesso de ferro no organismo pode aumentar a incidência de problemas cardíacos e diabetes.

➤ **Fluoretos (F⁻)**

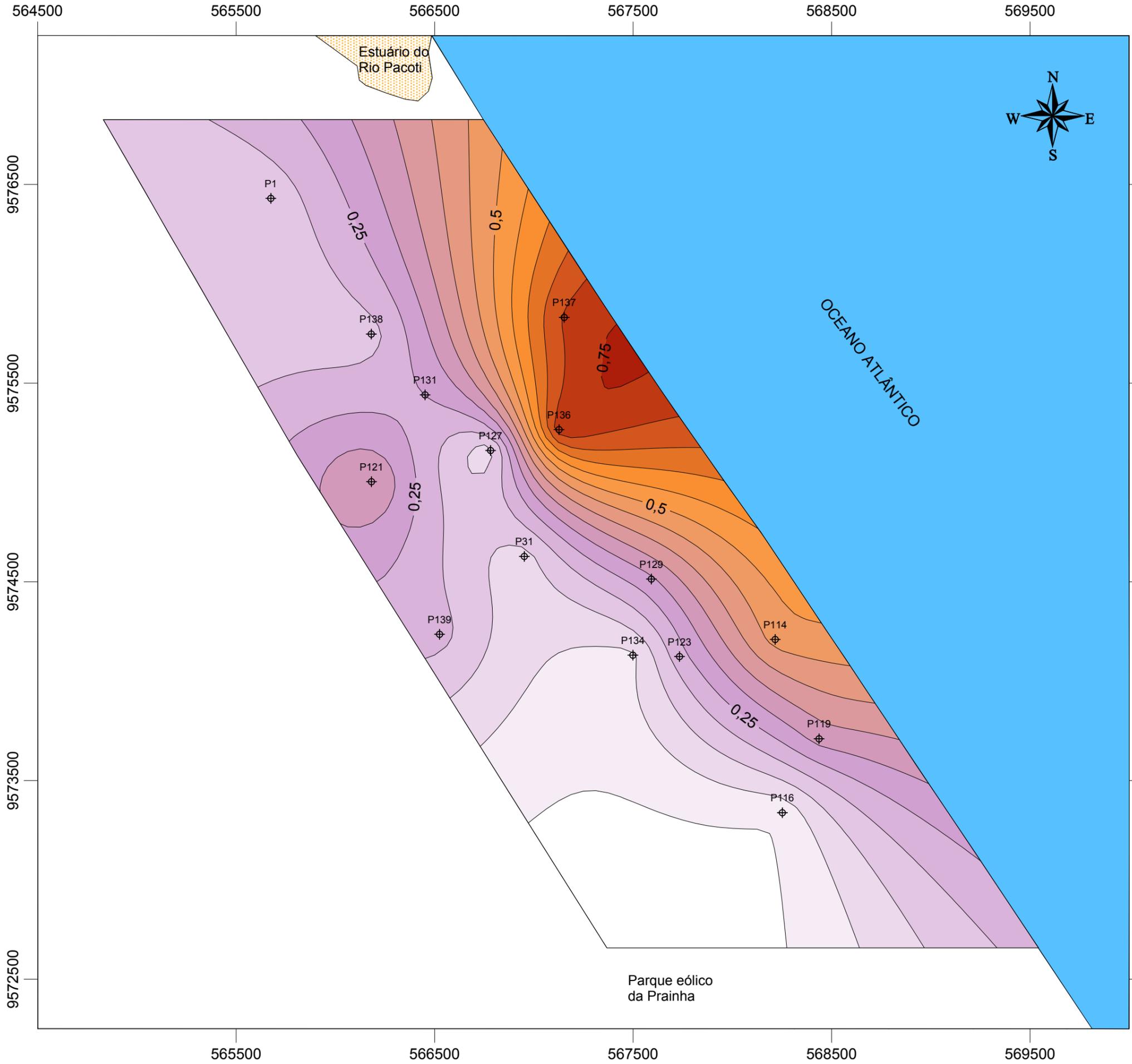
Na Figura 30 observa-se que as concentrações de fluoretos nas 15 amostras analisadas variaram entre 0,06 (P116) e 0,74 mg/L (P136), com valores mais elevados nos poços P136 e P137, localizados na porção nordeste da área de pesquisa, próximos a linha de costa, com 0,74 e 0,71 mg/L, respectivamente, devido a influência das águas marinhas que possuem concentrações de flúor entre 1,0 e 1,3 mg/L.

De acordo com a Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011), o valor máximo permitido para a concentração de fluoretos nas águas potáveis é de 1,5 mg/L, ou seja, as concentrações encontradas na área de pesquisa estão dentro dos padrões de potabilidade.

O flúor, em baixos teores é benéfico à saúde na prevenção de cáries dentárias de crianças em fase de crescimento, porém em excesso é prejudicial, causando manchas nos dentes e deformação dos ossos.



LEGENDA	
Ferro Total (mg/L)	
x Poço (x= nº do poço)	
Nº de dados: 15	
Universidade Federal do Ceará Centro de Ciências Departamento de Geologia Programa de Pós-graduação em Geologia	
Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE	
Figura 29 – Isolinhas com zoneamento tendencial do ferro total nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)	
Autora: Karen Vendramini de Araújo	
Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - DEGEO/CC/UFC	
Local: Fortaleza/CE	Data: Julho de 2014



LEGENDA

Fluoretos (mg/L)

0,05 0,3 0,55 0,8

⊗ Poço (x= nº do poço)

0 1000 2000m

Nº de dados: 15

Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Programa de Pós-graduação em Geologia

Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE

Figura 30 – Isolinhas com zoneamento tendencial dos fluoretos nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)

Autora: Karen Vendramini de Araújo

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

Local: Fortaleza/CE	Data: Julho de 2014
---------------------	---------------------

➤ **Nitrato (N-NO₃⁻)**

De acordo com a Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011), o valor máximo permitido para o nitrato é de 10 mg/L de N-NO₃⁻.

Observa-se na Figura 31 que das 15 amostras analisadas, apenas uma encontra-se fora dos padrões de potabilidade, apresentando valor superior ao máximo tolerável, sendo a amostra do poço P1, localizado na porção norte da área de pesquisa, com 20,87 mg/L de N-NO₃⁻. O nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica proveniente dos resíduos da atividade humana, como por exemplo, fossas sépticas.

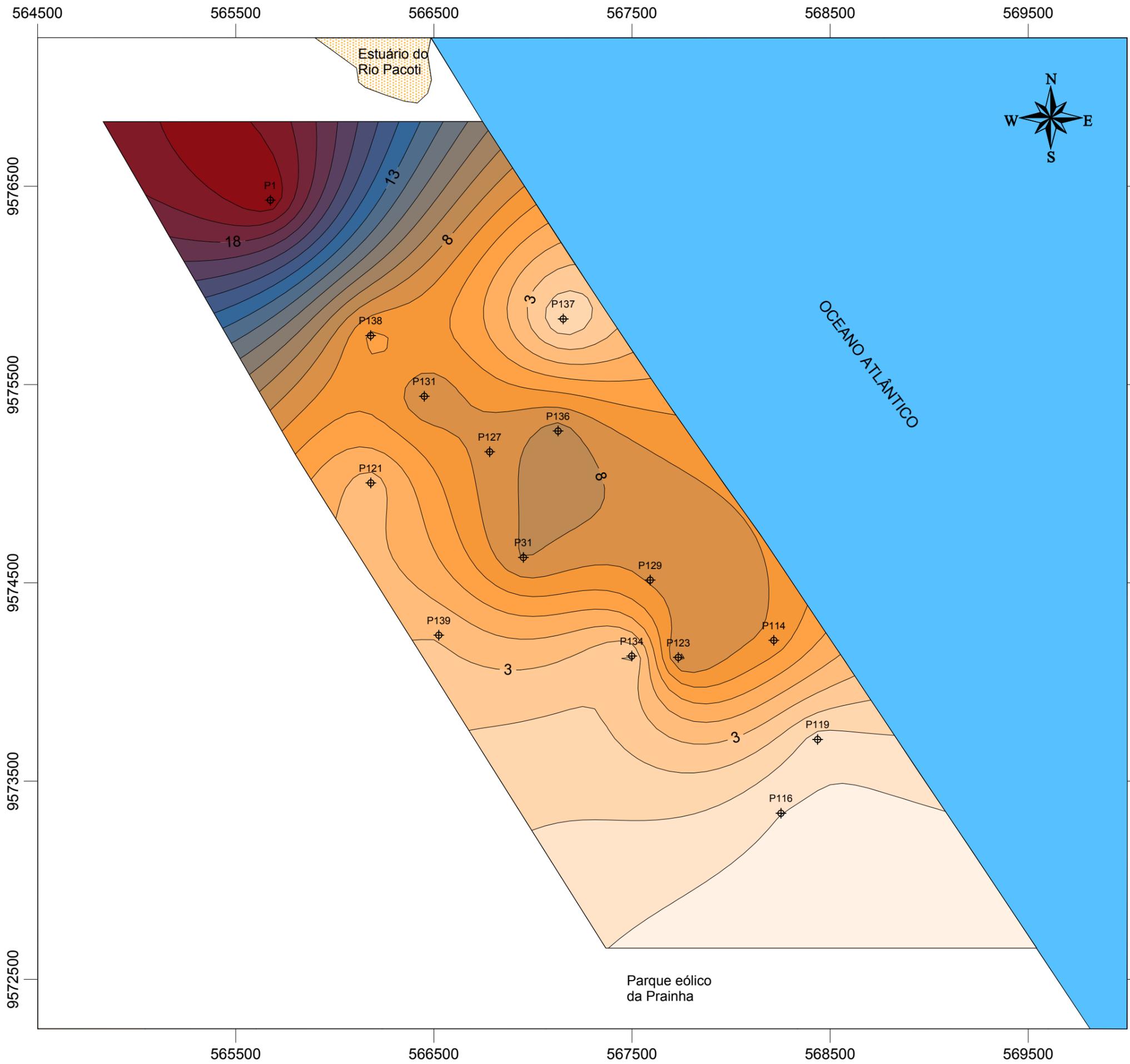
Segundo Lemos e Medeiros (2006), o excesso de íons nitrato na água e nos alimentos pode levar a um aumento na incidência de câncer de estômago. Crianças com menos de três meses de idade tem bactérias em seu aparelho digestivo que reduzem o nitrato a nitrito que se liga muito fortemente às moléculas de hemoglobina, impedindo-as de transportar oxigênio para as células do organismo. A deficiência de oxigênio leva à danos neurológicos permanentes, dificuldade de respiração e, em casos mais sérios, à morte por asfixia (metemoglobinemia).

➤ **Nitrito (N-NO₂⁻)**

As 15 amostras analisadas encontram-se dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011) que recomenda que a concentração de nitrito nas águas não deve ser maior que 1 mg/L de N-NO₂⁻.

Observa-se na Figura 32 que a amostra do poço P114, localizado na porção sudeste da área, apresenta concentração elevada em relação as demais, com 0,08 mg/L de N-NO₂⁻, podendo ser um indicativo de poluição recente, possivelmente por esgoto doméstico.

O nitrito é produzido através do processo de nitrificação, durante o ciclo natural do nitrogênio, que produz inicialmente a amônia, pelo processo de amonificação, e em seguida o nitrito que é convertido a nitrato pela ação de bactérias.



LEGENDA

Nitrato (mg/L)

x Poço (x= nº do poço)

Nº de dados: 15

Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Programa de Pós-graduação em Geologia

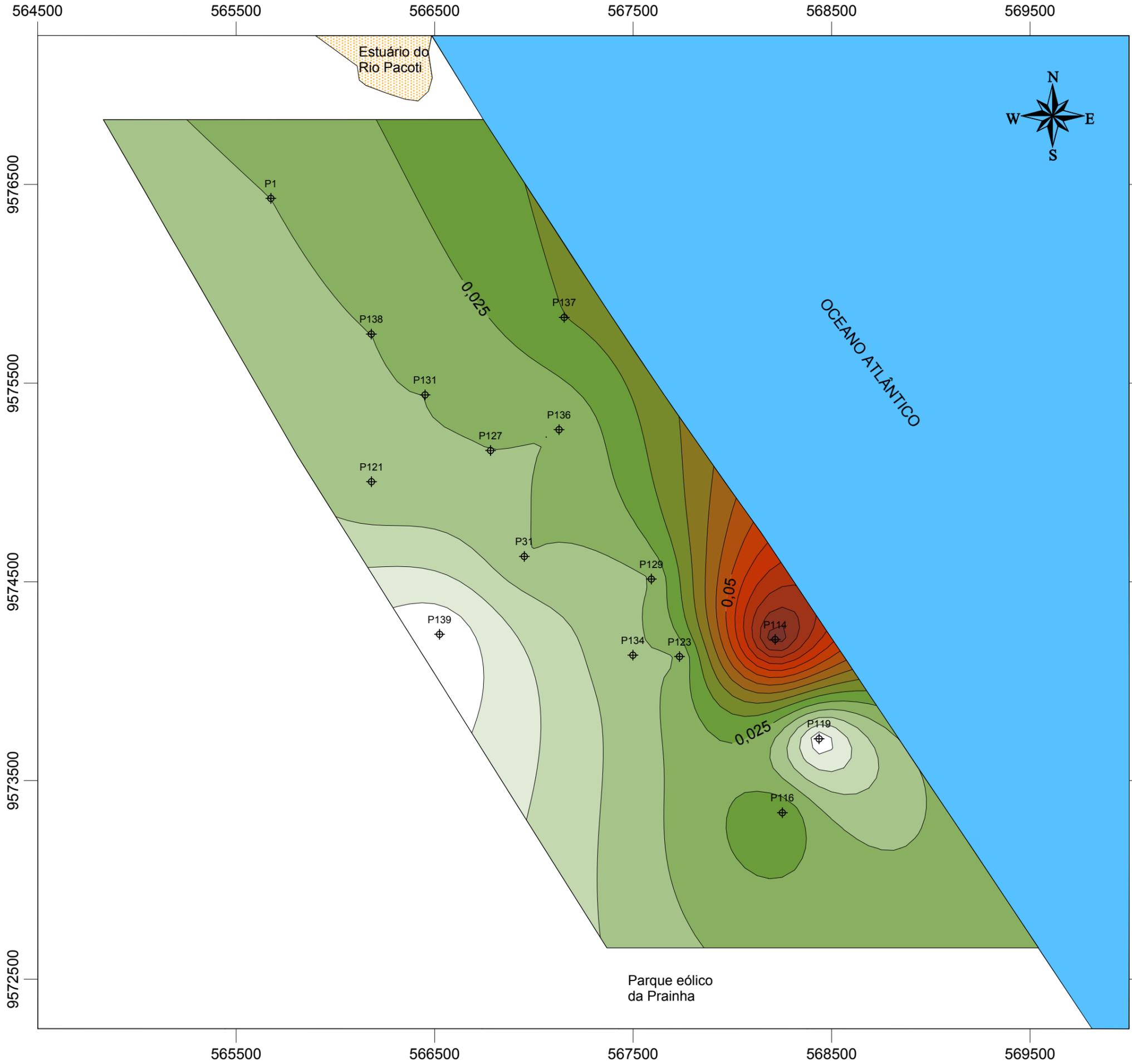
Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE

Figura 31 – Isolinhas com zoneamento tendencial do nitrato nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)

Autora: Karen Vendramini de Araújo

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

Local: Fortaleza/CE	Data: Julho de 2014
---------------------	---------------------



LEGENDA	
Nitrito (mg/L)	
Poço (x= nº do poço)	
Nº de dados: 15	
<p>Universidade Federal do Ceará Centro de Ciências Departamento de Geologia Programa de Pós-graduação em Geologia</p>	
Dissertação: Risco e Impactos de poluição nas águas subterrâneas pelo uso e ocupação do solo no Porto das Dunas – Aquiraz/CE	
Figura 32 – Isolinhas com zoneamento tendencial do nitrito nas águas subterrâneas do Porto das Dunas (Janeiro/2014)	
Autora: Karen Vendramini de Araújo	
Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante - DEGEO/CC/UFC	
Local: Fortaleza/CE	Data: Julho de 2014

11.1.3. Análises bacteriológicas

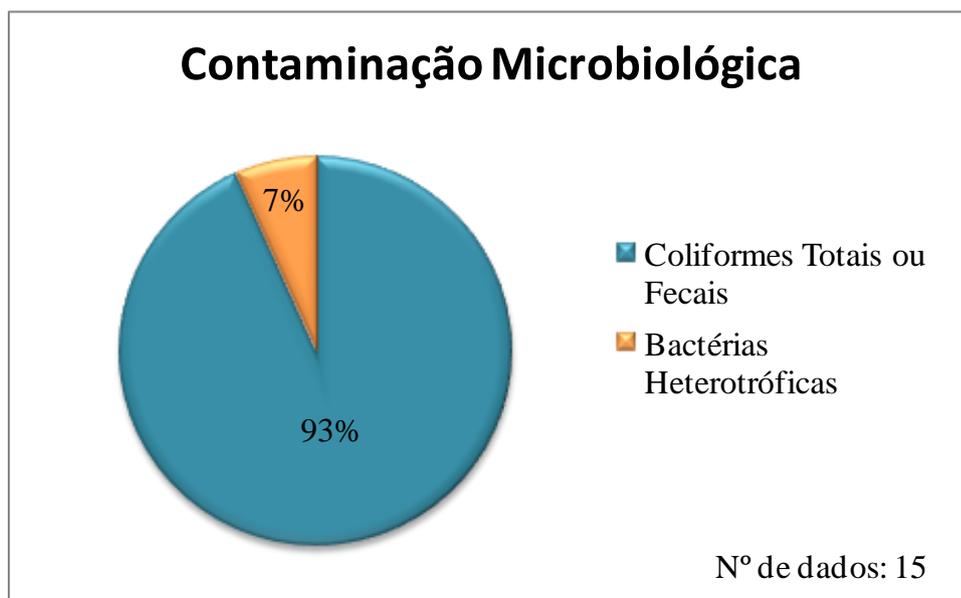
Para a avaliação da qualidade microbiológica das águas subterrâneas do Porto das Dunas foram realizadas análises nas águas de 15 poços cadastrados na área, através das quais foi determinada a presença ou ausência de coliformes totais, coliformes fecais e bactérias heterotróficas (Figura 08 e Quadro 04).

Segundo a Portaria nº 2914/2011 do MS (BRASIL, 2011), as águas potáveis devem ser isentas de coliformes totais ou fecais e não devem conter mais de 500 Unidade Formadora de Colônia (UFC)/mL de bactérias heterotróficas.

Das 15 amostras analisadas, apenas uma, a amostra do poço P119, localizado na porção sul da área de pesquisa, encontra-se dentro dos padrões de potabilidade, não contendo coliformes totais ou fecais e contendo apenas 1,0 UFC/mL de bactérias heterotróficas.

Dentre as amostras que apresentaram contaminação microbiológica, 14 (93%) possuem coliformes totais com concentrações variando de 8,0 (P127) a > 1.000 UFC/100 mL (P129); 8 (54%) além de coliformes totais também possuem coliformes fecais em concentrações variando de 2,0 (P137) a > 1.000 UFC/100 mL (P129) e 1 (7%) (P129) possui bactérias heterotróficas em concentração superior a 500 UFC/mL (Figura 33).

Figura 33 – Contaminação microbiológica das águas subterrâneas do Porto das Dunas (Maio/2014)



Os coliformes fecais, subgrupo dos coliformes totais representados principalmente pela espécie *Escherichia coli*, são um indicativo de contaminação por esgotos, pois essas bactérias estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente, a exemplo dos humanos.

A determinação da concentração dos coliformes constitui um importante indicador da existência de micro-organismos patogênicos nas águas subterrâneas. Já as bactérias heterotróficas indicam a ocorrência de poluição microbiológica. Entretanto, este grupo não possui ação patogênica.

Quadro 04 – Análises bacteriológicas das águas subterrâneas do Porto das Dunas (Maio/2014)

Nº Ordem	Coliformes Totais (UFC/100 mL)	Coliformes Fecais (UFC/100 mL)	Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)
P114	16,00	Ausente	4,00
P116	36,00	Ausente	10,00
P119	Ausente	Ausente	1,00
P1	30,00	Ausente	6,00
P31	234,00	14,00	8,00
P121	>200,00	108,00	44,00
P123	256,00	12,00	>200,00
P127	8,00	Ausente	1,00
P129	>1.000,00	>1.000,00	>500,00
P131	360,00	16,00	8,00
P134	>200,00	Ausente	>200,00
P136	16,00	Ausente	>200,00
P137	26,00	2,00	>100,00
P138	38,00	10,00	12,00
P139	>200,00	148,00	16,00

LEGENDA: UFC = Unidade Formadora de Colônia.

12. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Porto das Dunas está inserido no Domínio Hidrogeológico Sedimentar, representado pelos Sistemas Aquíferos Dunas (90%) e Aluvionar (10%), aflorantes e Barreiras, não aflorante, sendo detectado apenas através de poços tubulares profundos.

Após a atualização do cadastro, que identificava 112 poços na área de estudo, realizada durante a etapa de campo, verificou-se a existência de 27 novos poços, totalizando 139 poços cadastrados na área, estando a maioria em uso (94%) e sendo destinados para o uso doméstico (68%), devido a falta de abastecimento de água na área. Pode-se constatar também o predomínio de poços tubulares, com 62%, em relação aos poços manuais (cacimbas e amazonas), com 3%, devido à demanda hídrica dos empreendimentos turísticos localizados na área, melhor suprida por poços tubulares.

Quanto aos parâmetros de profundidade, nível estático e vazão, a área é caracterizada por poços profundos (superior a 50 metros), nível estático a profundidades inferiores a 15 metros e vazões inferiores a 5m³/h.

Em relação ao uso e ocupação do solo verifica-se que 80% da área de dunas encontra-se ocupada por residências e empreendimentos turísticos.

O Aquífero Dunas, de acordo com a metodologia GOD, apresenta vulnerabilidade variando de média a alta, em função da profundidade do nível estático (parâmetro variável), com vulnerabilidade média em grande parte da área de pesquisa (76%) e vulnerabilidade alta na porção leste, próxima à linha de costa, devido a presença de um nível estático mais raso.

Através da correlação dos dados de vulnerabilidade do aquífero com a carga contaminante resultante do elevado índice de uso e ocupação do solo com a presença de fossas sépticas, devido à falta de saneamento básico na área, definiu-se como alto o risco de contaminação do Aquífero Dunas na área de pesquisa.

A avaliação dos impactos decorrentes do uso e ocupação do solo do Porto das Dunas foi realizada através da caracterização qualitativa das águas subterrâneas da área baseada em 32 dados de pH, STD e CE obtidos *in situ* e 15 análises físico-químicas e bacteriológicas. As concentrações de pH, STD e CE apresentaram valores dentro dos padrões recomendados pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. As 15 análises físico-químicas realizadas apresentaram concentrações de dureza, turbidez, fluoretos, sódio e nitrito dentro dos padrões de potabilidade e concentrações de cloretos (1 amostra), ferro (2 amostras) e nitrato (1 amostra) fora dos padrões de potabilidade segundo a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. Em relação à qualidade microbiológica das águas, verificou-se que 93%

das amostras analisadas apresentaram coliformes totais ou fecais. A presença de coliformes nas águas subterrâneas indica contaminação oriunda das fossas domésticas existentes na área, tornando-se necessário, pelo menos, a fervura ou cloração das águas antes do consumo.

Recomenda-se que as dunas passíveis de ocupação por atividades ou empreendimentos turísticos sejam definidas com base em estudos técnicos que comprovem que tais atividades não causarão grandes impactos aos recursos naturais da área em questão.

Recomenda-se também a instalação de rede de abastecimento de água e rede de esgoto na área, tendo em vista que a coexistência de poços domésticos para abastecimento e fossas sépticas ou negras em áreas de alta vulnerabilidade do aquífero à contaminação representa um risco à saúde pública.

Recomenda-se ainda a realização de análises periódicas, pelo menos a cada seis meses, das águas subterrâneas com base nas concentrações de nitrato e coliformes, visando o acompanhamento da evolução da contaminação nessas águas, para que sejam adotados procedimentos de desinfecção, como por exemplo, a cloração.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. B. **Impactos da ocupação urbana na qualidade das águas subterrâneas na faixa costeira do município de Caucaia – Ceará.** 1999. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.* Washington: D.C. 1998.19.ed.
- ANDRADE, R. I. L. **Dinâmicas e conflitos na zona costeira de Aquiraz: Porto das Dunas e prainha em análise.** 2008. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- AQUIRAZ. **Lei Nº 947/2011.** Dispõe sobre o uso e ocupação do solo no município de Aquiraz e dá outras providências. Aquiraz, 22 dez. 2011. 82 p.
- ARAÚJO, K. V. **Aspectos hidrogeológicos e hidroquímicos nos bairros Benfica, José Bonifácio, Fátima e Jardim América – Fortaleza, Ceará.** 2012. 90 f. Monografia (Graduação em Geologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- BERNARDES, A. M. **Uso e ocupação do solo e qualidade da água na Bacia do Córrego do Engenho, Viçosa, Minas Gerais.** 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2009.
- BRANDÃO, R. L. Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto SINFOR: **Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza.** 1ª edição. Fortaleza/CE: SER/REFO/CPRM. V. 1, 105p, 1995.
- BRASIL. **Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 04 mar. 2013.
- BRASIL. **Lei Nº 7.661, de 16 de Maio de 1988.** Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7661.htm>. Acesso em: 04 mar. 2013.
- BRASIL. **Decreto Nº 4297, de 10 de Julho de 2002.** Regulamenta o art.9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE, e dá outras providências. Disponível em: <http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/decretos/2002_Dec_Fed_4297.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2013.
- BRASIL. **Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 14 dez. 2011. 34 p.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 341, de 25 de setembro de 2003.** Dispõe sobre critérios para a caracterização de atividades ou empreendimentos turísticos sustentáveis como de interesse social para fins de ocupação de dunas originalmente desprovidas de vegetação, na Zona Costeira. Brasília, DF, 03 nov. 2003. 3p.

CÂMARA, C. F. *et al.* SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6.; SEMINÁRIO IBERO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2., 2010, Coimbra. **Livro de Atas Digital.** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010. Disponível em: <<http://www.uc.pt>>. Acesso em: 20 mai. 2013.

CAVALCANTE, I.N. **Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará.** 1998. 153 f. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CAVALCANTE, I. N.; GOMES, M. da C. R. As Águas Subterrâneas do Ceará: Ocorrências e Potencialidades. *In:* Medeiros, C. N. de; Gomes, D. D. M.; Albuquerque, E. L. S.; Cruz, M. L. B. da (Org.). **Os Recursos Hídricos do Ceará: Integração, Gestão e Potencialidades.** Fortaleza: IPECE, 2011. Seção III. p. 165-199.

CEARÁ. **Decreto N° 23.068, de 11 de fevereiro de 1994.** Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH. Legislação sobre sistemas dos recursos hídricos do Estado do Ceará. Fortaleza/CE. Disponível em: <http://www.srh.ce.gov.br/legislacao/decretos_estaduais>. Acesso em: Novembro de 2013.

CEARÁ. **Resolução CONAMA n° 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe de parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da União n° 90, de 13 de Maio de 2002, Seção 1, p 68.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO ESTADO DO CEARÁ (CAGECE). Disponível em: <<http://www.Cagece.com.br>>. Acesso em: 8 ago. 2013.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).** 1999. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/sibcs/index.html>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

FERNANDES, R. A. **Gestão integrada de águas subterrâneas: critérios gerais orientadores para definição e caracterização de áreas estratégicas de abastecimento.** 2005. 494f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. **Determinacion del Riesgo de Contaminacion de Águas Subterrâneas – una metodologia basada en datos existentes.** 2ª Edição. Lima, Peru: Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente / Organizacion Mundial de La Salud, 1991. 81p.

FOSTER, S. S. D. *et al.* **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais.** São Paulo: SERVIMAR, 2006. 114 p.

FREIRE, G. S. S. *Etude Hydrologique et Sedimentologique de L'Estuaire du Rio Pacoti (Fortaleza – Ceará – Brésil).* 1989. 229 p. Thèse (Doctorat en Sciences de La Terre) – Faculté des Sciences et des Techniques, Université de Nantes, Nantes, 1989.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/rede-de-monitoramento/postos-pluviometricos>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

GOMES, M. C. R. **Aspectos Hidrogeológicos do Município de Fortaleza – Ceará.** 2008. 77 f. Monografia (Especialização em Gestão Hídrica) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

GOMES, M. C. R. **Análise Situacional Qualitativa sobre as Águas Subterrâneas de Fortaleza, Ceará – Brasil como subsídio à Gestão dos Recursos Hídricos.** 2013. 193 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Senso demográfico 2010.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 mar. 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). Disponível em: http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2012/Aquiraz.pdf. Acesso em: 14 mar. 2013.

LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA/UFC. **Celina:** Planilha de cálculo, versão 1,0. Departamento de Geografia, Centro de Ciências. Fortaleza, 2014.

LEAL, M. P. M. **Análise do uso e ocupação dos campos de dunas do município de Fortaleza.** 2006. 71p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

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 - Ceará.** 2006. 95 f. Monografia (Graduação em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

LOPES, J. L. S.; CESTARO, L.A.; KELTING, F. M. S. Zoneamento ambiental como instrumento de uso e ocupação do solo do município de Aquiraz-CE. **B. goiano. Geogr.**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 93-104, jan./jun. 2012.

- MANOEL FILHO, J. Ocorrência das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Org.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 3. ed. revisada e ampliada. Rio de Janeiro: CPRM e LABHID, 2008. cap. 02. p. 53-75.
- MATTA, M. A. da S. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da Região de Belém/Ananindeua – Pará/Brasil**. 2002. 292 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.
- MOBÜS, G. **Qualigraf: software** para interpretação de análises físico-químicas, versão Beta. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Fortaleza, 2003. Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso em: 10 nov. 2010.
- MONTENEGRO JÚNIOR, I. R. P. **Turismo e Urbanização: Gestão de impactos no litoral de Aquiraz-CE**. 2004. 240 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.
- MORAIS, J. B. A. de. **Caracteres hidrogeológicos do Aquífero Dunas para a gestão de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- NASCIMENTO, G.S. **As dunas do litoral leste de Aquiraz/CE: evolução, dinâmica e gestão ambiental**. 2007. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- OLIVEIRA, E. H. P. **Diagnóstico Geoambiental e avaliação de uso e ocupação do campo de dunas da Zona Especial de Interesse Turístico II (ZET-II) – Nata/RN**. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- PAULA, A. S. *et al.* Análise multitemporal do uso e ocupação do solo entre 1987 e 2004 na zona de expansão urbana norte de Londrina – PR, utilizando Sensoriamento Remoto (SR) e Sistema de Informações Geográficas (SIG). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2877-2890, 2012.
- RIBEIRO, J.A.P. **Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas da faixa costeira leste da região metropolitana de Fortaleza-Ceará**. 2001. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.
- SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Org.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 3. ed. revisada e ampliada. Rio de Janeiro: CPRM e LABHID, 2008. cap. 05. p. 325-357.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). Biblioteca. **Acervo de fotografias aéreas** [Fortaleza], 2013.
- SILVA, J.G. **Hidrogeologia da faixa costeira de Aquiraz**. 2000. 89 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (SIAGAS). **Banco de dados de poços do Ceará**. Disponível em: <<http://www.siagasweb.cprm.gov.br>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

VASCONCELOS, M. B. **Análise integrada dos efeitos da expansão urbana nas águas subterrâneas como suporte a gestão dos recursos hídricos da zona norte de Natal – RN**. 2010. 149p. Tese (Doutorado em Geociências) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

VASCONCELOS, S. M. S. Estimativa da Recarga Subterrânea a partir do Balanço Hídrico – Exemplo de Fortaleza, (CE). **Rev. Geologia**, Fortaleza, v. 7, p. 27-34, 1994.

VASCONCELOS, S. M. S. **Recarga do Aquífero Dunas/Paleodunas, Fortaleza – CE**. 1999. 100 f. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

APÊNDICE

APÊNDICE A: Cadastro dos poços do Porto das Dunas - Aquiraz/CE

Nº Ordem	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Endereço	Proprietário	Aquífero captado	Profundidade (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Tipo de poço	Revestimento	Uso
P1	9576430	565675	Porto das Dunas	Portugal Village	Barreiras	84,0	2,0	10,0	8,0	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P2	9575946	566161	Rua das Tainhas, 293	Tropical Residence	-	48,0	25,0	34,5	1,5	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P3	9575554	566600	Porto das Dunas	-	Dunas/Barreiras	60,0	32,0	39,0	2,4	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P4	9575733	566674	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P5	9575615	566794	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	múltiplo
P6	9575554	566734	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	-
P7	9575610	566510	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P8	9575558	566707	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	-
P9	9575455	566693	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P10	9575417	566751	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P11	9575252	566763	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	-
P12	9575228	566864	Porto das Dunas	Paulo Afonso dos Santos	-	52,0	-	-	3,0	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P13	9575493	566615	Porto das Dunas	José Rolim Gomes	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P14	9574964	566740	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P15	9574856	567057	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P16	9575502	567460	Porto das Dunas	Ernane Barreira Porto	-	-	-	-	-	em uso	-	-	-
P17	9574890	567093	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P18	9574938	567058	Porto das Dunas	-	Barreiras	-	-	-	-	em uso	-	-	-
P19	9574486	567361	Porto das Dunas	Marcos Village	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P20	9573918	567076	Porto das Dunas	Dunas XXI	-	90,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P21	9576065	566014	Porto das Dunas	-	-	70,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P22	9573974	567505	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P23	9574200	567655	Via Local	Natália	-	13,5	-	-	-	em uso	Manual	Concreto	múltiplo
P24	9574483	567700	Porto das Dunas	Helian	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P25	9573571	567250	Porto das Dunas	-	-	97,0	-	-	1,5	abandonado	Tubular	PVC	doméstico
P26	9573813	567275	Porto das Dunas	-	Barreiras	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P27	9573785	567312	Porto das Dunas	-	-	80,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P28	9574801	566760	Porto das Dunas	Jardel Dantas	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P29	9574558	566937	Porto das Dunas	-	-	120,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P30	9574756	566700	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P31	9574628	566952	CE-025, 21	Marino Beach Residence	-	60,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P32	9575751	566252	Porto das Dunas	Marcos Alexandre	-	85,0	-	-	1,0	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P33	9575715	566269	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P34	9575623	566330	Porto das Dunas	Vicente Abreu Neto	-	70,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P35	9574749	567042	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P36	9574817	567691	Porto das Dunas	Paulo Airton Feijão	-	46,0	-	-	4,8	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P37	9574908	567405	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P38	9574964	567231	Porto das Dunas	Dolores de Alencar	-	65,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P39	9575024	567380	Porto das Dunas	Ana Paula	-	52,0	-	-	5,0	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P40	9575373	566856	Porto das Dunas	José Wilson Lira	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P41	9575184	567096	Porto das Dunas	Cláudio	-	-	-	-	-	em uso	-	-	-
P42	9574951	567173	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P43	9575103	567334	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P44	9575187	567308	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P45	9575703	566152	Porto das Dunas	Adriano Siqueira	-	85,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P46	9574687	566936	Av. Litorânea	ACC Construções LTDA	-	60,0	-	-	2,5	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P47	9575849	566249	Porto da Dunas	Cond. Mel Ville	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico

Nº Ordem	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Endereço	Proprietário	Aquífero captado	Profundidade (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Tipo de poço	Revestimento	Uso
P48	9574354	567062	Porto das Dunas	Cond. Porto das Dunas	-	80,0	-	-	1,8	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P49	9575870	566024	Porto das Dunas	Cond. Atalaia	-	95,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P50	9576199	566029	Porto das Dunas	Cond. Grangalleon	-	80,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P51	9576065	566064	Buena Vista s/n	Neusa	-	84,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P52	9575548	566362	Porto das Dunas	Dunnas Pizza	-	80,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P53	9575278	567356	Porto das Dunas	Ed. Porto dos Coqueiros	-	-	-	-	-	em uso	-	-	-
P54	9574313	567396	Etapa 2	Adriana Santos	-	40,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	-
P55	9574580	567675	Etapa 2	Luis Holanda Matos	-	-	-	-	-	em uso	-	-	-
P56	9575061	567367	Etapa 2, 1900	Frankling	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P57	9575088	566871	Etapa 3	Meriane Magalhães	-	75,0	-	-	2,5	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P58	9575099	566908	Etapa 3	Lidia Vidal	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P59	9575040	566975	Etapa 3	Fernando César de Oliveira	-	-	-	-	-	abandonado	-	-	doméstico
P60	9574987	566906	Etapa 3	Luis Barbosa Alves	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P61	9574933	566990	Etapa 3	Ricardo Luis	-	60,0	-	-	4,5	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P62	9574820	567087	Etapa 3	Dorival Barro	-	60,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P63	9574680	567161	Rua Estrela do Mar	Francisco Antônio	-	18,0	-	-	-	em uso	Manual	Concreto	múltiplo
P64	9575754	566580	Etapa 4	José G. Martins Monteiro	-	60,0	-	-	3,0	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P65	9575676	566568	Etapa 4	Mário Carneiro	-	70,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P66	9575504	566530	Etapa 4	José Gotardo	-	60,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P67	9575567	566630	Etapa 4	Marcos	-	60,0	-	-	2,0	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P68	9575927	567214	Etapa 4	Cláudio Henrique	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P69	9574876	567429	Etapa 4 - Casa 11 E 12	Erlano	-	61,0	-	-	6,0	em uso	Tubular	PVC	-
P70	9575294	567007	Etapa 4 - Quadra 5	Paulo Ribeiro	-	61,0	-	-	3,0	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P71	9575837	567134	Etapa 4, 1730	José Pero de Sousa	-	42,0	-	-	2,8	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P72	9575561	566660	Etapa 4, 1901	Iriz Paumeira	-	40,0	-	-	2,5	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P73	9575640	566766	Etapa 4 - Rua 2	Tecnica B. de Alimentos	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P74	9575298	566584	Via Arterial, s/n	Gilberto Holanda	-	70,0	-	-	3,0	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P75	9573727	567457	Via Arterial I, 7507	José Garcia	-	50,0	-	-	1,5	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P76	9575914	566665	Via Arterial, 5599	José Carlos G. Costa	-	150,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P77	9575249	566779	Via Arterial C	Maria Bezerra de Melo	-	68,0	-	-	3,5	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P78	9575409	566701	Via Arterial, s/n	Paulo Roberto de Carvalho	-	52,0	-	-	2,5	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P79	9573354	567481	Via Local 15	Rogério	-	96,0	-	-	0,5	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P80	9574685	566829	Via Local 17 - Quadra 33	Mirante	-	120,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P81	9574680	566820	Via Local 17, 2800	Mark Adrade	-	80,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	-
P82	9574958	567293	Via Local 21	Guinta Huminick	-	28,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	-
P83	9575280	567047	Via Local 21	Evaldo Ponte Correia	-	66,0	-	-	2,5	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P84	9575447	567330	Via Local 27 A	José Arnon dos Santos	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P85	9574810	567826	Via Local 27 A	Beach Park Suite	-	11,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P86	9575237	567763	Via Local 27 A	Francisco Pereira de Alencar	-	-	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P87	9575539	567313	Via Local 27 B	Vicente Marcondes	-	38,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P88	9575424	567435	Via Local 27 B	Wantan Laércio	-	60,0	-	-	1,6	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P89	9575825	567015	Vila do Mar	Waldyr Sonbra Lopes Júnior	-	-	-	-	-	em uso	-	-	-
P90	9576166	565940	Porto das Dunas	Vilage das Dunas	-	72,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P91	9575865	566137	Porto das Dunas	Ed. Paradísio	-	75,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P92	9575576	567323	Av. dos Golfinhos, 1825	Oceania Empreem. Turismo	Barreiras	27,5	4,5	8,1	7,7	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P93	9576030	567018	Via Local F - 4ª etapa A	Cond. Portamaris Resort	Barreiras	22,5	3,6	15,1	4,5	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P94	9576071	566977	Via Local F - 4ª etapa A	Cond. Portamaris Resort	Barreiras	24,0	2,8	16,7	4,6	em uso	Tubular	PVC	múltiplo

Nº Ordem	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Endereço	Proprietário	Aquífero captado	Profundidade (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Situação	Tipo de poço	Revestimento	Uso
P95	9574351	568114	Rua Local, 25 - 1ª etapa	Cond. Terramaris Resort	Barreiras	26,0	3,4	14,8	7,0	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P96	9574304	568136	Rua Local, 25 - 1ª etapa	Cond. Terramaris Resort	Barreiras	26,5	3,4	4,6	7,3	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P97	9576653	565700	Via Local G	Cond. Dunas Flat	Dunas/Barreiras	52,0	22,2	25,2	6,7	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P98	9575820	566640	Av. Laís Sidrim Targino	Shopping Ville	Dunas/Barreiras	20,0	3,0	8,4	2,1	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P99	9575838	566606	Av. Mediterrâneo	Gilberto	-	8,0	-	-	-	em uso	-	-	múltiplo
P100	9574970	565987	rua do Res. cascais	Cleiton	-	85,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P101	9575154	567090	Rua Leão Marinho	Danilo	-	12,0	-	-	-	em uso	-	-	doméstico
P102	9575854	566503	Porto das Dunas	-	Barreiras	40,0	2,0	10,0	8,0	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P103	9575860	566520	Porto das Dunas	-	Dunas/Barreiras	60,0	25,0	34,5	1,5	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P104	9575539	567313	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P105	9574825	567006	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P106	9574125	567352	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P107	9574445	567650	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P108	9573397	567503	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P109	9575751	566252	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P110	9575170	567246	Porto das Dunas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P111	9575950	566905	Av. dos Oceanos, 285	Cond. Vila do porto	-	20,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P112	9574705	567250	Rua leão Marinho, s/n	Daniel	-	12,0	7,5	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P113	9574261	568160	Av. dos Golfinhos, 2409	Cond. Gransol Resort	Barreiras	-	8,5	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P114	9574210	568216	Av. dos Golfinhos, 2409	Cond. Gransol Resort	Barreiras	-	6,3	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P115	9574007	568071	Av. dos Oceanos, s/n	Golden Construções	-	23,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P116	9573338	568252	Via Local, 37	Golf Ville Resort	-	8,0	7,0	-	-	em uso	Manual	Alvenaria	doméstico
P117	9573510	568139	Porto das Dunas	Golf Ville Resort	-	9,0	7,9	-	-	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P118	9573592	568433	Via Local, 37	Golf Ville Resort	-	-	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P119	9573710	568437	Via Local, 37	Golf Ville Resort	-	-	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P120	9575780	566265	Rua estrela do mar, s/n	Fátima	-	72,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P121	9575004	566182	Rua mar Morto, s/n	Ivan	-	90,0	52,5	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P122	9574146	567806	Av. dos coqueiros, 49	-	-	10,0	4,1	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P123	9574124	567734	Av. dos coqueiros, s/n	-	-	-	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P124	9575578	567049	Av. dos Oceanos, 690	Deusded	-	17,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P125	9575649	567223	Av. meduza, 13	Fernando	-	28,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P126	9574842	567060	Via local, s/n	-	-	-	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P127	9575161	566782	CE 025	Cond. Porta Leone	-	80,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P128	9575621	566598	Av. Meduza, s/n	-	-	-	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P129	9574514	567592	Rua Cancum, 58	Ofélia	-	-	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P130	9573932	567633	Via Local, 19	-	-	15,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P131	9575441	566452	Rua Safira, 25	Fabrcio	-	-	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P132	9574518	566937	Rua Marlin Azul, 767	Cond. Porta castelo	-	80,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P133	9574154	566739	Rua Mar do Caribe, 71	Mesquita	-	90,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P134	9574131	567499	Rua Saúna, 1250	Cilas	-	12,0	-	-	-	em uso	Manual	Concreto	múltiplo
P135	9573509	567455	Rua Canoa, 555	-	-	-	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P136	9575266	567127	Av. Cajueiro, s/n	Cond. Versília Beach	-	-	7,2	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P137	9575831	567153	Av. dos Golfinhos, 455	Hotel Oceani Beach Park Resort	-	36,0	-	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico
P138	9575747	566181	Rua das Trutas, s/n	Edivan	-	80	40	-	-	em uso	Tubular	PVC	múltiplo
P139	9574236	566525	Rua das Traineiras, s/n	João	-	96	61	-	-	em uso	Tubular	PVC	doméstico

LEGENDA: NE = Nível estático; ND = Nível dinâmico; PVC = Polietileno Vinil Carbono; UTM = Universal Transversal de Mercator.