

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**CENTRO DE TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE RECURSOS**

**HÍDRICOS E DE INFRA-ESTRUTURA HIDRÁULICA**

**NAPOLEÃO QUESADO JÚNIOR**

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS DOS  
AQÜÍFEROS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA, ESTADO DO CEARÁ**

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ticiano Marinho de Carvalho Studart – DEHA/UFC**

**Fortaleza-CE**

**Janeiro / 2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE RECURSOS**  
**HÍDRICOS E DE INFRA-ESTRUTURA HIDRÁULICA**

**NAPOLEÃO QUESADO JÚNIOR**

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS DOS**  
**AQUÍFEROS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA, ESTADO DO CEARÁ**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e de Infra-estrutura Hidráulica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção de grau de Especialista.

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ticiano Marinho de Carvalho Studart – DEHA/UFC**

**Fortaleza-CE**

**Janeiro / 2008**

Q412a Quesado Júnior, Napoleão

Avaliação de Parâmetros Hidrogeológicos dos Aqüíferos do Município de Fortaleza, Estado do Ceará/Napoleão Quesado Júnior – Fortaleza, 2007

92 p.

Monografia (especialização) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, 2007.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ticianá Marinho de Carvalho Studart.

1. Aqüíferos – Recursos Hídricos I – Título

Esta Monografia foi submetida como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Especialista em Gestão dos Recursos Hídricos e de Infra-estrutura Hidráulica, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta monografia é permitida, desde que seja feita de acordo com as normas da ética científica.

Napoleão Quesado Júnior

Monografia aprovada em 28/01/2008

Prof.<sup>a</sup> Ticiania Marinho de Carvalho Studart, Dr. (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará

Prof. Itabaraci Nazareno Cavalcante, Dr.

Universidade Federal do Ceará

Erika da Justa Teixeira Rocha, Ms

Universidade Federal do Ceará

## DEDICATÓRIA

*“Quando a última árvore for cortada,  
quando o último rio for poluído, e  
quando o último peixe for pescado, aí sim,  
eles verão que dinheiro não se come!”*

*Índio Americano*

*Aos meus pais Jefferson e Susie  
e irmãos, por todos os ensinamentos  
dados ao longo da vida.  
A Tâmara Peixoto Lima pelo amor e carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos às pessoas e entidades cujo auxílio e apoio foram inestimáveis à realização deste trabalho.

À Professora Dr.<sup>a</sup> Ticiane Studart Marinho de Carvalho Studart – DEHA/UFC, pela orientação, prestimosidade e dedicação no decorrer desta pesquisa.

Ao Professor Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante – DEGEO/UFC pela amizade, valiosas sugestões e presteza em todos os momentos do desenvolvimento desta pesquisa.

A Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – SRH, pelo apoio financeiro.

A Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH pelo incentivo, especialmente ao técnico Alves Neto pela elaboração das figuras e imagens.

Ao Departamento de Engenharia e Hidráulica e Ambiental – DEHA, aos professores responsáveis pelo embasamento teórico e prático adquirido no decorrer do curso de especialização e em especial a funcionária Edjane Maria de Sousa Lima.

A Geóloga Maria Conceição Gomes DEGEO/UFC pela elaboração das bases temáticas.

Finalmente, aos colegas do curso e da COGERH, especialmente da Gerência de Estudos e Projetos e Gerência de Tecnologia e da Informação, bem como a todos aqueles que direta, ou indiretamente, colaboraram na elaboração deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras</b>	<b>vii</b>
<b>Lista de Quadros</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.2 Localização e Aspectos Gerais da Área	13
1.3 Objetivos	15
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
<b>3. METODOLOGIA DE TRABALHO</b>	<b>22</b>
3.1 Revisão da Literatura	22
3.2 Cadastro de Pontos d'água	22
3.3 Tratamento e Consistência de Dados	23
3.4 Elaboração de Bases Temáticas	23
3.5 Etapas de Campo	24
3.6 Integração de Dados	24
3.7 Monitoramento de Poços	25
3.8 Elaboração da Monografia	25
<b>4. SISTEMA TELEMÉTRICO</b>	<b>26</b>
4.1 Características da Comunicação Celular – SMS	26
4.2 Central COGERH	28
4.3 Ambiente de Operadora Celular	28
4.4 Estação Remota	29
4.5 Modelo de Funcionamento	29

4.6 Sensor de Nível	31
4.7 Sensor de Vazão	31
<b>5. ÁGUAS SUPERFICIAIS</b>	<b>34</b>
<b>6. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</b>	<b>40</b>
6.1 Meio Cristalino Fissural	42
6.2 Sistema Aquífero Sedimentar	43
6.2.1 Sistema Dunas/Paleodunas	44
6.2.2 Sistema Barreiras	45
6.2.3 Sistema Aluvionar	46
<b>7. PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS</b>	<b>51</b>
7.1 Transmissividade (T)	53
7.2 Coeficiente de Armazenamento (S)	55
7.3 Condutividade Hidráulica (K)	56
7.4 Capacidade Específica	59
<b>8. RESULTADOS</b>	<b>60</b>
<b>9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>83</b>
<b>10. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>88</b>

## **ANEXOS**

**ANEXO I – Base Temática de Nível Estático**

**ANEXO II – Base Temática de Vazão de Poços**

**ANEXO III – Base Temática de Profundidade de Poços**

**ANEXO IV – Figuras**

**ANEXO V – Sistemas Hidrogeológicos do município de Fortaleza, Ceará**

**ANEXO VI – Poços Selecionados do município de Fortaleza, Ceará**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> – Localização do município de Fortaleza, Ceará	14
<b>Figura 02</b> – Quadro de Comando da Estação Remota, poço SOHIDRA, 2005	30
<b>Figura 03</b> – Esquema de transmissão de dados	31
<b>Figura 04</b> – Sensor de Nível, utilizado no poço UECE, 2005	33
<b>Figura 05</b> – Sensor de Vazão, utilizado no poço Luísa Távora, 2005	33
<b>Figura 06</b> – Bacias Hidrográficas do município de Fortaleza, Ceará	39
<b>Figura 07</b> – Sistemas Hidrogeológicos do município de Fortaleza, Ceará	50
<b>Figura 08</b> – Ilustração mostrando o conceito de Transmissividade	55
<b>Figura 09</b> – Ilustração mostrando o conceito de Condutividade Hidráulica	57
<b>Figura 10</b> – Tipos de Proprietários de Poços	61
<b>Figura 11</b> – Situação dos Poços	61
<b>Figura 12</b> – Tipos de Poços	62
<b>Figura 13</b> – Tipos de Usos	63
<b>Figura 14</b> – Poços selecionados do município de Fortaleza, Ceará	64
<b>Figura 15</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Campus UECE	67
<b>Figura 16</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço SOHIDRA	68
<b>Figura 17</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço BNB Passaré	69
<b>Figura 18</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Luísa Távora	70
<b>Figura 19</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço DETRAN	72
<b>Figura 20</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Sgto Hermínio	73

<b>Figura 21</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Clube de Engenharia	75
<b>Figura 22</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço UFC	76
<b>Figura 23</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço HGF	78
<b>Figura 24</b> – Poço Campus UECE, 2005	Anexo IV
<b>Figura 25</b> – Manutenção do Poço SOHIDRA, 2005	Anexo IV
<b>Figura 26</b> – Poço BNB – Passaré, 2005	Anexo IV
<b>Figura 27</b> – Poço Luísa Távora, 2005	Anexo IV
<b>Figura 28</b> – Poço DETRAN, 2005	Anexo IV
<b>Figura 29</b> – Poço Sgto Hermínio, 2005	Anexo IV
<b>Figura 30</b> – Casa do Poço Clube de Engenharia, 2005	Anexo IV
<b>Figura 31</b> – Bomba e Poço Campus UFC, 2005	Anexo IV
<b>Figura 32</b> – Poço HGF, usa-se tela de nylon como tampa de proteção do poço, 2005	Anexo IV
<b>Figura 33</b> – Quadro de Comando do Equipamento de Telemetria, 2005	Anexo IV

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01</b> – Situação dos mananciais que abastecem a RMF, outubro 2007	39
<b>Quadro 02</b> – Área dos aquíferos no município de Fortaleza, Ceará	47
<b>Quadro 03</b> – Potencial aquífero em função dos valores médios dos Parâmetros Hidrodinâmicos	57
<b>Quadro 04</b> – Valores de Condutividade Hidráulica dos aquíferos da RMF	58
<b>Quadro 05</b> – Média de Parâmetros Hidrogeológicos dos Poços Seleccionados	65
<b>Quadro 06</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Campus UECE	66
<b>Quadro 07</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço SOHIDRA	68
<b>Quadro 08</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço BNB Passaré	69
<b>Quadro 09</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Luísa Távora	70
<b>Quadro 10</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço DETRAN	71
<b>Quadro 11</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Sgto. Hermínio	73
<b>Quadro 12</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Clube de Engenharia	74
<b>Quadro 13</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço UFC	76
<b>Quadro 14</b> – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço HGF	77

## RESUMO

Este estudo foi desenvolvido no município de Fortaleza, estado do Ceará e tem como objetivo uma avaliação dos parâmetros hidrogeológicos de nível estático, vazão e profundidade dos poços localizados nos aquíferos constituintes da área de estudo.

A metodologia de trabalho constou da pesquisa bibliográfica, avaliação do cadastro de poços, elaboração das bases temáticas, etapas de campo e tratamento de dados com programas computacionais *Excel*, *Surfer* e *ArcGis*. Ao final, trabalhou-se com um arquivo de dados de 7.281 poços, sendo 2.451 poços tubulares profundos, 2.858 poços tubulares rasos, 980 poços manuais, 9 poços amazonas e 983 poços não classificados. Também se fez análise de vários relatórios de poços, bem como, monitorou-se, efetivamente, no período de um ano, a vazão e nível d'água de 9 poços tubulares nesse mesmo contexto hidrogeológico.

Na área foram definidos o Meio Cristalino fissural (55,63 km<sup>2</sup>) e o sistema aquífero sedimentar que compreende as Dunas/Paleodunas (98,83 km<sup>2</sup>), Barreiras (120,25 km<sup>2</sup>) e Aluvião (31,83 km<sup>2</sup>).

Segundo o monitoramento telemétrico dos 9 poços selecionados, o nível d'água médio é 11,50 metros e a vazão média é de 2,30 m<sup>3</sup>/hora. O menor nível d'água é 3,87 metros (Poço BNB - Passaré) e o maior nível d'água é 22,08 metros (Poço DETRAN). A maior vazão é 4,75 m<sup>3</sup>/hora (Poço DETRAN) e a menor vazão é 0,32 m<sup>3</sup>/hora (Poço HGF).

## ABSTRACT

This study was developed in the municipal district of Fortaleza, in the state of Ceará and it has as its objective an evaluation of the hydrogeological parameters of the static level, discharges and depth in the wells located in the aquifers that belong to the study area.

The work methodology consisted of a bibliographical research, an evaluation of the registered wells, an elaboration of the thematic basis, a field research and data treatment with computerized programs such as Excel, Surfer and ArcGis. During the research, an archive of data was worked with 7.281 wells, being 2.451 tubular deep wells, 2.858 tubular shallow wells, 980 manual wells, 9 amazonas wells and 983 non-classified wells. An analysis of several well reports was also done, as well as, was monitored factually, in a period of a year, the flow and the water level of 9 tubular wells in the same hydrogeological context.

In the area were defined the fissural crystalline (55,63 km<sup>2</sup>) and the sedimentar aquifer system that comprehends the Dunas/Paleodunas (98,83 km<sup>2</sup>), Barreiras (120,25 km<sup>2</sup>) and Aluvionar (31,83 km<sup>2</sup>).

According to the telemetric monitoring of the 9 selected wells, the average of the water level is 11,50 meters and the average of the flow is 2,30 m<sup>3</sup>/hour. The smallest water level is 3,87 meters (Well BNB – Passaré) and the biggest water level is 22,08 meters (Well DETRAN). The biggest discharges is 4,75 m<sup>3</sup>/hour (Well DETRAN) and the smallest discharges is 0,32 m<sup>3</sup>/hour (Well HGF).

## 1. INTRODUÇÃO

Aproximadamente 80% do município de Fortaleza estão assentados sobre formações geológicas sedimentares representados pelas Dunas/Paleodunas, Formação Barreiras e Aluviões que constituem as unidades mais importantes em termos hidrogeológicos e, também, em menor dimensão, tem-se o aquífero fissural. Nos longos períodos de escassez de água observa-se como conseqüência uma profusão na construção de poços tubulares para suprir a demanda hídrica. Porém, a falta de critérios na construção destas obras, associada à carência de parâmetros hidrogeológicos inerentes aos aquíferos, poderá aumentar o risco de exaustão dos recursos hídricos subterrâneos.

Este trabalho buscou fazer uma avaliação sobre um cadastro de poços localizados no município de Fortaleza, Estado do Ceará – Brasil e um monitoramento do nível d'água e vazão explorada de 9 poços tubulares no período de um ano.

Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são bens vitais que assumem um relevante papel no abastecimento de água potável para as populações. As águas subterrâneas possuem uma excelente qualidade natural, e isso vem provocando no município de Fortaleza uma maior exploração desse recurso para atender a crescente demanda.

Segundo CAVALCANTE (1998), os recursos hídricos subterrâneos do município de Fortaleza são utilizados de forma prioritária ou estratégica por 40 a 60% da sua

população. Ressalta também que, além do percentual populacional não atendido pela rede de distribuição d'água, quase toda fábrica, condomínio, hospital, residência e estabelecimento comercial utilizam água subterrânea para abastecimento principal ou complementar.

De acordo com dados da COGERH, verificou-se que no ano de 2007 foram outorgados 34 poços, desses, a maioria se destinava ao abastecimento humano (79,41%), seguida pela industrial (14,70%) e irrigação (5,89%).

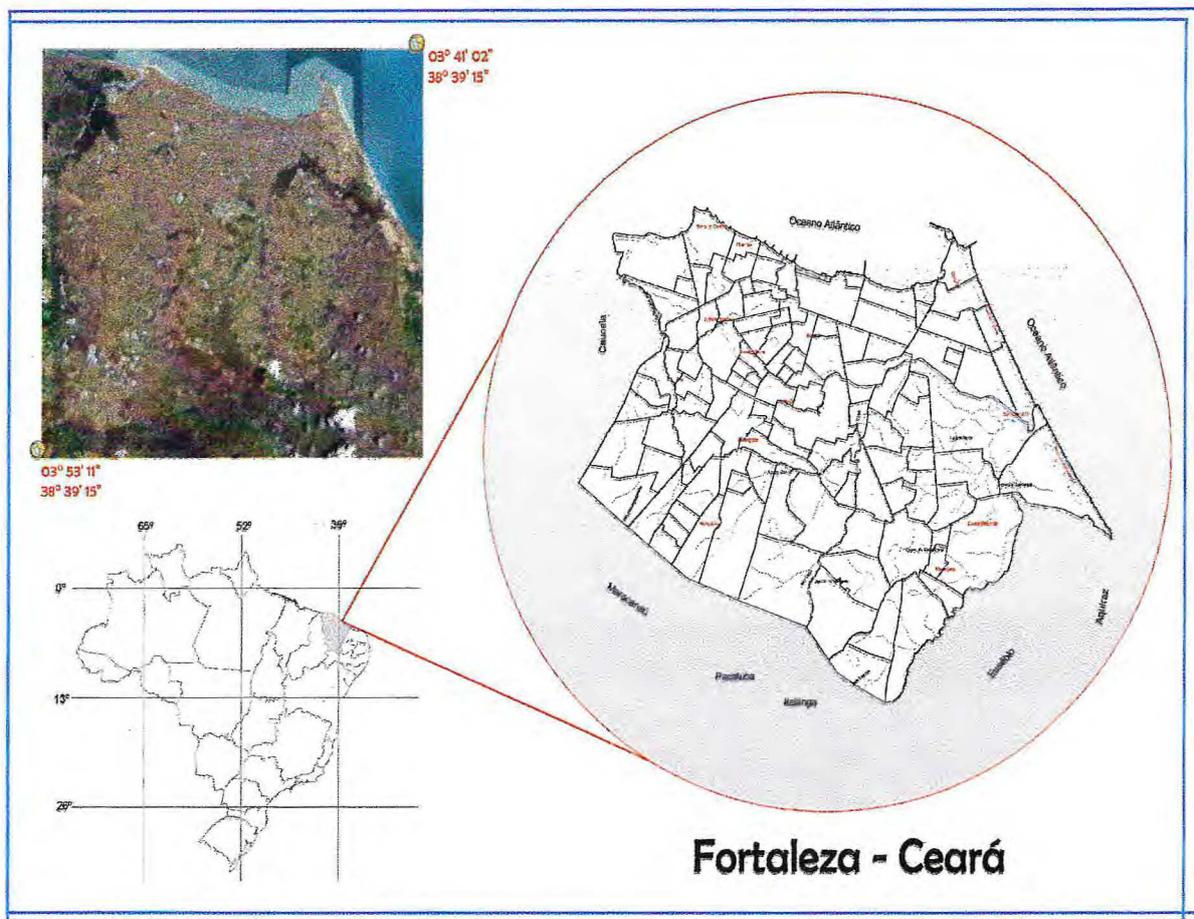
Face ao atual contexto, justifica-se a realização deste estudo, pois se acredita que um dos principais esforços da atual política brasileira de recursos hídricos deva estar direcionado para vencer os preconceitos existentes e quebrar este círculo vicioso de falta de ciência dirigida às águas subterrâneas.

## **1.2 Localização e Aspectos Gerais da Área**

A área estudada foi o município de Fortaleza, Estado do Ceará, encontrando-se localizada entre as coordenadas geográficas 03°41'02" a 03°53'11" de latitude sul e 38°24'40" a 38°39'15" de longitude oeste de Greenwich, incluso na folha AS-24-Z-C-IV da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, escala 1:100.000.

O município de Fortaleza possui uma área de 313,8 km<sup>2</sup> e limita-se ao norte pelo Oceano Atlântico e Caucaia; ao sul pelos municípios de Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga e Eusébio; a leste por Eusébio, Aquiraz e Oceano Atlântico; a oeste pelos municípios

de Caucaia e Maracanaú (Figura 01).



**Figura 01 – Localização do município de Fortaleza, Ceará**

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2006), o município de Fortaleza possui uma população de 2.416.920 habitantes, densidade demográfica de 6.855 hab/km<sup>2</sup>, taxa de urbanização de 100% e taxa geométrica de crescimento anual de 2,15%. De acordo com dados da COGERH (2001), grande parte da população (86%) deste município é atendida pelo sistema de abastecimento de

reservatórios superficiais, mas ainda é dependente das águas subterrâneas (14%).

Os fortalezenses, até o início do século XX, não eram atendidos pela rede pública de abastecimento, quando então utilizavam as águas dos rios, riachos, lagoas e açudes da cidade para dessedentação e demais usos. A partir do ano de 1927, o município passou a ser abastecido pelo açude Acarape do Meio (31.500.000 m<sup>3</sup>), localizado no município de Acarape e, com o aumento da demanda, em 1981, o sistema foi acrescido dos açudes Pacoti (380.000.000 m<sup>3</sup>) em horizonte, e Riachão (46.950.000 m<sup>3</sup>) em Itaitinga; posteriormente foram incorporados também os açudes Gavião (32.900.000 m<sup>3</sup>) em Pacatuba, e Pacajus (240.000 m<sup>3</sup>) em Pacajus e por último, em 2003, o açude Aracoiaba, localizado no município homônimo.

O produto interno bruto a preço de mercado atingiu segundo IPLANCE (1998) as seguintes cifras: PIB total (1998) (R\$ mil): 7.197.917,54 e PIB *per capita* (1998) (R\$): 3.514,53. Quanto a estrutural setorial do PIB, verificou-se para agropecuária (0,23%), indústria (36,10%) e serviços (63,67%). As principais atividades econômicas são à indústria (setor secundário) e os serviços (setor terciário), nestes ressalta-se os de infraestrutura básica e turismo. O setor primário praticamente não existe no município, exceto pela pequena produção de hortaliças para atender o mercado local.

### **1.3 Objetivos**

O objetivo geral do projeto é a avaliação dos parâmetros hidrogeológicos através de dados resultantes de fichas técnicas de poços e medições/monitoramento de poços tubulares. Por

consequente, identificam-se as zonas favoráveis a exploração dos recursos hídricos subterrâneos, proporcionando um incremento na oferta de água, principalmente em áreas onde a rede de distribuição de água pública não atende a demanda.

Os objetivos específicos do projeto são:

- ↳ Avaliar a situação das obras de captação considerando o último cadastro de poços realizado no ano de 2002;
- ↳ Conhecer a flutuação relativa do nível d'água e a vazão retirada dos poços monitorados no período de 1 ano;
- ↳ Elaborar bases temáticas de acordo com dados de nível estático, profundidade e vazão de poços.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foi efetuada uma revisão crítica da literatura buscando reunir e descrever as informações disponíveis a respeito do tema principal (parâmetros hidrogeológicos). Neste sentido a pesquisa envolveu também a busca por trabalhos específicos realizados no âmbito da área de estudo, visando sistematizar o conhecimento sobre aspectos pertinentes ao meio ambiente natural e antrópico, e direcionar a coleta de informações complementares voltados para a caracterização dos cenários hidrogeológicos em questão. Aliado a isto se destaca, ainda, a busca por mapas diversos, em escala compatível com a área abordada, a exemplo de mapas geológicos e hidrogeológicos, os quais foram integrados e/ou modificados para a elaboração das bases temáticas.

Dentre tantos, merecem destaque os seguintes trabalhos:

Beltrão & Manoel Filho (1973) estudaram sistematicamente parte da Região Metropolitana de Fortaleza objetivando avaliar as reservas hídricas subterrâneas e, particularmente, calcular a disponibilidade de água para captação através de poços tubulares. Caracterizaram as unidades aquíferas segundo suas vocações hidrogeológicas dimensionando reservas exploráveis, elaborando um mapa potenciométrico e recomendando maior atenção à construção de poços, principalmente a proteção sanitária e a super exploração de água subterrânea. O Sistema Dunas/Paleodunas foi o que apresentou melhores características hidrogeológicas susceptíveis à captação de água.

Bianchi *et al.* (1984) elaboraram mapeamento hidrogeológico na escala 1:20.000 da RMF objetivando estabelecer características que seriam de fundamental importância para a formulação estratégica de desenvolvimento metropolitano. Os autores concluíram sobre as vocações hidrogeológicas dos aquíferos, indicando suas possibilidades de uso pela população.

CPRM/REFO - Projeto Fortaleza (1984/1985), o volume I deste trabalho avaliou as reservas de água subterrânea por aquífero, construindo 101 poços tubulares, proporcionando uma orientação sobre as características dos reservatórios, assim como as possibilidades de exploração, para atender à demanda da população periférica do município de Fortaleza. Os trabalhos realizados na 2ª Etapa (volume II) consistiram na construção de mais 30 poços tubulares, nos tipos litológicos atravessados, na delimitação e no teste dos diversos aquíferos encontrados, que se traduzem em termos práticos no potencial explorável de água subterrânea e na coleta de água para análises físico-química e bacteriológica, visando à exploração controlada das potencialidades hídricas em locais previamente estabelecidos.

CEARÁ/SRH - Plano Estadual dos Recursos Hídricos (1992), inseriu estudos hidrogeológicos que permitiram estabelecer um balizamento das possibilidades de aproveitamento de cada aquífero do território estadual em função de algumas características, tais como a profundidade, níveis estáticos e dinâmicos, vazão e método de construção de poços. Dentre as muitas verificações apontadas pelo Plano, apontou-se para a situação de intensa campanha de construção de poços sem haver, no entanto, a

preocupação de normatização de alguns procedimentos fundamentais para o sucesso na captação da água subterrânea, sendo considerados os preceitos de uso e proteção dos mananciais. Os aspectos hidrogeológicos abordados colaboraram para o entendimento da ocorrência e características aquíferas da Região metropolitana de Fortaleza, particularmente Fortaleza, apesar do caráter regional de abordagem.

Cavalcante (1998) estudou a Região Metropolitana de Fortaleza sob o enfoque de gestão integrada de recursos hídricos, quando traçou diretrizes para otimizar o manejo integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos na RMF, apresentando fundamentos hidrogeológicos integrados ao uso e ocupação do meio físico.

Ceará/SRH – Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas (1999), foram realizados serviços de campo para avaliação do potencial de águas subterrâneas e de lagoas das bacias hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza.

Quesado Júnior & Cavalcante (2000) estudaram os sistemas hidrogeológicos de Fortaleza e definiram suas vocações hidrogeológicas segundo parâmetros hidrodinâmicos de transmissividade, condutividade hidráulica e vazão. Destacaram o Sistema Dunas/Paleodunas como promissor para captação de água subterrânea em relação ao Barreiras e ao meio cristalino.

Quesado Júnior (2001) estudou a hidrogeologia do município de Fortaleza, buscando contribuir com a problemática das doenças de veiculação hídrica acometidas pela

população de Fortaleza, causada pelo consumo de água subterrânea contaminada por microorganismos patogênicos.

Fernandes (2005) versou sobre a distribuição, ocorrência e principais usos dos mananciais hídricos subterrâneos e sobre seu papel de importância para o atendimento das demandas de água em determinados domínios de estudo.

CEARÁ/SRH – Projeto de Monitoramento/Gestão de Águas Subterrâneas de Micro-áreas Estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza (2006), resultou na estruturação de um sistema de abastecimento de água estratégico para o caso de possíveis colapsos no sistema principal.

Lemos & Medeiros (2006) estudaram as águas subterrâneas de dois bairros de Fortaleza (Granja Portugal e Bom Jardim) integrando hidrogeologia e doenças de veiculação hídrica.

Gomes (2006) estudou as águas subterrâneas do Campus Universitário do Pici – Fortaleza, procurando caracterizar o ambiente hidrogeológico e a qualidade das águas.

Mapas diversos com escalas variáveis (1:10.000 a 1:100.000) foram obtidos, a exemplos de mapas geológico, geomorfológico, pedológico, entre outros, os quais foram integrados ou modificados para a elaboração de bases utilizadas.

Ao encerrar esta atividade, ressalta-se que o escopo do estudo deve estar bem definido e

consolidado, para orientar as atividades seguintes e evitar o consumo desnecessário de tempo na realização de tarefas complementares. Além disso, destaca-se que durante a execução de outras atividades, esta base de conhecimentos deve ser expandida para incorporar e fundamentar o surgimento de aspectos relevantes ao estudo. Vale ressaltar ainda a importância de se manter uma base de dados para armazenamento, organização e consulta das referências bibliográficas de todo o material levantado nesta atividade.

### **3. METODOLOGIA DE TRABALHO**

Efetuiu-se o estudo em áreas principais inerentes ao conhecimento técnico e a implantação de projetos governamentais. Assim sendo, o texto resultará da experiência diária, dos trabalhos técnicos apresentados em eventos, das monografias, dissertações de mestrado e teses de doutorado dos cursos de Geologia e Engenharia, das propostas técnicas governamentais e trabalhos diversos de consultoria.

A metodologia empregada constou de várias fases distintas, desenvolvidas para atingir os objetivos propostos.

#### **3.1 Revisão da Literatura**

Esta atividade consiste na base para o desenvolvimento de qualquer estudo técnico-científico. Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico de trabalhos de cunho geológico e hidrogeológico, bem como trabalhos de pesquisa científica ou didáticas pertinentes à área de estudo. Esta fase foi relevante para se ter uma idéia dos problemas usuais nesse contexto e quais as preocupações técnicas a serem tomadas evitando, assim, problemas de indesejáveis conseqüências como a incerteza de parâmetros físicos e hidrodinâmicos dos aquíferos.

#### **3.2 Cadastro de Poços**

Esta atividade teve como objetivo o cadastro georreferenciado de poços. Foram analisados relatórios técnicos de poços junto a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos –

COGERH, Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Superintendência de Obras Hidráulicas – SOHIDRA e empresas particulares de perfuração. As informações contidas nesses relatórios geraram, em planilha Excel, um arquivo de dados sobre os aspectos físicos, construtivos e litológicos das obras de captação.

Ressalta-se que, dentre os poços cadastrados, foram selecionados, em função da sua posição privilegiada dentro da área de estudo, nove poços principais para que suas vazões e níveis d'água fossem intensamente monitorados de hora em hora por sistema telemétrico. Assim sendo, foram realizados os cálculos dos parâmetros em função dos testes de vazão analisados e da hidrogeologia da área pesquisada.

### **3.3 Tratamento e Consistência de Dados**

Os resultados obtidos foram submetidos a cálculos estatísticos simples, compondo um arquivo de dados para a elaboração das bases temáticas do trabalho (anexos I, II e III) e geração de informações.

### **3.4 Elaboração de Bases Temáticas**

Obtiveram-se bases temáticas que foram integradas ao estudo. Assim sendo utilizou-se os programas computacionais *ArcGis* da *ESRI Inc.* (versão 9.2), *Surfer for windows* (versão 8.0) e *Excel MS-Office* (versão 2000) para gerar as seguintes bases:

- ↪ Base Temática de Nível Estático
- ↪ Base Temática de Vazão
- ↪ Base Temática de Profundidade de Poços

### **3.5 Etapas de Campo**

No desenvolvimento deste estudo foram efetuadas várias etapas de campo com a finalidade de checar *in locu* os dados obtidos anteriormente e, desde que possível, levantar novas informações. Isto foi feito com o deslocamento nos anos 2005, 2006 e 2007 na área de pesquisa.

As atividades de campo, para conferir os dados pertinentes às bases temáticas a serem utilizadas no estudo, foram realizadas diversas vezes, sempre enfocando os aspectos litológicos das formações aquíferas e verificando se foram cumpridas as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 12.212 – Projeto de Poço Tubular Profundo para Captação de Água Subterrânea e 12.244 – Construção de Poço Tubular Profundo para Captação de Água subterrânea quando na realização dos testes de aquíferos dos poços.

O trabalho de campo foi imprescindível para o entendimento da hidrogeologia, para conhecimento da utilização das águas subterrâneas, da situação das obras de captação e de que maneira eram realizados os testes de aquíferos. Tais informações, corretamente elencadas, serviram a base do arquivo de dados para atender os objetivos propostos.

### **3.6 Integração de Dados**

As informações obtidas no levantamento dos relatórios de poços em empresas públicas e privadas, além de dados de campo, foram armazenadas em planilhas do programa

*Microsoft Excel* sob a forma de Arquivo de Dados, possibilitando o acesso rápido, e permitindo a elaboração de gráficos e a integração com outros programas computacionais (ex.: *ArcGis*) para a elaboração de bases temáticas.

### **3.7 Monitoramento de Poços**

Foram monitorados durante um ano (2005) os níveis d'água e vazões de nove poços tubulares. A periodicidade do monitoramento foi diária, sendo os dados enviados por telemetria de hora em hora para a estação central da COGERH. Com os resultados obtidos elaboraram-se gráficos de Vazão x Nível d'Água de cada poço selecionado.

O desconhecimento das condições de uso dos poços fez com que fosse realizada uma etapa de monitoramento dos níveis, vazões e do regime de operação de bombas. Atualmente, a falta destes dados só tem permitido estimativas não controladas, desconhecendo-se praticamente, os reais volumes que são extraídos e os níveis d'água que são atingidos ao longo do tempo.

### **3.8 Elaboração da Monografia**

O texto final da Monografia foi concluído em cinco etapas distintas:

- ↪ Revisão da literatura;
- ↪ Monitoramento de vazão e nível d'água dos poços;
- ↪ Etapas de campo para acuracidades das informações obtidas;
- ↪ Tratamentos de dados com a integração de bases temáticas;
- ↪ Elaboração do texto final da monografia

#### **4. SISTEMA TELEMÉTRICO**

O princípio de funcionamento da rede de monitoramento está baseado na telemetria de dados entre as estações remotas, instaladas nos poços, e a estação central de processamento e coleta de dados instalada na Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH, sendo a comunicação realizada via enlace de linha telefônica.

Na COGERH foi instalado um sistema computacional ligado a modem telefônico, que faz a discagem e coleta de dados de cada Estação Remota, realizando a supervisão de todo o processo, através de programas específicos. Com os dados já arquivados em banco de dados foi possível realizar o processamento dos mesmos e, posteriormente, com a utilização de *softwares*, geraram-se informações em forma de gráficos, tabelas e relatórios.

A transmissão do sistema telemétrico é realizada via celular através da técnica *SMS – Short Messages Service*, que permite o completo monitoramento de vários parâmetros hidrodinâmicos de poços tubulares.

Os níveis d'água e vazões dos poços dos Aquíferos Dunas/Paleodunas, Barreiras e Fissural do município de Fortaleza foram monitorados pelo sistema telemétrico.

##### **4.1 Características de Comunicação Celular – SMS**

O *Short Messages Service (SMS)* é uma das funções normalmente disponíveis dentro

dos celulares de tecnologia digital. O seu uso consiste na possibilidade de enviar mensagens curtas de texto (letras, números ou uma mistura dos dois). Até cerca de 160 caracteres podem ser enviados em cada mensagem. A operadora nacional disponibiliza este sistema como um serviço básico do celular, permitindo-nos receber ou enviar mensagem escrita.

Na aplicação *SMS* usada, a Estação Remota através do Programador Lógico Programável – PLC gerencia a coleta dos dados dos sensores a ele conectado nos horários pré-definidos (5, 11, 17 e 23 horas) e, posteriormente, envia o arquivo em forma de mensagem *SMS* (que por norma deve conter até 160 caracteres de extensão por mensagem); esta não segue diretamente para o destinatário mas, para o centro de mensagens da operadora de celular, que a processa e reencaminha a mensagem imediatamente para o servidor do usuário, que no caso é o servidor de mensagens da COGERH.

No servidor de mensagem estará rodando um aplicativo *Socket* que percebe a chegada da mensagem, arquiva-a no Banco de Dados e notifica a central da operadora o recebimento da mesma; caso a operadora não receba a confirmação do recebimento, ela notificará o cliente.

Em um celular a voz é enviada por um canal de rádio, enquanto as mensagens são enviadas utilizando um outro canal de frequência, normalmente utilizada para controle do celular. Isto garante que, em casos de existir uma sobrecarga de utilização de rede

(provocando um congestionamento no trafico dos canais de voz), a mensagem chegue a seu destino final. O mesmo não ocorre com as mensagens SMS, pois utilizam o canal de controle do próprio celular, que normalmente já esta em contato freqüente com as Estações Rádio Base - ERB's das operadoras.

#### **4.2 Central da COGERH**

É composta por um Servidor de Aplicação *Socket*, pertencente à rede local e com acesso à Internet, que tem a função de receber as mensagens retransmitidas pela operadora de celular, e gravar os dados no Banco de Dados *Oracle* corporativo, também já em funcionamento na COGERH.

A comunicação da COGERH com a Central SMS-C da operadora do celular é via Internet, recomendada para a aplicação em questão devido ao pequeno volume de dados.

Por fim, Os dados dos níveis d' água e as vazões dos poços foram monitorados de hora em hora, entretanto, os mesmos só eram enviados quatro vezes durante o dia, devido a gastos operacionais com envio de mensagens.

#### **4.3 Ambiente de Operadora Celular**

É a estrutura da operadora do celular voltada para a comunicação de mensagens SMS. Incluem-se aí as ERB's a Central SMS-C.

A Estação Remota envia a mensagem para a ERB que estiver mais próxima, trocando também dados de controle entre si; em seguida, a ERB encaminha a mensagem para a Central SMS – C provedora do serviço, que reencaminha para o Servidor *Socket* da COGERH.

#### **4.4 Estação Remota**

É a estação responsável por coletar os dados dos sensores e enviá-los para a Estação Rádio Base - ERB. Integram a Estação Remota os seguintes componentes: Controlador Lógico Programável – CLP, Celular digital com interface de comunicação com a CLP, Antena Yage montada em mastro, Quadro com fonte e Sensores (Figura 02).

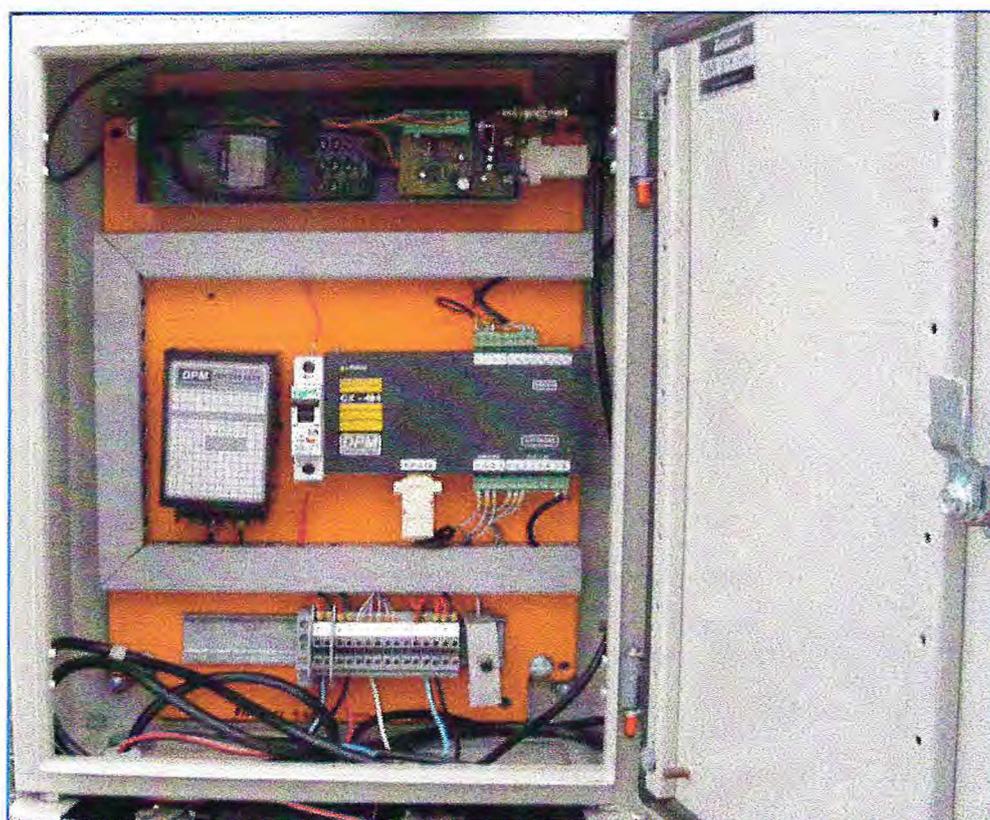
#### **4.5 Modelo de Funcionamento**

O funcionamento do sistema de monitoramento se baseia na troca de mensagens pré-formadas entre a estação de medição e o centro de controle. Estas informações serão lidas em intervalos pré-fixados pelo operador da rede (Figura 03).

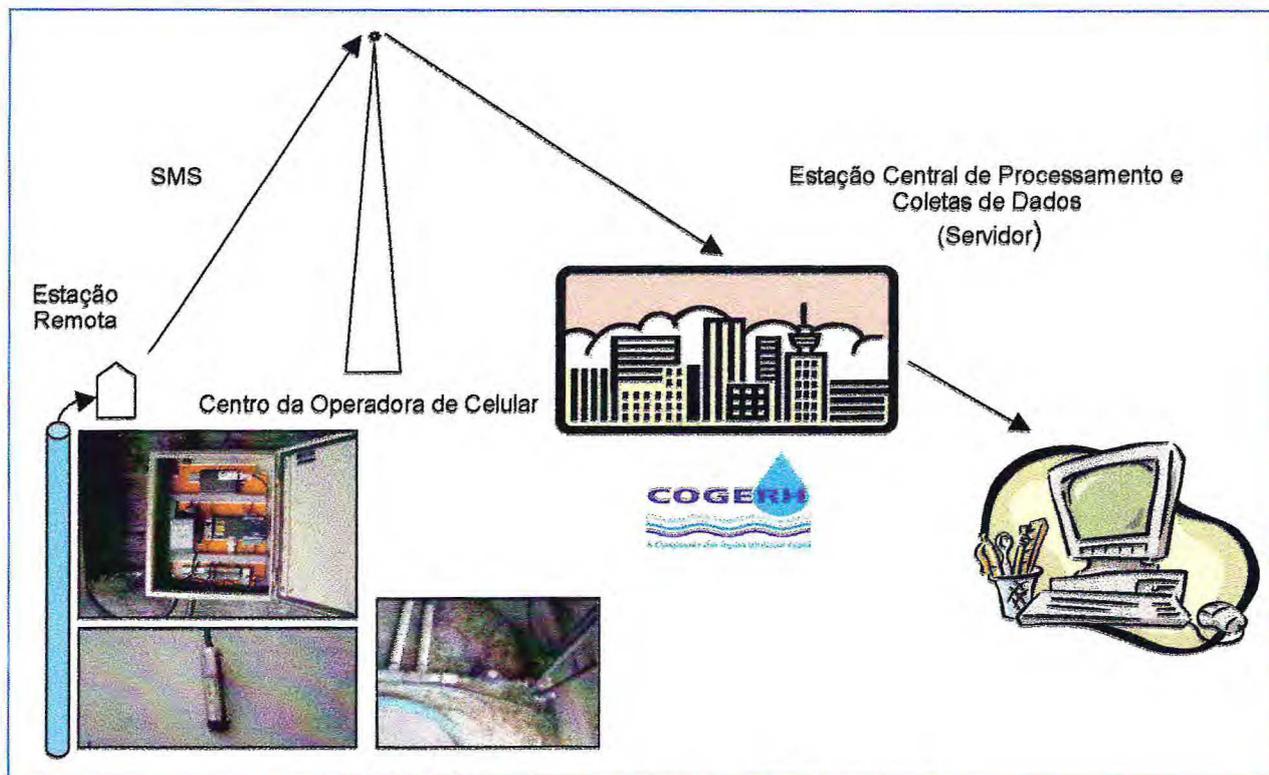
Assim sendo, o aplicativo que estará rodando na CLP da Estação Remota irá ler o conjunto de dados dos sensores (juntamente com o nível da bateria), que na maioria das aplicações esta leitura será a cada hora cheia.

Ao acumular 24 conjuntos de dados, estes são transmitidos para a Central COGERH, via mensagem SMS. Do ponto de vista da COGERH, ela receberá a cada dia um arquivo ou um e-mail contendo as respectivas datas/horas de medição e indicação das

variáveis lidas pelos sensores. Estes dados foram inseridos automaticamente na plataforma *Oracle*. O sistema terá operação automática e os dados estarão presentes no *Oracle* sem necessidade de interferência.



**Figura 02 – Quadro de Comando da Estação Remota, poço SOHIDRA, 2005**



**Figura 03 – Esquema de transmissão de dados**

#### **4.6 Sensor de Nível**

Foram utilizadas sondas de profundidade, com as seguintes características (Figura 04):

Aplicação: Leitura de profundidade/nível em reservatórios de qualquer natureza

Tipo de sensor: Piezorresistivo

Faixas de pressão (bar): 0 a 0,5 mCA até 0 a 200 mCA

Sobrepresão admissível: 2 x Fundo de Escala (FE)

Repetibilidade + Histerese + Linearidade: + 0,25% FE (+ 0,1% opcional)

Sinal de saída: 4 a 20 mA, 2 fios.

Alimentação: 9 a 33 Vcc

Temperatura de operação: 0 a 70 °C

Grau de proteção: IP 68

Construção: invólucro em aço inoxidável AISI 304

#### **4.7 Sensores de Vazão**

Foram utilizados sensores de vazão tipo turbina de inserção (Figura 05), com as seguintes características:

Diâmetro da tubulação: 38 a 610mm

Range: 0,1 a 6 m/s

Linearidade: + 1% do fundo de escala

Repetibilidade: + 0,5% do fundo de escala

Pressão máxima de operação: 17 bar / 82°C

Corpo do sensor em aço inox 316

Conexão do sensor em aço inox 316

Rotor em aço inox CD4Mcu

Mancal em carbeto de tungstênio

Tensão de alimentação: 5 a 24 Vcc

Sinal de saída: coletor aberto



**Figura 04 – Sensor de Nível, utilizado no poço UECE, 2005**



**Figura 05 – Sensor de Vazão, utilizado no poço Luísa Távora, 2005**

## 5. ÁGUAS SUPERFICIAIS

No município de Fortaleza são individualizadas três bacias hidrográficas, inclusas na Região Hidrográfica das Bacias Metropolitanas, sendo elas: Maranguapinho/Ceará, Cocó e Vertente Marítima (Figura 06). Essas bacias são, de modo geral, de pouca expressão hidrológica, pois são constituídas de rios intermitentes e de pequeno porte. Entretanto, são de suma importância, uma vez que em seus domínios foram construídos açudes que completam o abastecimento de água para a Região Metropolitana de Fortaleza. Além dos rios principais, a rede hidrográfica do município compõe-se também dos riachos Pajeú (em grande parte subterrâneo em decorrência das edificações) e Papicu, e, também, das lagoas Precabura, Messejana, Mondubim, Sapiranga e Porangabussu que tanto servem para a pesca da população ribeirinha como para balneabilidade.

### ↳ Bacia do Rio Maranguapinho/Ceará

O Rio Maranguapinho com aproximadamente 215 km<sup>2</sup> de bacia hidrográfica nasce entre as Serras de Maranguape e Aratanha, percorre uma extensão de 40 km (curso principal) até sua foz na praia denominada Barra do Ceará. Abrange os municípios de Maranguape, Maracanaú, Caucaia e Fortaleza e possui 9 afluentes, sendo 6 na margem direita e 3 na esquerda, 5 açudes e 9 lagoas, além de alguns mananciais menos expressivos, sem denominação oficial.

O segmento do Rio Maranguapinho na cidade de Fortaleza, tem sofrido nas últimas

décadas fortes transformações através do processo de uso e ocupação do solo. A bacia vem sendo drasticamente modificada, seja pela urbanização de sua área de drenagem, seja pelo uso de seus recursos hídricos.

O Rio Maranguapinho apresentou características com poucas variáveis ao longo de seu percurso. O rio entra no município de Fortaleza com uma salinidade constante (0,3), e cresce à medida que se aproxima de sua foz. É notável a influência da cunha salina até 1 km a montante da confluência dos Rios Ceará e Maranguapinho. Também apresenta grande acúmulo de matéria orgânica e inorgânica, assim como efluentes de esgotos domésticos que além de poluírem os mananciais são responsáveis pelo processo de eutrofização existente.

Esse recurso hídrico superficial apresenta os maiores índices de densidade demográfica ao longo do seu leito, o que retrata bem a delicada situação natural em que se encontra. Esta mesma faixa que margeia o recurso recebe uma população, de maneira geral, carente em aspectos de infra-estrutura e renda. As interferências das ocupações também se dão, em menor grau, nas lagoas que compõem esta bacia, como a Lagoa da Parangaba e a lagoa do Mondubim.

O Rio Ceará nasce no Serrote Salgado (Maranguape) com a junção dos riachos Jandaíra e Bom Princípio, percorrendo cerca de 60 km até desembocar na Praia da Barra do Ceará. Corre pelo vale formado pelas serras de Maranguape e Arara (ambas em Maranguape), recebendo as águas da vertente leste desta última e serve de limite

entre os municípios de Fortaleza e Caucaia. É navegável em torno de 5 km, a partir de sua foz, por barco de pequeno calado. Nesse trecho, por influência das marés é perene.

#### ↳ Bacia do Rio Cocó

O Rio Cocó tem aproximadamente 500 km<sup>2</sup> de bacia hidrográfica e 47 km de extensão atravessando a RMF. Como característica relevante possui uma grande área de preservação ambiental – APA, que se inicia na sua foz até o fim do terço inferior do percurso do rio. Seu traçado, que nasce na serra da Pacatuba, compreende a travessia dos municípios de Pacatuba, Maranguape, Maracanaú, Aquiraz, Eusébio Itaitinga e Fortaleza. O rio Cocó tem grande importância no sistema de drenagem metropolitano, recebendo descargas de esgotos do maior sistema de drenagem de Fortaleza formado pelos canais do Jardim América e da Avenida Aguanambi.

Antes de alcançar a área de preservação ambiental, o rio Cocó sofre com a ocupação da população ribeirinha e a existência do lixão do Jangurussu, onde era depositado o lixo de Fortaleza, o qual fica localizado às suas margens, contribuindo para poluição de suas águas através da percolação de chorume.

O Rio Cocó é um rio tipicamente estuarino, com penetração de maré desde a foz até o lagamar (pretensa área destinada ao amortecimento de cheias), correspondendo a aproximadamente 13 Km, indo até o trecho situado a montante da rodovia BR-116.

Todos os cursos d'água da bacia apresentam caráter intermitente, permanecendo

secos durante a maior parte do ano, exceto próximo ao litoral onde os rios Cocó e Coaçu se tornam perenes. Esse sistema é completado por lagoas, que são importantes pela interferência no equilíbrio hidráulico, na manutenção do macroclima e na valorização da paisagem, além de potencializarem o desenvolvimento da piscicultura. Entretanto, seus usos domésticos e agrícolas são reduzidos devido à diminuta taxa de saneamento básico municipal e ao despejo clandestino de efluentes domésticos e industriais.

#### ↳ Vertente Marítima

A Bacia da Vertente Marítima possui uma área de 34,54 km<sup>2</sup>, é a única totalmente inserida no município, compreende a faixa de terra localizada entre as desembocaduras dos Rios Cocó e Ceará, com topografia favorável ao escoamento das águas para o mar.

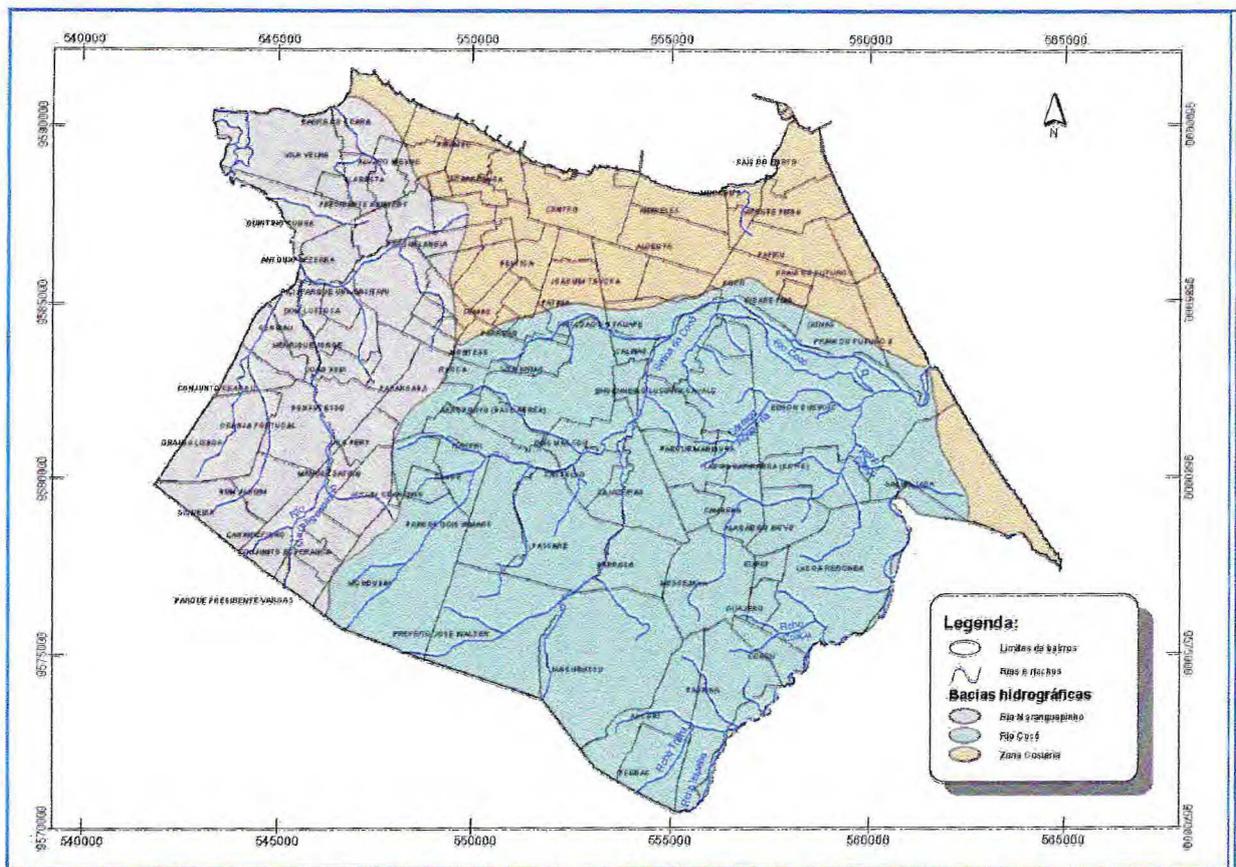
#### ↳ Sistema de Abastecimento Urbano da RMF

A bacia hidrográfica do rio Pacoti é considerada a principal, haja vista que em 1981 foi construído o Sistema de Açudes Pacoti-Riachão-Gavião com vazão de 4,5 m<sup>3</sup>/s e capacidade máxima de armazenamento de 511 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, e juntamente com a contribuição de outros dois espelhos d'água – açudes Acarape do Meio (Acarape) com capacidade para 34 x 10<sup>6</sup> e a lagoa do Catu (Aquiraz) com volume de 2,5 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> – constituem o sistema de abastecimento da população da Região Metropolitana de Fortaleza, onde está inserido o município de pesquisa. Os volumes dos mananciais que abastecem a RMF podem ser vistos no quadro 01.

O sistema Pacoti-Riachão-Gavião-Pacajus é interligado por túneis e canais. A estação de tratamento de água (ETA) está localizada próxima ao açude Gavião, na localidade denominada Ancuri, distando aproximadamente 20 km da Grande Fortaleza, com capacidade atual de 9m<sup>3</sup>/segundo. No ano de 1992 foi construído o açude Pacajus, que complementou o Sistema de Abastecimento Público, totalizando uma reserva de 661 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

O rio Pacoti nasce na Serra de Baturité e percorre 130 km, em geral, no sentido sudoeste/nordeste, dos quais o primeiro terço tem declividade acentuada, da ordem de 2%. Na parcela de jusante, como reflexo de relevo muito suave que percorre, sua declividade fica em torno de 0,1%. Sem nenhuma influência significativa pela margem direita, o Pacoti drena uma área de 1.800 Km<sup>2</sup>, possuindo dois contribuintes de maior porte pela esquerda: os riachos Baú e Água Verde.

Na área de estudo, o rio Pacoti tem um curso aproximado de 2 km, trecho que limita os municípios de Aquiraz e Fortaleza, desaguando no oceano Atlântico, na praia da Abreulândia.



**Figura 06 – Bacias Hidrográficas do município de Fortaleza, Ceará**

**Quadro 01 – Situação dos mananciais que abastecem a RMF, outubro, 2007**

Açude	Capacidade Máxima (m³)	Volume Armazenado	
		(m³)	%
Acarape do Meio	31.500.000	20.581002	65,34
Gavião	32.900.000	29.520.000	89,73
Pacajus	240.000.000	108.461.400	45,19
Pacoti	380.000.000	138.117.600	36,35
Riachão	46.950.000	18.939.400	40,34
Aracoiaba	170.700.000	155.186.160	90,91
<b>TOTAL</b>	<b>902.050.000</b>	<b>470.805.562</b>	<b>52,2</b>

Fonte: COGERH, outubro, 2007

## 6. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Embora representem 97% da água doce líquida do planeta, o que por si só mostraria seu valor, as águas subterrâneas desempenham um papel fundamental no abastecimento público e privado em todo o mundo. Estima-se que mais de 1,5 milhão de pessoas em núcleos urbanos e uma grande parcela da população rural tenham suas necessidades supridas pelo manancial subterrâneo. As tendências mundiais mostram um forte crescimento dessas cifras, sobretudo em países de economias periféricas, que estão encontrando na água subterrânea uma alternativa de baixo custo, devido a sua fácil obtenção e boa qualidade natural.

Muitas vezes, em grandes centros urbanos, as águas subterrâneas podem até ter disponibilidades volumétricas menores, em comparação aos recursos superficiais, mas o uso pela indústria e comércio tem freqüentemente gerado produtos de maior valor agregado.

Com a crescente construção de poços no município de Fortaleza, e se esses não forem explorados com critérios técnicos, é possível que ocorra um abaixamento nos níveis dos aquíferos no decorrer dos anos, devido a superexploração dos mesmos. Isso ocorre pelo fato de que a exploração de água supera a recarga em períodos muito prolongados, ou quando o bombeamento está concentrado em uma pequena zona, ou seja, a retirada de água do aquífero se dá em quantidades maiores que sua reposição, acarretando desequilíbrios no balanço entre as entradas de água no aquífero (recarga)

e as saídas (exploração). Não obstante, devido ao grande volume de água armazenado no aquífero, este pode ser, durante períodos específicos, explorado em volumes maiores que a sua recarga sem problemas, desde que isso ocorra de forma estudada e planejada.

Segundo HIRATA (2000), as conseqüências da exploração irracional dos aquíferos normalmente estão associadas aos seguintes problemas:

- ↪ Redução na capacidade produtiva individual do poço ou de poços próximos, com aumento nos custos de bombeamento;
- ↪ Indução de fluxos laterais de água salina na costa marítima;
- ↪ Infiltração de água subterrânea de baixa qualidade advinda de outras unidades aquíferas mais superficiais;
- ↪ Drenagem de rios e outros corpos de água superficial, pelo rebaixamento do nível hidráulico do aquífero;
- ↪ Subsidência do terreno, resultando em problemas de estabilidade e danos de edificações e rede de esgoto.

Os principais sistemas hidrogeológicos da área de pesquisa relacionam-se à distribuição das regiões cristalinas e sedimentares (e.g. CAMPOS & MENEZES, 1983; BIANCHI *et al.*, 1984; IPLANCE, 1997; CAVALCANTE 1998; CAVALCANTE *et al.*, 2000; CPRM, 1998). A distribuição destes podem ser visualizadas no quadro 02 em percentagem, na figura 07 e no anexo V.

## 6.1 Meio Cristalino Fissural

O Meio Cristalino corresponde às zonas de ocorrência de rochas xistosas, graníticas, gnáissicas e migmatíticas, de porosidade intergranular praticamente nula. O meio produtivo é representado por fissuras e diaclases interconectadas, resultante dos esforços sofridos. Apresenta, em geral, potencial hidrogeológico reduzido, seja pelo aspecto quantitativo, devido às condições deficientes de circulação, ou pelo qualitativo, onde, via de regra, tem taxas excessivas de salinização em decorrência das condições de fluxo dominantes e de elevado tempo de contato da água com a rocha armazenadora. Nesse sistema, apesar de vários litotipos representantes, considera-se apenas uma unidade hidroestratigráfica indiferenciada.

No Cristalino a água subterrânea ocorre em sistemas de fendas e fraturas interconectadas, descontínuas e com extensão limitada. As reservas são alimentadas por infiltração no solo de águas de precipitação, de águas superficiais de cursos naturais, ou ainda de açudes. Os poços tem profundidade média de 60 metros, nível estático oscilando entre 10 e 20 metros, vazão média  $2 \text{ m}^3/\text{h}$  e capacidade específica inferior a  $1,0 \text{ [(m}^3/\text{h)/m]}$ .

Os exutórios são representados por drenagens efluentes e pela evapotranspiração. Além disso, são imensas as dificuldades e restrições associadas às reservas subterrâneas (e.g. recursos aleatórios, escassos, de má qualidade e de pouco conhecimento).

Nos domínios dessa unidade, a pouca cobertura vegetal e a pequena espessura do solo constituem um ecossistema frágil cujas características físico-ambientais reduzem, substancialmente, o potencial produtivo do aquífero. As vazões predominantes são geralmente abaixo de 2 m<sup>3</sup>/h, com máxima de 22,6 m<sup>3</sup>/h, e a capacidade específica é normalmente inferior a 1 [(m<sup>3</sup>/h)/m]. Existem poços no cristalino com perfis litológicos que mostram a existência de fraturas, apesar de serem secos, o que demonstra a necessidade de se ter fraturas abertas e interconectadas com zonas de recarga, comumente designada no meio técnico como “entradas d’água”, para se obter bons poços produtores de água.

A alimentação ocorre da contribuição pluviométrica, drenagens e espelhos d’água (lagoas e açudes) associados a fraturamentos, e das unidades aquíferas sobrepostas, a exemplo do Barreiras e aluviões.

## **6.2 Sistema Aquífero Sedimentar**

Por sua vez, o Sistema Aquífero Sedimentar corresponde aos depósitos acumulados nos terrenos sedimentares, estando o meio aquífero representado pela porosidade intergranular primária, com possibilidade hidrogeológicas muito variáveis e na dependência da litologia, espessura, morfologia e posicionamento estratigráficos das camadas. Esse sistema engloba três unidades, quais sejam: Dunas/Paleodunas, Barreiras e Aluviões.

### 6.2.1 Sistema Dunas/Paleodunas

As Dunas/Paleodunas representam o principal aquífero da região, pois nele são armazenados os maiores volumes de água subterrânea. De acordo com CAVALCANTE (1998), representa um aquífero livre, com espessura saturada oscilando de poucos a até 10 metros, nível estático normalmente sub-aflorante nas áreas de descarga, atingindo, em média, 6 metros. Suas águas são captadas por poços tubulares rasos, com profundidades inferiores a 20 metros, perfurados normalmente em 10" e revestidos em 6" ou 4", que produzem vazões média de 6 m<sup>3</sup>/h, podendo alcançar, localmente, até 13 m<sup>3</sup>/h, refletindo capacidades específicas que oscilam de 0,02 a 23 [(m<sup>3</sup>/h)/m].

Possui como característica básica uma dupla função hidrogeológica, refletida no funcionamento do sistema como aquífero principal e aquífero de transferência do potencial hídrico para unidades sotopostas, a exemplo do Barreiras. Observa-se que valores médios de condutividade hidráulica e transmissividade oscilam de  $0,73 \times 10^{-4}$  m/s a  $2,50 \times 10^{-4}$  m/s e de 2,37 m<sup>2</sup>/h a 6,98 m/h, respectivamente. Em geral, o fluxo das águas subterrâneas se processa para o mar. As maiores perdas d'água do aquífero são, por consequência, da intensa evapotranspiração, associada a um nível estático sub-aflorante.

A recarga é eminentemente pluviométrica, salvo exceções causadas por drenagens influentes. Em função dos elevados coeficientes de condutividade hidráulica, transmissividade e porosidade efetiva, essa unidade é altamente susceptível a poluição.

### 6.2.2 Sistema Barreiras

O Barreiras corresponde aos sedimentos Terciários da Formação Barreiras. Localmente, constitui um aquífero livre, com características regionais de semi-confinado em função dos níveis silto-argilosos. De acordo com CAVALCANTE (1998), possui espessura normalmente inferior a 60 metros, predominando de 40 a 50 metros. Apresenta expressivas variações litológicas, representadas por intercalação de níveis arenosos, silticos e siltico-arenosos que, também, refletem diferentes condutividades hidráulicas, tanto verticais quanto horizontalmente. BIANCHI *et al* (1984) estimaram para condutividade hidráulica um valor de  $1,8 \times 10^{-6}$  m/s, refletindo mais as características de um aquífero.

Segundo CAVALCANTE (1998), que analisou 4.465 poços tubulares, o nível estático é predominantemente inferior a 15 metros (90,8%), com mínimo de 1, máximo de 35 e média de 8,6 metros. Possui espessura média saturada de 15 metros e suas águas são captadas por poços com profundidades variando entre 40 a 60 metros.

As vazões predominantes são inferiores a 2 m<sup>3</sup>/h (40,5%), porém localmente podem apresentar vazões bem superiores, com máxima de 17,6 m<sup>3</sup>/h e média de 2,8 m<sup>3</sup>/h. Existem poços secos nesse contexto, em função dos níveis silticos-argilosos que ocorrem no sistema.

Os fatores de recarga são a precipitação pluviométrica, as drenagens influentes que percolam o contexto, as lagoas interdunares e o sistema Dunas/Paleodunas que

funciona como dupla função (*i.e.* aquífero e unidade de transferência de água).

Como exutório tem-se a rede de drenagem efluente, lagoas, evapotranspiração e o meio cristalino sotoposto, desde que fraturado e com características que permitem a circulação e o armazenamento.

Em nível de RMF é possível afirmar que o Barreiras não possui uma vocação hidrogeológica que, no geral, permita sua exploração para atendimento de demandas hídricas acima de 5 m<sup>3</sup>/h. Porém, em função grande extensão territorial, particularmente no município de Fortaleza, representa um sistema importante para a captação de pequenas vazões para abastecimento humano, principalmente para residências e condomínios.

### 6.2.3 Sistema Aluvionar

As aluviões assumem grande importância no contexto hídrico da região, a qual cresce quando se verifica que é ao longo desses vales que se concentram a maior densidade demográfica, aumentando a demanda por água. Nas aluviões, as altas permeabilidades das frações arenosas compensam as pequenas espessuras saturadas, de modo que é possível a obtenção de vazões expressivas através de captações rasas e de baixo custo.

Dentro do município de Fortaleza, as águas subterrâneas dessa unidade estão comprometidas pela poluição derivada de esgotos domésticos e industriais, não

permitindo nenhum tipo de utilização. Constituem aquíferos livres, com espessuras de até 15 metros e nível estático sub-aflorante, inferior a 2 metros.

A recarga provém da precipitação pluviométrica, dos rios influentes e de águas subterrâneas do sistema Dunas/Paleodunas e Barreiras.

Como exutórios tem-se a evapotranspiração e a própria drenagem. A pequena declividade dos canais de drenagem e a proximidade à linha de costa permitem o avanço das marés até distâncias consideráveis (8 km) ao longo dos rios, favorecendo a formação de salinas e influenciando na qualidade das águas armazenadas nessa unidade. Somente na equipotencial de cinco metros é possível captar água subterrânea sem a presença de elevadas concentrações de cloretos.

**Quadro 02 – Área dos aquíferos no município de Fortaleza, Ceará**

<b>Aquífero</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Meio Cristalino	55,63	18
Dunas/Paleodunas	98,83	32
Barreiras	120,25	38
Aluvião	31,88	10
Espelho d'Água	7,19	2
Total	313,8	100

Em relação às reservas de águas subterrâneas, vários parâmetros influenciam nos cálculos, tais como precipitação pluviométrica, tipo de aquífero, características dimensionais e hidrodinâmicas do meio e qualidade da água.

O planejamento dos recursos hídricos (superficial e subterrâneo) deve considerar o uso integrado das reservas, recursos e disponibilidades de água, associados à qualidade hídrica, ocupação do meio físico, uso e proteção.

Assim, é recomendável que o planejamento de utilização dos sistemas aquíferos considere os potenciais de renovabilidade, a integração com o meio-hidroambiental, a capacidade de regeneração das águas servidas que retornam ao manancial em apreço e, principalmente, o limite de intervenção humana que não deve ultrapassar o aceitável pelas condições inerentes ao meio local.

Na área de pesquisa existem dois contextos litológicos distintos: o sedimentar e o meio cristalino fissural. O primeiro possui porosidade e condutividade hidráulica primária, decorrente da própria diagênese, facilitando o armazenamento e fluxo d'água. No segundo, o armazenamento e o fluxo ocorrem nas fraturas, interconectadas e abertas, caracterizando um meio anisotrópico e heterogêneo, tornando o cálculo de reservas algo praticamente impossível.

Os volumes hídricos armazenados nos sistemas aquíferos representam as reservas e podem ser avaliadas segundo um ponto de vista natural ou utilitário. Essas reservas

podem ser classificadas como renováveis (dinâmica ou reguladoras) e não renováveis (permanentes ou geológicas). Sob uma análise integrada, a classificação de reservas permanentes (não renováveis) não encontra respaldo, pois se sabe que a água subterrânea não está desconectada do ciclo hidrológico, partindo efetivamente na medida em que existe recarga, extração e descarga.

O fluxo de água subterrânea se processa de modo lento e contínuo, o tempo de residência das águas nos aquíferos são da ordem de dezenas de anos e, em alguns casos, se atinge escala de centenas e até milhares de anos, o que permite dizer que a água subterrânea é um recurso mineral em nível de vida humana.

A idade das águas subterrâneas, parâmetros muitas vezes utilizados em discussões hidro-ambiental, possui um significado meramente cinemático, refletindo o nível de equilíbrio hidrodinâmico, em função do grau de interação entre as condições existentes nas zonas de recarga, transporte e descarga do meio considerado. Assim, a idade dessas águas é uma condição de estado, não possuindo nenhuma relação com a importância das reservas, ou dos riscos de esgotabilidade a serem submetidas a um processo de extração, desde que exista o planejamento e gestão integrada.

⋮

⋮

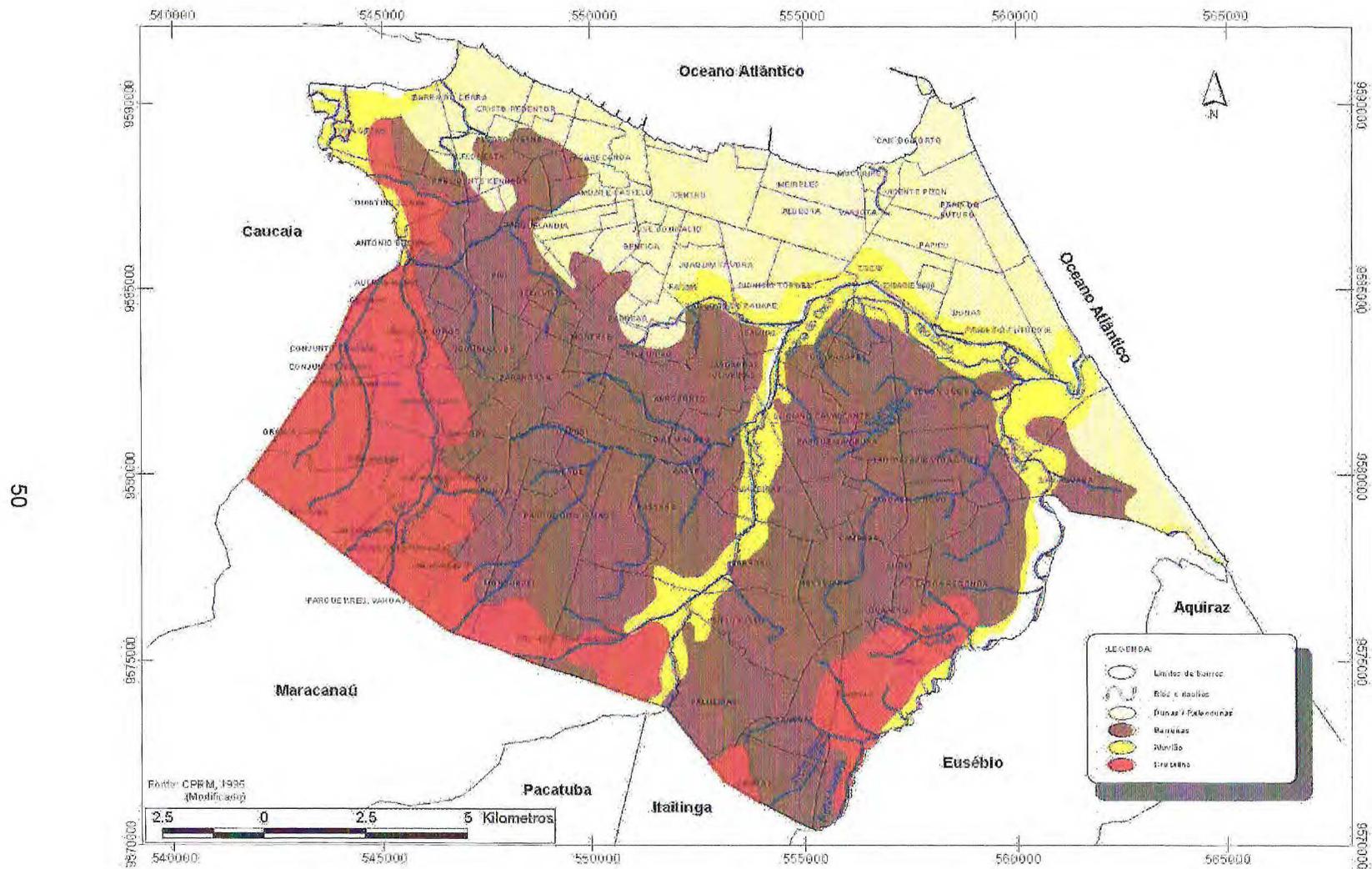


Figura 07 – Sistemas Hidrogeológicos do município de Fortaleza, Ceará

## 7. PARÂMETROS HIDROGEOLÓGICOS

Os resultados dos testes de bombeamento e de aquífero analisados serviram para caracterização dos parâmetros hidrogeológicos dos sistemas produtores de água em questão. Para uma compreensão melhor do texto é importante que se defina algumas das principais expressões:

*Teste de produção* – é um bombeamento que tem por finalidade a determinação das perdas de carga totais que ocorre no poço. A sua execução consiste na realização de um bombeamento e no registro da evolução dos rebaixamentos do nível d'água no poço bombeado. Após a execução do bombeamento se realiza a medição da recuperação do nível d'água até que alcance seu nível estático original.

*Teste de aquífero* – é um bombeamento que tem por finalidade a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos do meio poroso: transmissividade (T), coeficiente de armazenamento (S) e condutividade hidráulica (K).

*Vazão* – é o volume de água extraído do poço, na unidade de tempo, por bombeamento ou por fluxo livre. Na hidrogeologia, é expressa geralmente em metros cúbicos por hora.

*Nível estático* – é o nível no qual a água permanece no poço quando não está sendo extraída do aquífero, quer por bombeamento ou por fluxo livre. É geralmente expresso pela distância do nível do solo ou de um ponto de referência próximo ao nível do solo

até o nível da água no interior do poço.

*Nível dinâmico* – é o nível em que a água permanece no interior do poço, quando bombeado.

*Rebaixamento* – significa a descida do nível da água, a partir do nível estático em consequência do bombeamento.

O teste de aquífero é uma operação que visa, basicamente, a determinação da transmissividade, condutividade hidráulica e coeficiente de armazenamento. De posse desses parâmetros, pode-se calcular o rebaixamento do cone a qualquer distância do poço bombeado.

Para a realização de um teste de aquífero é necessário que:

- ↪ A camada que supre a água é isotrópica;
- ↪ A espessura da camada é constante;
- ↪ A extensão da camada é constante;
- ↪ A água entra no poço instantaneamente com o rebaixamento do nível da água;
- ↪ É necessário um poço de observação (piezômetro) para a realização das medidas.

Os coeficientes de transmissividade e armazenamento definem as características hidráulicas da formação. Enquanto o primeiro indica quanta água poderá mover-se da

formação, o segundo indica quanta água poderá ser removida por drenagem ou bombeamento.

Os resultados dos testes de aquíferos analisados serviram para caracterização, em termos de parâmetros hidrodinâmicos, os sistemas produtores de água em questão.

### 7.1 Transmissividade (T)

A transmissividade é um parâmetro introduzido por THEIS (1936) para representar a capacidade de transmissão de água de um aquífero e é definida classicamente como sendo a “descarga que escoar por uma faixa de largura unitária e altura igual à espessura do aquífero em função da variação unitária do gradiente hidráulico”, como mostrado esquematicamente na figura 08. É expressa matematicamente como o produto da condutividade hidráulica (K) pela espessura saturada (b).

$$T = K \cdot b \quad (01)$$

Onde:

T – transmissividade [ $L^2/T$ ]

K – condutividade hidráulica [ $L/T$ ]

b – espessura saturada [L]

Para aquíferos freáticos a espessura muda com o tempo, de acordo com a recarga ou descarga. Partindo da definição, suas dimensões são expressas como  $L^2T^{-1}$ , sendo as

unidades mais usuais  $m^2/\text{dia}$ ,  $m^2/\text{hora}$ ,  $m^2/\text{min}$  e  $m^2/\text{s}$ . Entre estas,  $m^2/\text{s}$  e  $m^2/\text{dia}$  são as unidades mais difundidas no meio técnico em geral.

Segundo CABRAL (1997), a transmissividade corresponde à quantidade de água que pode ser transmitida horizontalmente por toda a espessura saturada do aquífero. Pode-se conceituá-la como a taxa de escoamento de água através de uma faixa vertical do aquífero com largura unitária submetida a um gradiente hidráulico unitário.

Em termos práticos, seria a quantidade de água que atravessa uma secção transversal de espessura igual a do aquífero e largura unitária.

A transmissividade pode ser determinada através de teste de aquífero o que na prática produz valores mais fidedignos que a permeabilidade determinada em laboratório devido à retirada da amostra do seu local de origem. A transmissividade varia de menos de 0,50 a 500  $m^2/\text{h}$ .

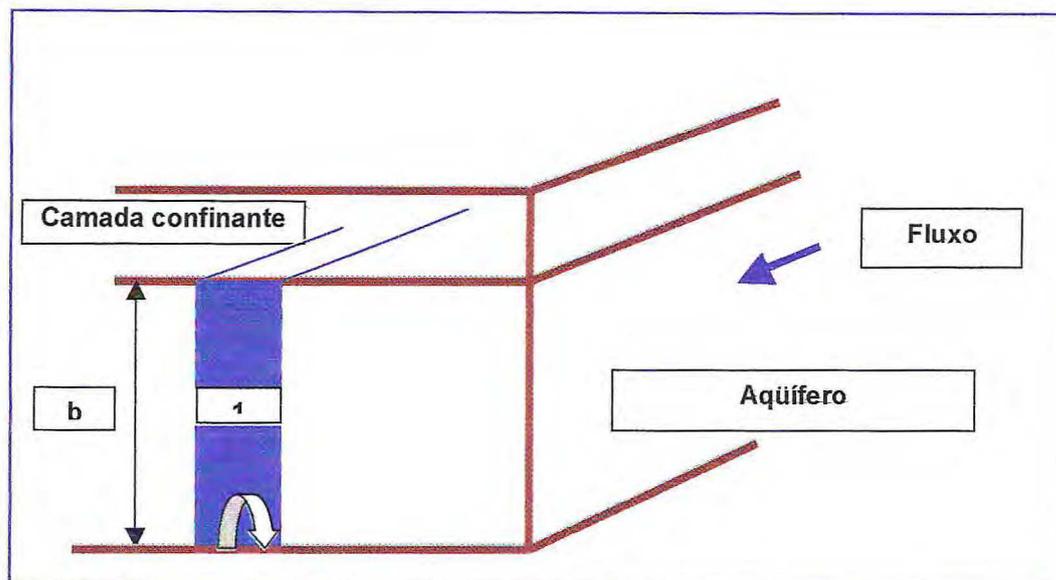


Figura 08– Ilustração mostrando o conceito de transmissividade

Segundo CAVALCANTE (1998), a transmissividade média para o sistema Dunas/Paleodunas corresponde a valores entre 2,37 a 6,98 m<sup>2</sup>/s.

## 7.2 Coeficiente de Armazenamento (S)

O coeficiente de armazenamento (adimensional) é a quantidade de água que flui verticalmente através de uma área horizontal unitária por unidade de rebaixamento. Em outras palavras, no sistema métrico decimal representa o volume de água que flui através de uma área horizontal de 1 m<sup>2</sup> quando o nível de água rebaixa 1 metro. Em aquíferos freáticos, varia de 0,01 a 0,03 e aquíferos artesianos varia de 10<sup>-5</sup> a 10<sup>-3</sup>.

Para a determinação do coeficiente de armazenamento necessita-se de um segundo poço para observação do rebaixamento.

### 7.3 Condutividade Hidráulica (K)

Pode-se dizer, em geral, que a condutividade hidráulica é a habilidade de uma formação em transmitir água (Figura 09). A água, quando inicialmente entra em contato com a formação, tem uma tendência de atender primeiro às forças capilares. A esse volume que fica retido, aderido à superfície dos grãos, chamamos de *Retenção Específica*. Atendidas às forças capilares, o volume que pode ser liberado pela formação e que completa o espaço poroso é chamado de *Vazão Específica*.

Com base na conceituação de transmissividade a condutividade hidráulica fica bem definida como sendo a “*descarga que escoar por uma seção transversal unitária do aquífero por uma variação unitária do gradiente hidráulico*”. Representa a constante de proporcionalidade da Lei de Darcy (K) e suas dimensões são  $LT^{-1}$ , sendo as unidades mais comuns m/dia, m/h, m/min e m/s. Entre estas, m/dia e m/s são as mais comuns.

De acordo com CABRAL (1997), a condutividade hidráulica leva em conta as características do meio, tais como:

- ↪ Porosidade;
- ↪ Tamanho e distribuição das partículas;
- ↪ Formas das Partículas;
- ↪ Arranjo das partículas
- ↪ Viscosidade e massa específica do fluido

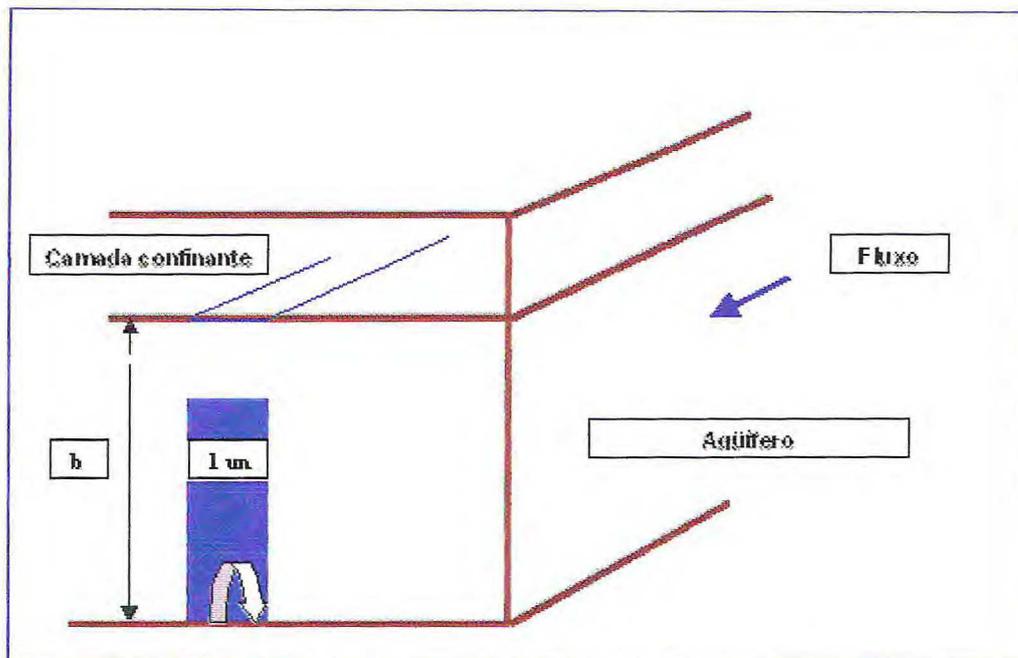


Figura 09 – Ilustração mostrando o conceito de Condutividade Hidráulica

Segundo FEITOSA (1996), o potencial aquífero, em função dos valores médios dos parâmetros hidrodinâmicos, pode ser visto no quadro 03. Deve-se salientar que esta classificação apresentada é muito específica e deve ser adotada com cautela quando for utilizada para a definição das potencialidades hídricas subterrâneas.

Quadro 03 – Potencial aquífero em função dos valores médios dos Parâmetros Hidrodinâmicos

Potencial	Transmissividade (m <sup>2</sup> /s)	Condutividade Hidráulica (m/s)	Coeficiente de Armazenamento	
			Aquífero	
			Livre	Confinado
Baixo	$T < 10^{-3}$	$K < 10^{-5}$	$S < 10^{-5}$	$S < 0,01$
Médio	$10^{-3} < T < 10^{-2}$	$10^{-5} < K < 10^{-4}$	$10^{-5} - 10^{-4}$	$0,02 < S < 0,01$
Alto	$T > 10^{-2}$	$K > 10^{-4}$	$S > 10^{-4}$	$S > 0,02$

Fonte: Feitosa, 1996

A condutividade Hidráulica pode ser expressa em função dos parâmetros do meio e do fluido da seguinte forma:

$$K = \frac{k \cdot \rho \cdot g}{\mu} \quad (02)$$

Onde:

K – condutividade hidráulica [L/T]

k – permeabilidade intrínica do meio poroso [L<sup>2</sup>]

ρ – massa específica

μ – viscosidade absoluta

g – aceleração da gravidade [LT<sup>-2</sup>]

Os dados de condutividade hidráulica, calculados a partir da execução 100 testes de aquíferos realizados na RMF (projeto Monitoramento/Gestão de Água Subterrânea de Micro-Áreas Estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza, COGERH, 2005), podem ser visto no quadro 04.

**Quadro 04 – Valores de Condutividade Hidráulica nos Aquíferos da RMF**

Aquífero	Nº de testes	Valores de Condutividade Hidráulica (cm/s)		
		Mínimo	Máximo	Média
Cristalino	12	1,27 x 10 <sup>-05</sup>	1,46 x 10 <sup>-03</sup>	2,82 x 10 <sup>-04</sup>
Barreiras	68	1,23 x 10 <sup>-05</sup>	1,20 x 10 <sup>-02</sup>	6,79 x 10 <sup>-04</sup>
Paleodunas	9	2,10 x 10 <sup>-04</sup>	2,85 x 10 <sup>-02</sup>	9,69 x 10 <sup>-03</sup>
Dunas	11	1,12 x 10 <sup>-04</sup>	5,29 x 10 <sup>-02</sup>	1,34 x 10 <sup>-02</sup>

Fonte: Projeto Monitoramento/Gestão de Água Subterrânea de Micro-Áreas Estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza, COGERH (2005).

#### **7.4 Capacidade Específica**

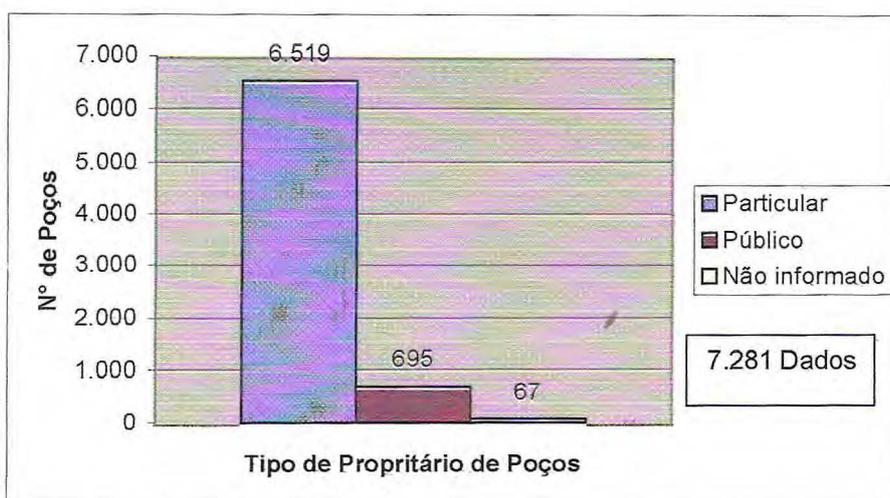
É a vazão do poço por unidade de rebaixamento, usualmente expressa em metros cúbicos por unidade de tempo por metro linear de rebaixamento. Dividindo-se a vazão pelo rebaixamento, ambos verificados no mesmo instante, ter-se-á o valor da capacidade específica. A capacidade específica representa uma medida de eficiência da obra de captação.

## 8. RESULTADOS

Os resultados aqui obtidos tiveram dados originados a partir Projeto intitulado “Monitoramento/Gestão de Água Subterrânea de Micro-Áreas Estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza” realizado pela COGERH (2005) e do monitoramento de 9 poços selecionados através do sistema telemétrico de medição do nível d’água e vazão.

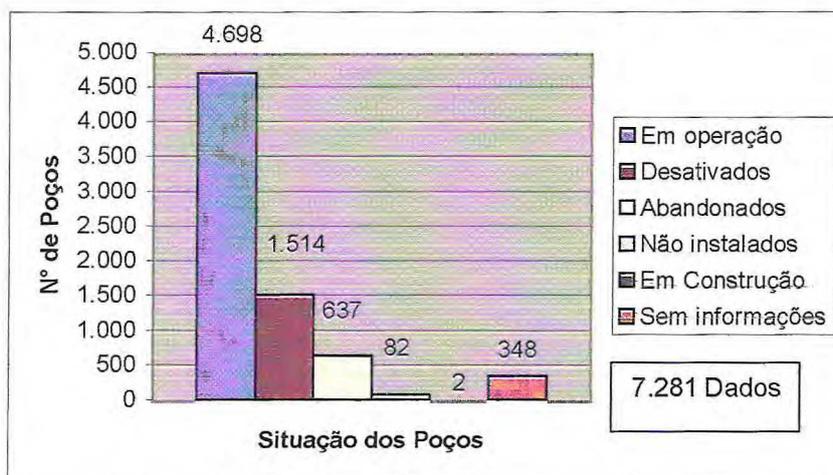
Foi concluído em 2002 um levantamento de informações sobre poços tubulares em empresas públicas (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH, Superintendência de Obras Hidráulicas - SOHIDRA, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Departamento de Obras Contrás as Secas - DNCS e Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE) e privadas (PHD, CAGEO, Terra Perfurações, dentre outras), que gerou um arquivo de dados em planilhas do programa *Microsoft Excel*. Dessa forma, os dados foram consistidos para a elaboração dos gráficos e das bases temáticas.

No total foram cadastrados na RMF 12.704 poços, sendo que em Fortaleza teve-se um número de 7.281 poços, sendo 6.519 particulares, 695 públicos e 67 não informados, conforme figura 10, a seguir.



**Figura 10 – Tipos de Proprietário de Poços**

Quanto à situação em que se encontravam os poços pode-se observar que 4.698 estavam em operação, 1.514 desativados, 637 abandonados, 82 não instalados, 2 em construção e 348 sem informações, conforme figura 11.



**Figura 11 – Situação dos Poços**

Para a classificação dos poços de acordo com sua profundidade e método de perfuração utilizou-se o seguinte critério:

- ↳ PTP – poço tubular profundo (> 20 metros);
- ↳ PTR – poço tubular raso (< 20 metros);
- ↳ PM – poço manual (diâmetro < 4 metros);
- ↳ PA – poço amazonas (diâmetro > 4 metros);
- ↳ PNC – poço não classificado.

Portanto, têm-se 2.451 poços tubulares profundos (PTP), 2.858 poços tubulares rasos (PTR), 980 poços manuais (PM), 9 poços amazonas (PA) e 983 poços não classificados (PNC), como mostrado na figura 12.

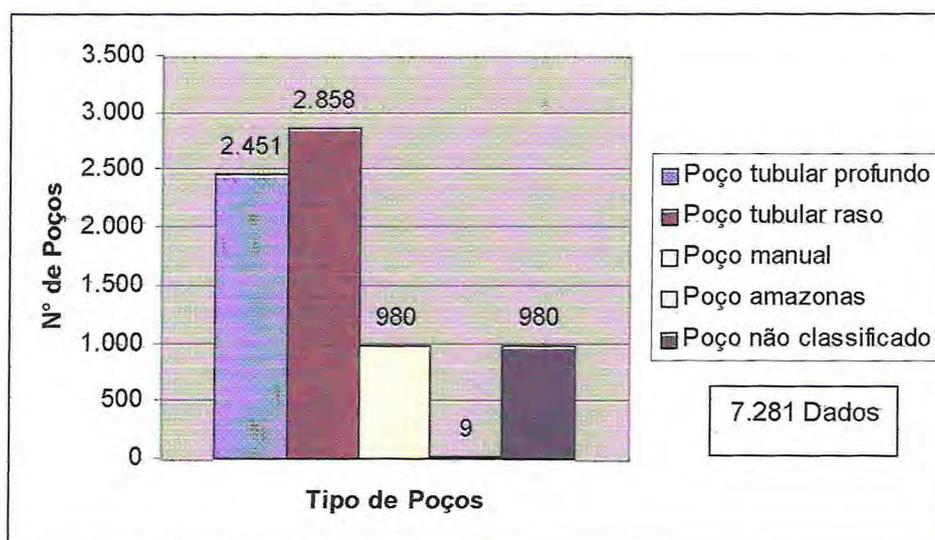
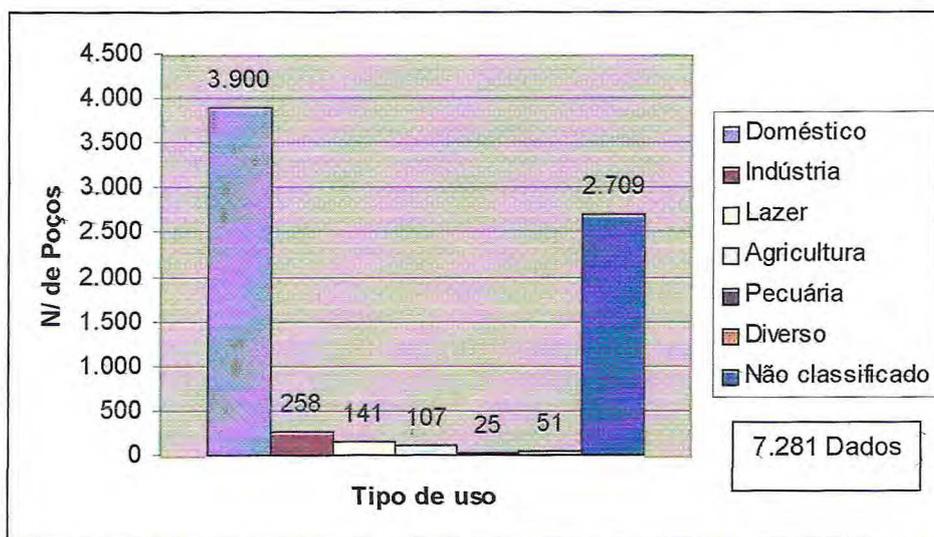


Figura 12 – Tipo de Poços

Com relação aos usos dos poços, ressalta-se que 3.990 eram destinados ao uso doméstico, 258 para indústria, 141 para lazer, 107 para agricultura, 25 para pecuária, 51 destinam-se para diversas funções (dessedetação humana e animal, agricultura, pecuária entre outros) e 2.709 poços não tinham utilização definida, a figura 13 mostra os resultados obtidos.



**Figura 13 – Tipo de Usos**

Foi analisada diariamente a evolução da vazão e nível d'água de nove poços selecionados para uma melhor compreensão dos seus parâmetros hidrogeológicos. Estes poços estão distribuídos uniformemente em relação aos demais, de modo a constituírem uma amostragem representativa da área. Os mesmos captam os aquíferos Dunas/Paleodunas, Barreiras e fissural como visto na figura 14 e no anexo VI. Os dados obtidos de coordenadas geográficas, profundidade, nível estático, nível dinâmico, vazão e capacidade específica podem ser vistos no quadro 05.

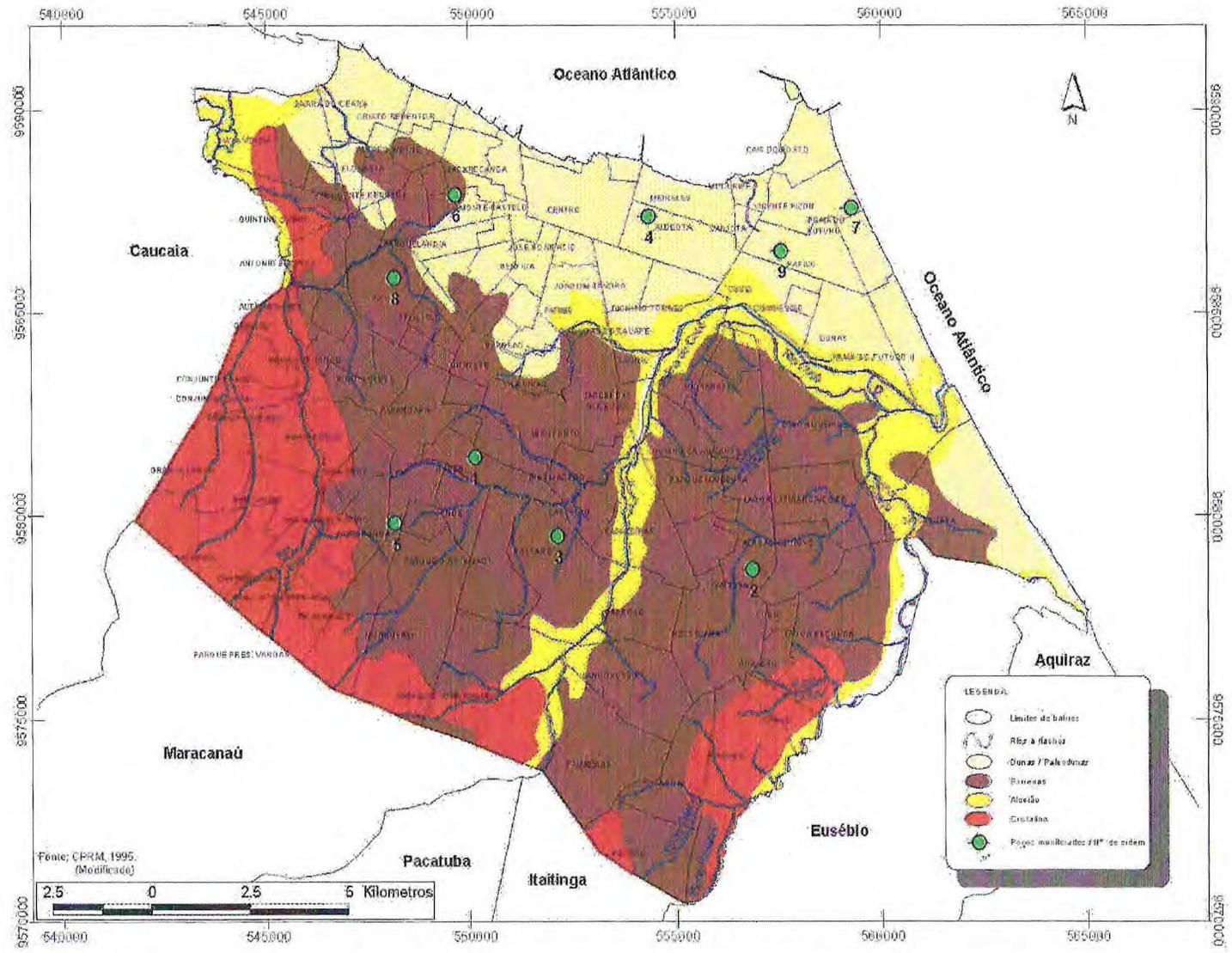


Figura 14 - Poços selecionados do município de Fortaleza, Ceará

**Quadro 05 – Média de Parâmetros Hidrogeológicos dos Poços Selecionados**

Nº do Poço	Local	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	Vazão (m³/h)	Capacidade Específica [(m³/h)/m]
01	Campus UECE	9.518.482	549.631	78,00	8,00	45,00	8,00	0,17
02	SOHIDRA	9.578.650	557.271	56,00	6,00	29,00	11,00	0,37
03	BNB - Passaré	9.579.503	551.913	120,00	7,00	40,00	1,20*	0,03
04	Luísa Távora	9.587.524	554.450	44,00	5,10	11,00	19,80	1,80
05	DETRAN	9.579.817	547.437	80,00	8,80	26,20	17,60	0,67
06	Sgto Hermínio	9.588.070	549.115	50,00	6,00	10,10	2,38*	0,23
07	Clube de Engenharia	9.587.731	560.075	40,00	3,00	9,00	14,40	1,60
08	Campus UFC	9.585.988	547.429	50,00	4,50	17,50	8,0	0,45
09	HGF	9.586.654	558.102	42,00	3,30	9,50	20,80	2,18

**Legenda:** UECE – Universidade Estadual do Ceará; SOHIDRA – Superintendência de Obras Hidráulicas; DETRAN – Departamento de Trânsito; UFC – Universidade Federal do Ceará; HGF – Hospital Geral de Fortaleza; UTM – Universal Transversal de Mercator; Prof. – profundidade; NE – nível estático; ND – nível dinâmico; \* vazão atribuída pelo monitoramento telemétrico.

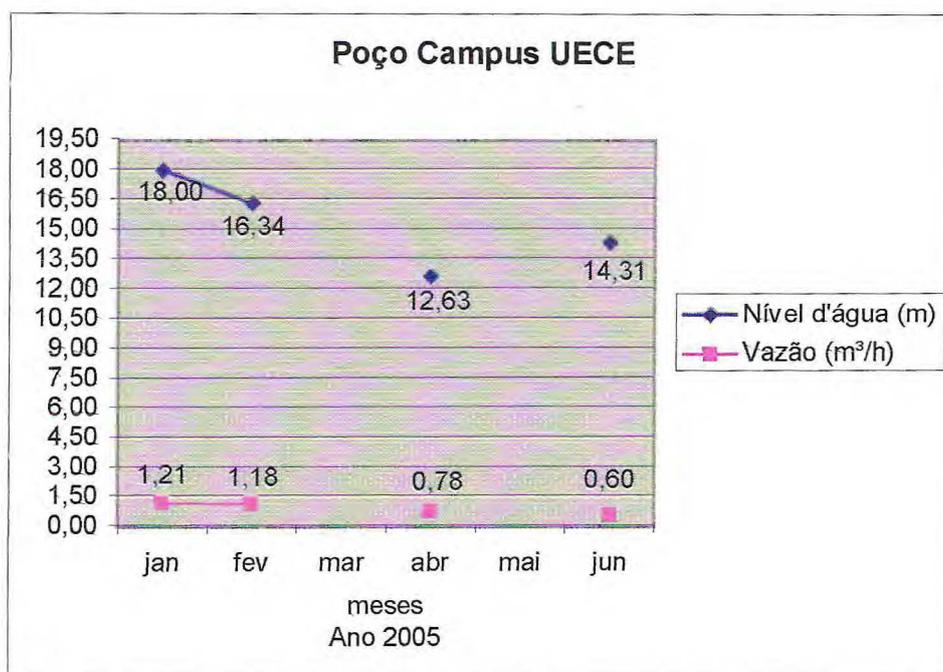
Os dados monitorados de nível d'água e vazão dos nove poços selecionados era para ter sido realizado por todo o período compreendido de Janeiro de 2005 a Janeiro de 2006, entretanto, em determinados meses não foi possível em virtude de quebra ou subtração de alguns dos equipamentos de medida. A seguir são mostrados quadros e gráficos que sintetizam os resultados com valores mínimo, máximo e médio dos parâmetros obtidos através do monitoramento telemétrico.

↳ Poço Campus Uece

Dados do teste de vazão deste poço apontam como sendo de boa qualidade em termos de produção, já que possui vazão de 8,00 m<sup>3</sup>/h, nível estático de 8,00 metros, nível dinâmico de 45,00 metros e capacidade específica de 0,17 [(m<sup>3</sup>/h)/m]. Observa-se que a média máxima do nível d'água não ultrapassa a 18,00 metros ainda no início da quadra chuvosa. Quanto à vazão de produção poderia ser aumentada sem o comprometimento da obra hídrica. O quadro 06 e a figura 15 sintetizam as informações obtidas.

**Quadro 06 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Campus UECE**

Poço Campus UECE								
Meses (2005)	Nº de Dados	Nível D'água (m)			Nº de Dados	Vazão (m <sup>3</sup> /h)		
		Mín	Máx	Méd		Mín	Máx	Méd
<i>Jan</i>	486	7,47	21,17	18,00	486	0,10	1,60	1,21
<i>Fev</i>	133	8,16	21,61	16,34	133	0,30	1,50	1,18
<i>Mar</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Abr</i>	5	10,14	14,01	12,63	5	0,10	1,20	0,78
<i>Mai</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Jun</i>	3	13,43	15,77	14,31	3	0,10	1,20	0,60



**Figura 15** – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Campus UECE

#### ↳ Poço SOHIDRA

Dados do teste de vazão deste poço apontam como sendo de boa qualidade em termos de produção, já que possui vazão de 11,00 m³/h, nível estático de 6,00 metros, nível dinâmico de 29,00 metros e capacidade específica de 0,37 [(m³/h)/m]. Ressalta-se que o nível d'água médio não ultrapassa aos 16,00 metros, assim permanecendo durante todo o ano. Este poço capta água dos aquíferos Barreiras e fissural o que possibilita um incremento na vazão sem o comprometimento do seu rebaixamento. Os resultados são mostrados no quadro 07 e na figura 16.

Quadro 07 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço SOHIDRA

Poço SOHIDRA								
Meses (2005)	Nº de Dados	Nível D'água (m)			Nº de Dados	Vazão (m³/h)		
		Mín	Máx	Méd		Mín	Máx	Méd
Jan	134	15,71	15,95	15,83	134	0,01	4,12	3,31
Fev	154	15,63	15,88	15,77	154	0,04	4,09	3,11
Mar	180	15,52	15,92	15,75	180	0,04	4,07	3,00
Abr	141	15,54	17,03	16,10	141	0,01	4,06	2,74
Mai	156	15,72	16,04	15,83	156	0,02	4,26	2,45
Jun	97	15,56	15,84	15,75	97	0,01	4,12	2,54
Jul	127	15,44	15,74	15,58	127	0,08	4,07	2,97
Ago	208	15,30	15,60	15,44	208	0,02	4,12	3,45
Set	165	15,21	15,43	15,31	165	0,01	4,14	3,38
Out	152	15,22	15,40	15,31	152	0,03	4,11	3,38
Nov	196	15,22	15,49	15,35	196	0,09	4,11	3,32
Dez	174	15,33	15,68	15,53	174	0,18	4,10	3,10

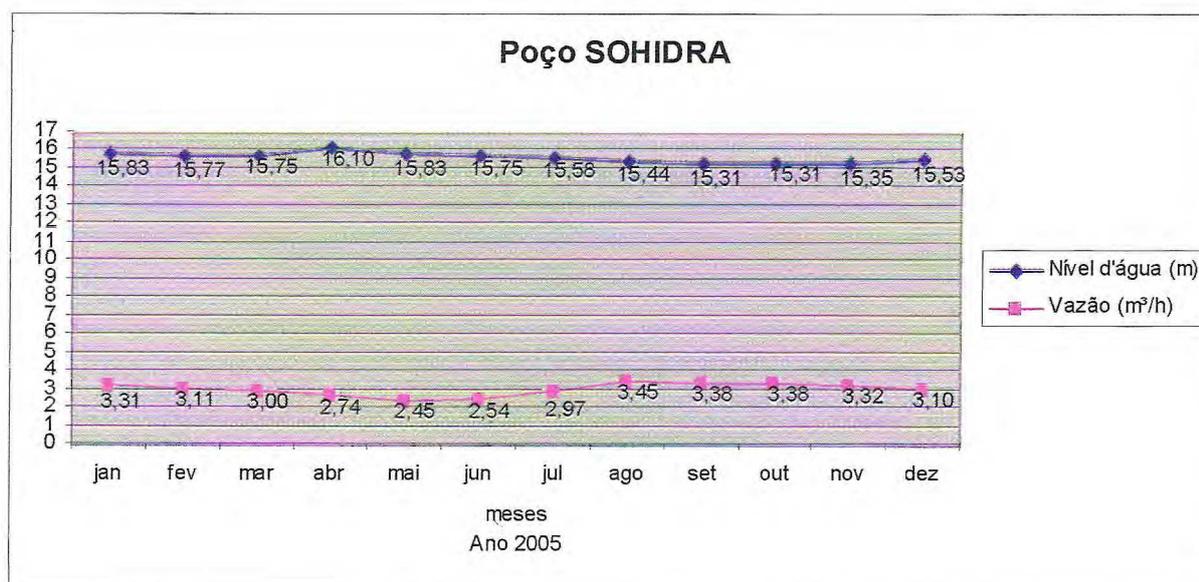


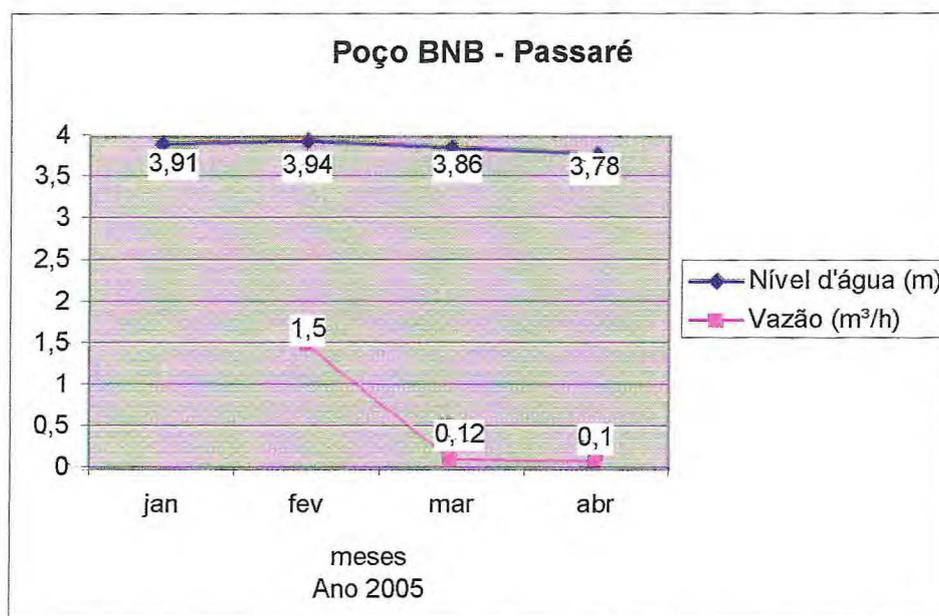
Figura 16 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço SOHIDRA

↳ BNB – Passaré

É um poço com 120,00 metros de profundidade e rebaixamento 33,00 metros, a vazão atual retirada desta captação não compromete, entretanto para vazões maiores é indicado um monitoramento mais apurado e completo. Os resultados são mostrados no quadro 08 e na figura 17.

**Quadro 08 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço BNB - Passaré**

Poço BNB - Passaré								
Meses (2005)	Nº de Dados	Nível D'água (m)			Nº de Dados	Vazão (m³/h)		
		Mín	Máx	Méd		Mín	Máx	Méd
<i>Jan</i>	498	3,34	4,33	3,91	-	-	-	-
<i>Fev</i>	574	3,46	4,64	3,94	6	0,10	0,90	1,50
<i>Mar</i>	742	3,41	4,25	3,86	4	0,10	0,20	0,12
<i>Abr</i>	268	3,39	4,12	3,78	1	0,10	0,10	0,10



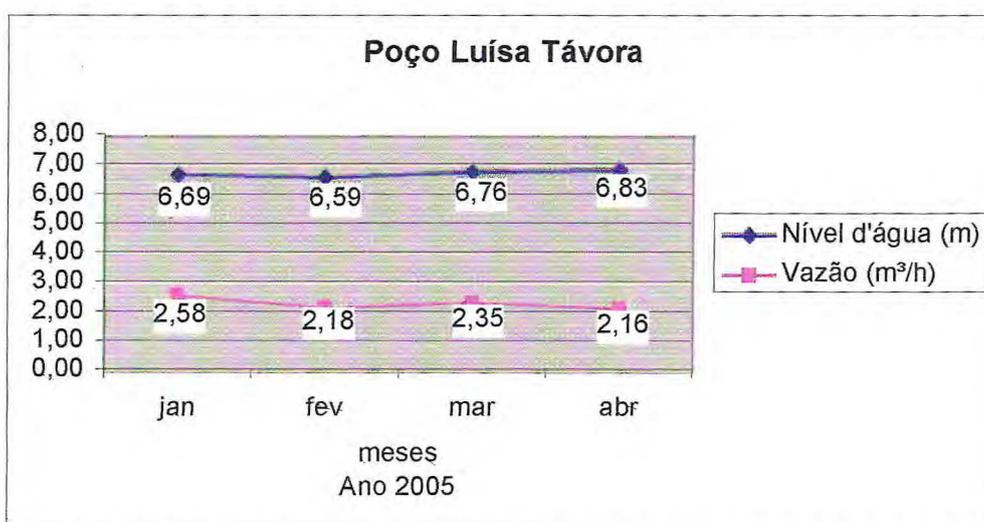
**Figura 17– Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço BNB – Passaré**

↳ Poço Luísa Távora

Este é um poço com poucos dados de observação em virtude da subtração do equipamento, entretanto, observa-se que sua vazão (entre 2,16 e 2,58 m<sup>3</sup>/h) e o nível d'água (entre 6,59 e 6,76 metros) é praticamente constante nos meses de estação chuvosa, onde notadamente há a recarga do aquífero Dunas/Paleodunas onde se encontra o poço. No quadro 09 e na figura 18 são vistos os resultados.

**Quadro 09 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Luísa Távora**

Poço Luísa Távora								
Meses (2005)	Nº de Dados	Nível D'água (m)			Nº de Dados	Vazão (m <sup>3</sup> /h)		
		Mín	Máx	Méd		Mín	Máx	Méd
<i>Jan</i>	192	6,08	6,92	6,69	194	0,10	4,20	2,58
<i>Fev</i>	179	4,26	7,11	6,59	179	0,10	3,50	2,18
<i>Mar</i>	274	5,58	7,35	6,76	274	0,10	3,50	2,35
<i>Abr</i>	70	6,03	6,94	6,73	70	0,10	2,80	2,16



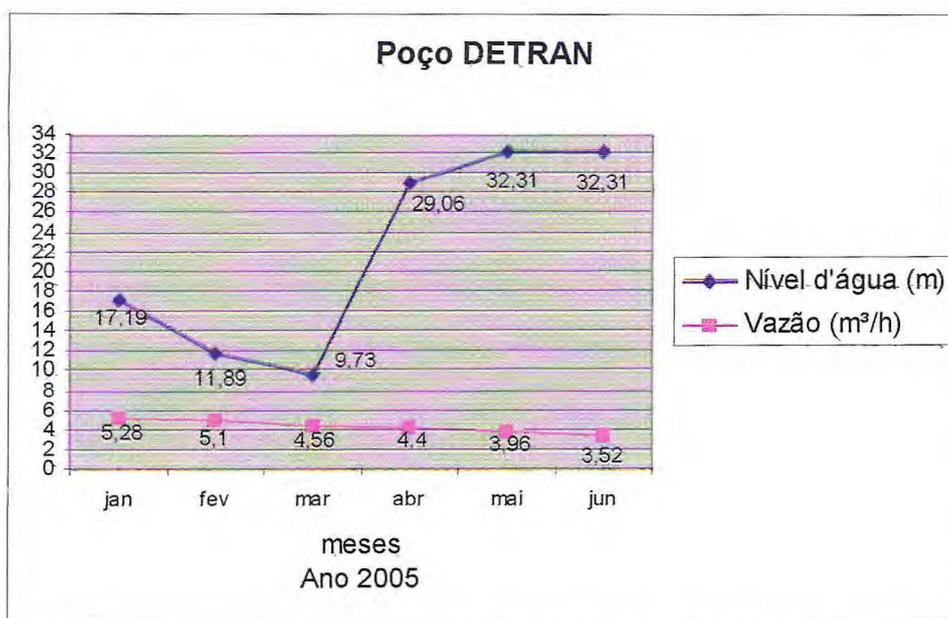
**Figura 18 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Luísa Távora**

↪ Poço DETRAN

Dados do teste de vazão deste poço apontam como sendo o melhor em termos de produção, já que possui vazão de 17,60 m<sup>3</sup>/h, nível estático de 8,80 metros, nível dinâmico de 26,20 metros e capacidade específica de 0,67 [(m<sup>3</sup>/h)/m]. Observa-se, entretanto, que no início da quadra seca o poço tende a ter seu nível d'água aprofundado. Quanto à vazão de produção poderia ser aumentada com o monitoramento regular para o não comprometimento da obra hídrica. O quadro 10 e a figura 19 mostram os resultados alcançados.

**Quadro 10 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço DETRAN**

Poço DETRAN								
Meses (2005)	N° de Dados	Nível D'água (m)			N° de Dados	Vazão (m <sup>3</sup> /h)		
		Mín	Máx	Méd		Mín	Máx	Méd
<i>Jan</i>	442	7,29	30,05	17,19	442	0,10	6,50	5,28
<i>Fev</i>	515	7,29	30,30	11,89	515	515	0,10	6,80
<i>Mar</i>	607	7,29	30,36	9,73	0,10	607	5,80	4,56
<i>Abr</i>	517	7,29	32,30	29,06	517	0,10	5,60	4,40
<i>Mai</i>	677	32,30	32,30	32,31	677	0,10	4,80	3,95
<i>Jun</i>	162	32,30	32,30	32,31	162	0,10	4,60	3,52



**Figura 19** – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço DETRAN

#### ☞ Poço Sgto Hermínio

Este é um poço comunitário que atende a população de diversos bairros com água de boa qualidade em termos bacteriológico e físico-químico, segundo análises realizadas pela Prefeitura Municipal de Fortaleza. Durante todo o ano seu nível d'água permanece em torno de 11,00 metros para uma vazão média de 2,30 m³/h. Ressalta-se que existe uma recarga bem após a quadra invernal, o que pode ser explicado pelo fato do poço captar o aquífero Barreiras e este poderá ter recarga do tributário do rio Maranguapinho, de caráter influente, que passa no seu entorno. Sugere-se uma melhor investigação nas direções de linhas de fluxos do aquífero. O quadro 11 e a figura 20 mostram os resultados.

Quadro 11 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Sgto Hermínio

Poço Sgto Hermínio								
Meses (2005)	N° de Dados	Nível D'água (m)			N° de Dados	Vazão (m³/h)		
		Mín	Máx	Méd		Mín	Máx	Méd
Jan	212	7,64	12,39	11,13	212	0,10	3,00	2,28
Fev	278	7,62	11,97	11,13	278	0,10	2,70	2,27
Mar	345	7,63	11,93	11,00	345	0,10	2,27	2,27
Abr	307	6,73	11,41	10,37	307	0,10	2,70	2,30
Mai	322	6,43	11,28	10,12	322	0,10	2,80	2,32
Jun	163	6,09	11,27	9,78	163	0,20	3,00	2,24
Jul	161	6,60	11,31	10,24	161	0,10	2,90	2,40
Ago	207	6,87	11,56	10,64	207	0,10	2,80	2,41
Set	61	7,15	11,48	10,64	61	0,40	2,80	2,35
Out	522	6,86	11,95	9,08	-	-	-	-
Nov	636	7,00	12,06	9,22	-	-	-	-
Dez	462	7,14	12,28	11,86	-	-	-	-

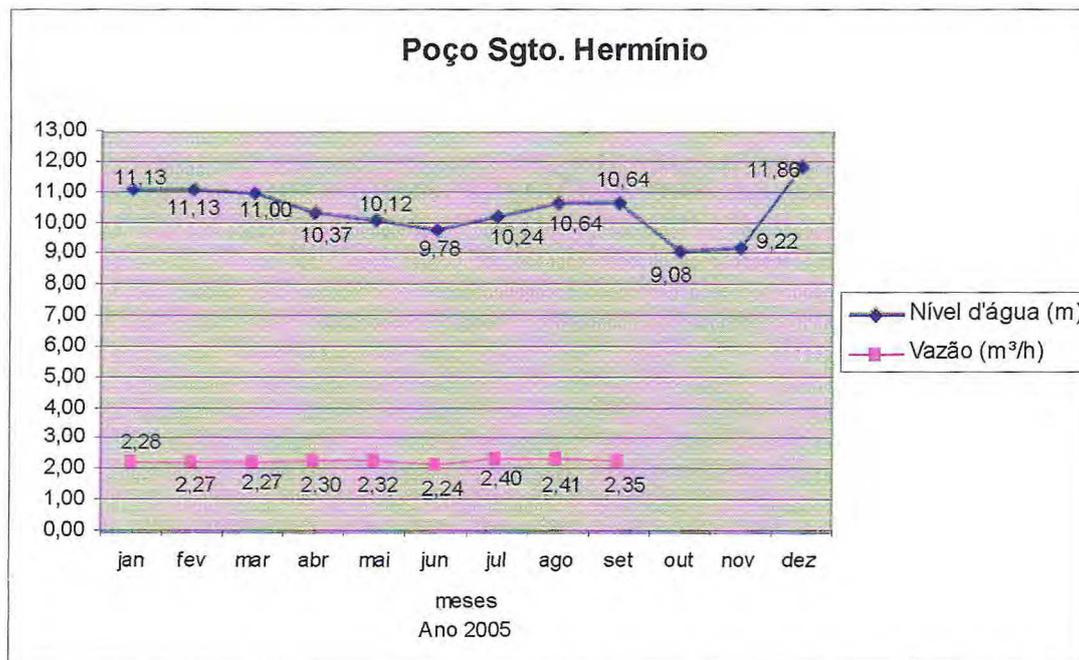


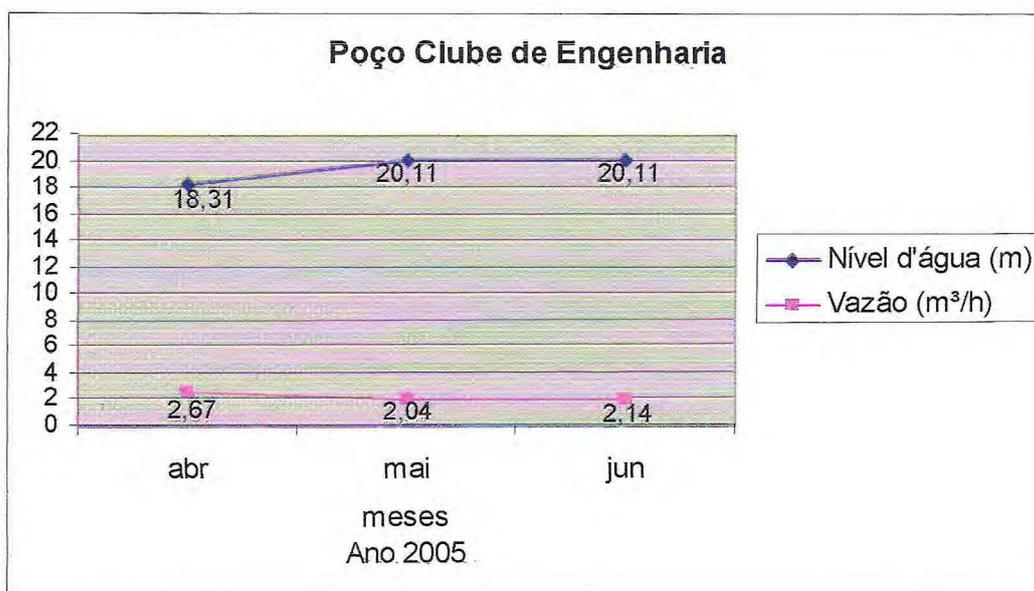
Figura 20 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Sgto Hermínio

#### ↳ Poço Clube de Engenharia

Neste poço não foi possível o monitoramento anual, porém, existe uma preocupação com a profundidade média do nível d'água que é bastante acentuada (20,11 metros), uma vez que o teste de vazão aponta um nível dinâmico de apenas 9,00 metros. O poço possui 25,00 metros de filtro, profundidade de 40,00 metros e ainda capta o aquífero Dunas/Paleodunas, além de ter uma recarga pluviométrica direta. Sugere-se uma inspeção técnica na obra de captação sob pena de danificar a bomba instalada no poço e também observar a validade das informações obtidas no teste de vazão e/ou na transmissão de dados e, também apurar se há alguma interferência de outros poços quando estão em bombeamento. Os dados podem ser visto no quadro 12 e na figura 21.

**Quadro 12 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Clube de Engenharia**

Poço Clube de Engenharia								
Meses (2005)	Nº de Dados	Nível D'água (m)			Nº de Dados	Vazão (m³/h)		
		Mín	Máx	Méd		Mín	Máx	Méd
<b>Abr</b>	93	1,23	20,11	18,31	93	0,10	7,40	2,67
<b>Mai</b>	157	20,11	20,11	20,11	157	0,10	6,10	2,04
<b>Jun</b>	49	20,11	20,11	20,11	49	0,10	5,90	2,14



**Figura 21**– Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço Clube de Engenharia

#### ↳ Poço Campus UFC

O teste de vazão desse poço indica uma vazão de 8,00 m³/h, um número superior do que se é explotado atualmente (média de 4,16 m³/h), o nível d'água permanece numa certa constância, é possível que este aquífero (Barreiras) esteja tendo uma recarga do açude da UFC, localizado no entorno da obra de captação. Seria possível aumentar sua produção, sem comprometimento, caso a demanda exigisse. Os dados podem ser vistos no quadro 13 e na figura 22.

Quadro 13 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço UFC

Poço Campus UFC								
Meses (2005)	Nº de Dados	Nível D'água (m)			Nº de Dados	Vazão (m³/h)		
		Mín	Máx	Méd		Mín	Máx	Méd
Jan	68	4,94	6,32	5,94	68	0,10	5,00	3,80
Fev	108	5,29	6,23	6,03	108	0,10	5,10	4,08
Mar	172	4,76	6,17	5,95	172	0,10	5,50	3,98
Abr	166	4,54	5,86	5,49	166	0,10	5,50	4,57
Mai	158	3,65	5,91	4,87	158	0,10	5,70	4,58
Jun	100	3,89	5,18	4,84	100	0,20	5,70	4,68
Jul	136	4,22	5,56	5,23	136	0,10	5,50	4,49
Ago	222	4,57	5,81	5,51	222	0,10	5,60	4,46
Set	130	4,89	9,32	5,64	130	0,10	5,40	3,74
Out	138	5,09	6,04	5,78	138	0,10	5,20	3,85
Nov	59	5,44	6,04	5,91	59	0,10	8,10	3,87
Dez	132	5,41	6,05	5,97	132	0,10	5,30	3,86

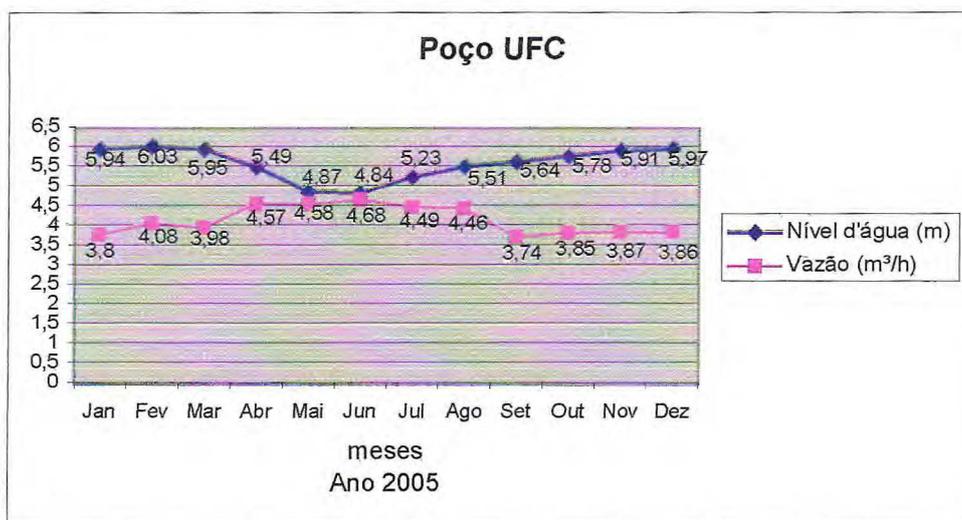


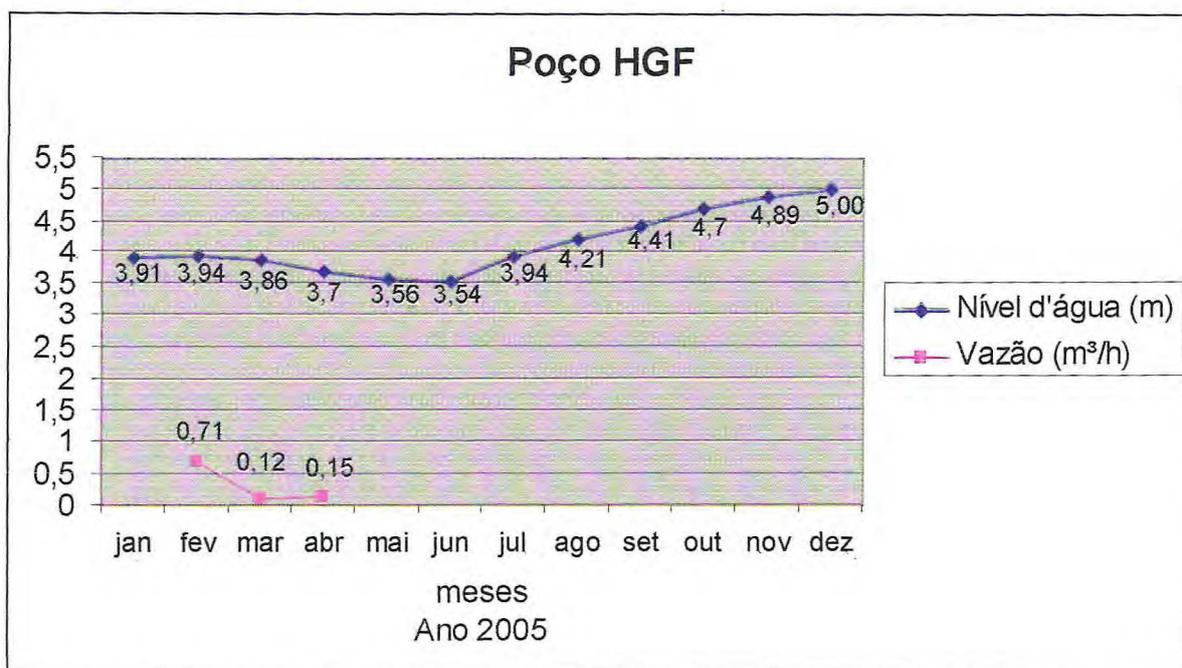
Figura 22 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço UFC

↳ Poço HGF

Este poço é o de melhor vazão (20,00 m<sup>3</sup>/h) dentre os monitorados; entretanto, é pouco explotado (máximo de 0,71 m<sup>3</sup>/h). Seu nível d'água não ultrapassa a 5,00 metros, talvez seja pelas condições favoráveis, de transmissividade e condutividade hidráulica, imposta ao aquífero dunas. Os resultados podem ser visto no quadro 14 e figura 23.

**Quadro 14 – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço HGF**

Poço HGF								
Meses (2005)	N° de Dados	Nível D'água (m)			N° de Dados	Vazão (m <sup>3</sup> /h)		
		Mín	Máx	Méd		Mín	Máx	Méd
<i>Jan</i>	498	3,34	4,33	3,91	-	-	-	-
<i>Fev</i>	576	3,46	4,64	3,94	576	0,10	0,90	0,71
<i>Mar</i>	744	3,41	4,25	3,86	744	0,10	0,20	0,12
<i>Abr</i>	636	3,18	4,12	3,70	636	0,10	0,20	0,15
<i>Mai</i>	702	3,15	4,02	3,56	-	-	-	-
<i>Jun</i>	384	3,21	3,89	3,54	-	-	-	-
<i>Jul</i>	450	3,41	4,38	3,94	-	-	-	-
<i>Ago</i>	666	3,86	4,61	4,21	-	-	-	-
<i>Set</i>	546	4,08	4,93	4,41	-	-	-	-
<i>Out</i>	522	4,38	5,00	4,70	-	-	-	-
<i>Nov</i>	636	4,60	5,90	4,89	-	-	-	-
<i>Dez</i>	168	4,71	5,29	5,00	-	-	-	-



**Figura 23** – Resultados de Nível D'água e Vazão do Poço HGF

No decorrer do ano de 2005 houve o monitoramento por sistema telemétrico de 9 poços, ressalta-se que foram medidos o nível d'água e vazão numa periodicidade de uma hora e que os valores inconsistentes foram desconsiderados para efeitos de cálculos.

De acordo com os resultados alcançados, temos que o nível d'água médio jamais alcançou o nível dinâmico preconizado pelos testes de vazão realizados na época de construção dos mesmos, com exceção dos poços DETRAN, Sgto Hermínio e Clube de Engenharia, onde se tem níveis d'água de 32,31, 11,00 e 20,00 metros, respectivamente, e níveis dinâmicos de 26,20, 10,10 e 9,00 metros, respectivamente. Sabe-se, portanto, que o nível d'água máximo não deve ultrapassar o nível dinâmico de

um poço. Portanto, é possível que exista um erro de dados do equipamento telemétrico ou que o teste de vazão não tenha sido executado corretamente. Com relação a valores anuais de todos os poços, observa-se que o nível d'água médio é 11,50 metros, o menor nível d'água é 3,87 metros (Poço BNB - Passaré) e o maior é 22,08 metros (Poço DETRAN).

A vazão explorada dos 9 poços monitorados estão sub-dimensionadas em todos eles, no poço HGF, por exemplo, se explora apenas 1% da sua vazão de produção recomendada. Os demais poços poderão ter suas vazões aumentadas sem o comprometimento da obra de captação, pois não há um rebaixamento acentuado, não obstante, um monitoramento mais efetivo não seria por demais. A vazão anual média é de 2,30 m<sup>3</sup>/hora, maior vazão é 4,75 m<sup>3</sup>/h (Poço DETRAN) e a menor vazão é 0,32 m<sup>3</sup>/hora (Poço HGF).

Em geral, verifica-se que ocorre recarga do aquífero por pluviometria direta nos meses de abril, maio e junho, durante e posteriormente à quadra chuvosa, como se observa pela elevação do nível d'água nos poços Campus UECE, SOHIDRA, Sgto Hermínio, UFC e HGF. Outrossim, as águas superficiais (por exemplos rios e açudes) e as águas subterrâneas (aquíferos) não são necessariamente recursos independentes. Em muitos casos podem existir ligações entre corpos de água superficial e subterrânea. Exemplifica-se o poço Sgto Hermínio onde sua flutuação do nível d'água é muito pequena, isso pode ser justificado pela presença de um tributário do Rio Maranguapinho, distando cerca de 350 metros, que poderá ter um caráter influente em

relação ao poço, ou seja, o aquífero poderá ter uma recarga de origem fluvial sazonalmente, mais precisamente nos meses de outubro e novembro. É relevante uma investigação mais apurada sobre a possível recarga do aquífero através do tributário, pois se sabe que as águas superficiais nessa região estão comprometidas com a contaminação por efluentes domésticos, conseqüentemente, o aquífero poderá ser também contaminado já que o mesmo é constituído pelos sedimentos do Barreiras.

Para a elaboração das bases temáticas se trabalhou com parâmetros de nível estático, vazão e profundidade de 1.281 poços cadastrados no município de Fortaleza, que foram consistidos e armazenados em um arquivo de dados no *software Excel MS-Office 2000*. Posteriormente, estes dados foram interpretados e analisados com o *software Surfer for Windows (versão 8.0)* para a elaboração das isolinhas baseadas nos valores dos parâmetros investigados. Assim sendo, foram elaboradas três bases temáticas fundamentadas em zonas (anexos I, II e III), que são descritas a seguir.

#### ↳ **Base Temática de Nível Estático**

Para elaboração dessa base temática utilizou-se 1.991 dados de níveis estáticos. Os valores de nível estático mais raso (6,00 metros) se encontram nas porções norte e leste da área em apreço, o que corresponde exatamente ao aquífero Dunas/Paleodunas. Nesse contexto, os poços são construídos manualmente com trados e não seguem, em geral, os critérios técnicos construtivos adotados pela Associação brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Nas demais porções da base temática o nível estático tende a aumentar, com valores médios de 8,60 metros na

porção central, correspondente ao aquífero Barreiras ou, ainda mais, 15,00 metros na porção sudoeste onde predomina as rochas do embasamento cristalino (anexo I).

#### ↳ **Base Temática de Vazão**

Para classificar os poços de acordo com sua vazão baseou-se em o que diz a legislação estadual sobre recursos hídricos (Decreto nº 23.068 de 11/02/1994 da SRH – Da Classificação do Poço – Quanto à vazão nominal de teste): Pequena vazão – inferior, a 2 m<sup>3</sup>/h; Média vazão – entre 2,00 a 5,00 m<sup>3</sup>/h; Grande vazão – maior que 5,00 m<sup>3</sup>/hora.

Nessa base temática utilizou-se 1.227 dados de vazões, observa-se, em geral, que os poços classificados como sendo de média vazão (2,00 – 5,00 m<sup>3</sup>/h) estão dispersos em toda a área de pesquisa, mais especificamente captando o aquífero Barreiras e Fissural. Ressalta-se, que poços com pequenas vazões (menor que 2,00 m<sup>3</sup>/h) são encontrados na porção norte, nordeste e leste da área, não porque captam o aquífero Dunas/Paleodunas, mas sim, por serem poços rasos (até 20,00 metros) construídos de modo artesanal e que não são projetados para a produção de grandes vazões (anexo II).

#### ↳ **Base Temática de Profundidade**

Para classificar os poços de acordo com sua profundidade baseou-se no que diz a legislação estadual sobre recursos hídricos (Decreto nº 23.068 de 11/02/1994 da SRH – Da Classificação do Poço – Quanto à profundidade): Poço Raso – profundidade inferior,

ou igual, a 20 metros; Poço Medianamente Profundo: profundidade entre 20 a 50 metros; Poço Profundo: Profundidade superior a 50 metros.

Para elaboração dessa base temática utilizou-se 4.940 dados de profundidades, em geral, predominam-se poços classificados como medianamente profundos (entre 20,00 e 50,00 metros), são poços construídos no sistema sedimentar Dunas/Paleodunas e Barreiras. Poços rasos (profundidade menor que 20,00 metros) são observados nos setores norte e leste da base, esses são construídos no sistema aquífero Dunas/Paleodunas que possui uma espessura saturada entre 10,00 a 25,00 metros. O nível estático dessas obras de captação é da ordem de 6,00 metros o que favorece a construção de tais poços nesse contexto (anexo III). Poços profundos (acima de 50,00 metros) são observados no setor nordeste da área, no bairro denominado Santa Teresinha, nesse local são encontradas dunas que atingem uma altura máxima de 70,00 metros, assim sendo, poços construídos nesse litótipo são de maior profundidade para poder captar o aquífero Dunas/Paleodunas. Ressalta-se que poços profundos construídos bem próximos ao mar, como visto na porção nordeste mais extrema, são desaconselháveis devido ao possível avanço da cunha salina, que conseqüentemente poderá causar a contaminação do aquífero.

## 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O município de Fortaleza abrange uma área de 313,8 km<sup>2</sup>, no qual possui problemas de abastecimento de água, principalmente nos períodos de estiagem, quando o governo estadual implementa planos emergenciais através da construção de poços, adutoras e canais.

Aproximadamente 80% do município de Fortaleza está assentado sobre formações sedimentares, quais são, Dunas/Paleodunas, Barreiras e Aluviões que constituem unidades aquíferas mais importantes. Quando se tem longo período de escassez de água, têm como consequência uma profusão na construção de poços tubulares para suprir a demanda hídrica. Porém, a falta de critérios técnicos na construção desses poços, associada ao desconhecimento da hidrogeologia local, aumenta o risco de ser ter uma obra de engenharia geológica com baixa vazão de produção.

Em termos da hidrogeologia foram definidos: o Meio Cristalino fissural e o sistema aquífero sedimentar (Dunas/Paleodunas, Barreiras e aluvião) que abastecem, através de poços tubulares e cacimbas, cerca de 14% (347.000 habitantes) da população do município.

O Meio Cristalino Fissural somente funciona como aquífero quando ocorre em sistema de fraturas e fendas interconectadas e associadas a uma zona de recarga. Os poços encontrados nesse meio fissural possuem profundidades variando de 50,0 a 60,0

metros com vazões médias de 2,0 a 3,0 m<sup>3</sup>/hora. Nesse contexto, as baixíssimas porosidade e condutividade hidráulica contribuem para um reduzido potencial produtivo.

O Sistema Dunas/Paleodunas (32%) possui a melhor vocação aquífera, pois nele são armazenados os maiores volumes de água subterrânea. Representa um aquífero livre, captado por poços tubulares rasos, com profundidades inferiores a 20,0 metros. Possui vazões médias de 6,0 m<sup>3</sup>/h, podendo alcançar, localmente, até 13,0 m<sup>3</sup>/hora.

O Sistema Barreiras (38%) representa, localmente, um aquífero livre, com características regionais de semi-confinamento em função dos níveis argilosos. Possui significativa importância para o contexto, pois apesar de produzir pequenas vazões, entre 1,0 a 3,0 m<sup>3</sup>/h, é imprescindível para a população que explora suas águas subterrâneas, representando um recurso hídrico alternativo e estratégico com poços com profundidades de até 50,0 metros.

As Aluviões assumem grande importância no contexto hídrico da região, a qual cresce quando se verifica que é ao longo desses vales que se concentram as maiores densidades demográficas, aumentando a demanda por água. Entretanto, não é comum a construção de poços tubulares para a captação de água subterrânea.

Na análise sobre o cadastro de poços realizado pelo projeto intitulado “Monitoramento/Gestão de Água Subterrânea de Micro-Áreas Estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza” realizado pela COGERH (2005) pode-se elencar as

seguintes informações sobre as obras de captação: No total foram cadastrados em Fortaleza 7.281 poços, sendo 6.519 particulares, 6.519 particulares, 695 públicos e 67 sem informação.

Da situação de 6.913 poços com dados concretos (até 2002), 4.698 estavam em plena operação, 1.514 não estavam em operação, 637 abandonados, 82 não instalados, 2 em construção e 348 sem informações.

Na classificação dos poços de acordo com sua profundidade e método de perfuração, têm-se 2.451 poços tubulares profundos (PTP), 2.858 poços tubulares rasos (PTR), 980 poços manuais (PM), 9 poços amazonas (PA) e 983 poços não classificados (PNC).

Com relação à utilização dos poços, ressalta-se que 3.990 eram destinados ao uso doméstico, 258 para indústria, 141 para lazer, 107 para agricultura, 25 para pecuária, 51 destina-se para diversas funções (dessedentação humana e animal, agricultura, pecuária entre outros) e 2.709 poços não tinham utilização definida.

Com relação ao sistema telemétrico de transmissão de dados de nível d'água e vazão dos poços é de grande relevância para o monitoramento e gestão dos aquíferos estudados, onde, aliado aos estudos específicos, é uma ferramenta necessária para a caracterização hidrogeológica e avaliação de cenários futuros de utilização das águas subterrâneas do município de Fortaleza. Entretanto, nada disso valerá a pena se não houver a necessária manutenção preventiva e operação correta dos equipamentos do

sistema telemétrico.

De acordo com o monitoramento telemétrico dos 9 poços selecionados temos que o nível d'água médio é 11,50 metros e a vazão média é de 2,30 m<sup>3</sup>/hora. O menor nível d'água é 3,87 metros (Poço BNB - Passaré) e o maior é 22,08 metros (Poço DETRAN). A maior vazão é 4,75 m<sup>3</sup>/h (Poço DETRAN) e a menor vazão é 0,32 m<sup>3</sup>/hora (Poço HGF).

Ressalta-se, de maneira geral, que atualmente alguns poços estão sendo sub-utilizados em termos de vazão, pode-se até, em determinados casos, aumentar esta vazão sem o comprometimento do aquífero, a exemplo dos poços SOHIDRA, DETRAN, Clube de Engenharia, Campus UFC e HGF.

Com o monitoramento por telemetria foi possível observar recarga em alguns poços no decorrer do ano pesquisado, observa-se recarga pluviométrica direta nos poços Campus UECE e HGF; é possível uma recarga por águas superficiais nos poços Sgto Hermínio e UFC.

Recomenda-se a fiscalização, pelas autoridades competentes, da construção de poços, fazendo valer as recomendações preconizadas pela ABNT, no que concerne às etapas de locação, perfuração, completação, desenvolvimento e teste de vazão da obra.

Apesar da existência de uma legislação estadual básica concernente aos recursos

hídricos, é oportuna atualização de leis e ou decretos sobre as águas subterrâneas, que possibilitam o uso racional e a preservação desse recurso hídrico estratégico à população.

O monitoramento quantitativo e qualitativo dos aquíferos é indispensável para a garantia de que teremos no futuro água subterrânea para beber.

As considerações realizadas no decorrer desta pesquisa se justificam pela importância, pois permitem contribuir de maneira a melhorar a qualidade de vida das pessoas no tocante aos recursos hídricos.

## 10. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – 2006 – Projeto de poço para captação de água subterrânea (NB 12.212) e Construção de poço tubular profundo para captação de água subterrânea (NB 12.244).

BELTRÃO & MANOEL FILHO J. – 1973 – Abastecimento de água da área metropolitana de Fortaleza – CE. SUDENE. Série Hidrogeológica 44, Recife – PE. 294 p.

BIANCHI, L.; PADILHA, M. W. M.; TEIXEIRA, J. E. M. – 1984 – Recursos de água subterrânea na região metropolitana de Fortaleza. Fatores condicionantes. In: Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos na RMF – Fase I. Fortaleza – CE. 189 p.

CABRAL, J. J. S. P. – 1995 – Movimento das águas. In: Hidrogeologia: conceitos e aplicações. FEITOSA, F. A. C. & Manuel Filho, J. (Organizadores) CPRM, LABIHID – UFPE, 1997. Fortaleza – CE. P. 35 – 51.

CAMPOS, L. A. S. & MENEZES, M. A. S. – 1983 – Pesquisa de aproveitamento de água subterrânea para abastecimento urbano nas dunas costeiras do Ceará. II Congresso Brás. de Águas Subterrâneas. ABAS. ANAIS. Salvador – BA. P. 29 – 42.

CAVALCANTE, I. N. – 1998 – Fundamentos hidrogeológicos para gestão integrada de recursos hídricos na região metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Tese de Doutorado. IG/USP. São Paulo. 164 p.

CAVALCANTE, I. N.; VERÍSSIMO, L. S. & REBOUÇAS, A. C. – 2000 – Aspectos qualitativos das águas subterrâneas na região metropolitana de Fortaleza. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. ANAIS. ABAS. Salvador – BA. 11 p.

CEARÁ – Secretaria dos Recursos Hídricos – Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Diagnóstico. v. 1. Fortaleza – CE.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. – 2001 – Plano de gerenciamento de águas das bacias metropolitanas. Edição em CD ROM. Fortaleza-CE.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – 2006 – Sistema de monitoramento/gestão de micro-áreas estratégicas da região metropolitana de Fortaleza. Relatório final do projeto. 7 volumes. Fortaleza – CE.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil) – 1994 – 1985 – Projeto Fortaleza.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil) – 1998 – Programa Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará. Edição em CD ROM. Fortaleza – CE.

FEITOSA, F. A. C. – 1996 – Testes de aquíferos e testes de produção: conceitos e noções de interpretação. *In*: Curso “Aspectos Básicos da Hidrogeologia e Prospecção de Zonas Aquíferas”. Fortaleza: UFC-SRH.

FERNANDES, R. A. – 2005 – Critérios gerais orientadores para definição e caracterização de áreas estratégicas de abastecimento. Tese de Doutorado. UFMG. Belo Horizonte – MG. 307 p.

GOMES, M. C. – 2006 – Qualidade das águas subterrâneas e superficiais no campus universitário do Pici. Relatório de Graduação. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE.

HIRATA, R. C. – 2000 – Recursos Hídricos. *In*: Decifrando a Terra. TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.. Oficina de Texto/USP. p: 421 – 444.

IBGE – 2006 – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. Rio de Janeiro.

IPLANCE – Fundação Instituto de Planejamento do Ceará – 1998. Anuário estatístico do Estado do Ceará. Governo do Estado do Ceará. Secretaria do Planejamento e

Coordenação – SEPLAN. CD ROM. Fortaleza – CE.

MEDEIROS, F. W. & Lemos, E. C. L. – 2006 – Águas subterrâneas e as doenças de veiculação hídrica. Área piloto. Bairros Bom Jardim e Granja Portugal, município Fortaleza – CE. Relatório de Graduação. DEGEO/UFC Fortaleza – CE.

QUESADO, Jr. N. & CAVALCANTE, I. N. – 2000 – Hidrogeologia do município de Fortaleza, Ceará – Brasil. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALHSUD/IAH. CD ROM ANAIS. Fortaleza – CE.

QUESADO, Jr. N. – 2001 – Contribuição da hidrogeologia à problemática das doenças de veiculação hídrica em Fortaleza, Ceará. Dissertação de Mestrado. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. 117 p.

THEIS, C. V. – 1935 – The lowering of the piezometer surface and the rate and discharge of a well using ground-water storage. Transactions, American Geophysical Union, 16:519-24.

## **ANEXOS**

**ANEXO I** – Base Temática de Nível Estático

**ANEXO II** – Base Temática de Vazão de Poços

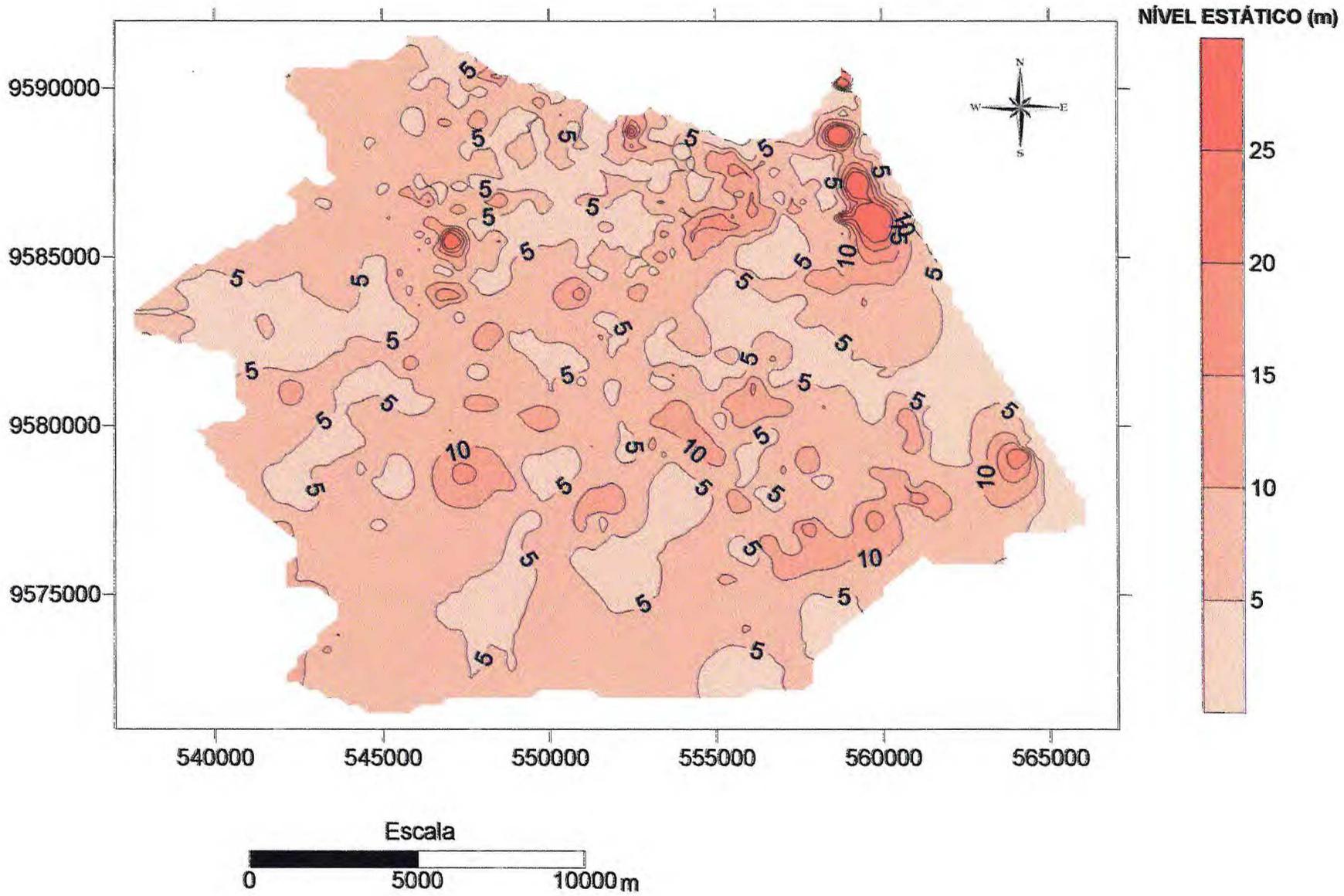
**ANEXO III** – Base Temática de Profundidade de Poços

**ANEXO IV** – Figuras

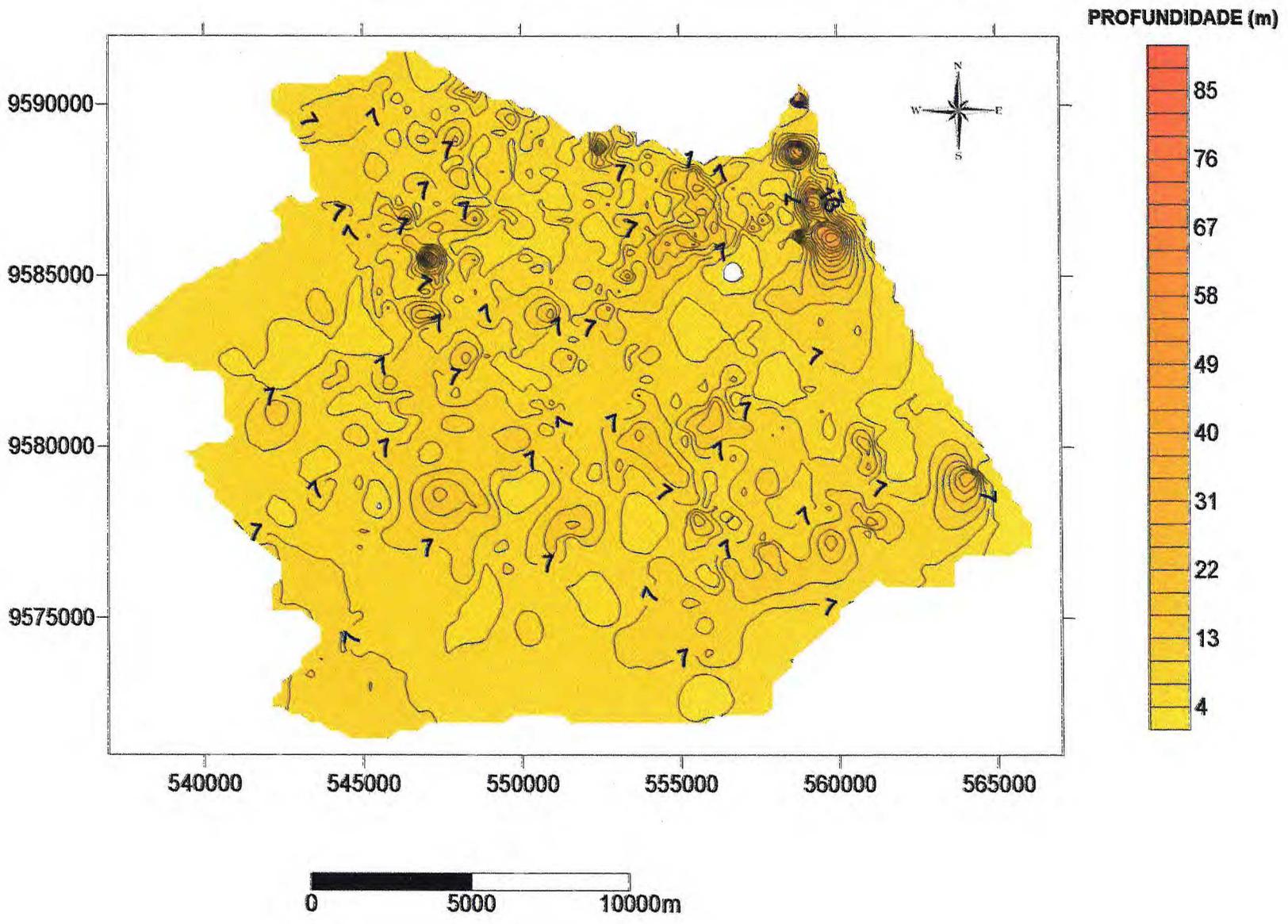
**ANEXO V** – Sistemas Hidrogeológicos do município de Fortaleza, Ceará

**ANEXO VI** – Poços selecionados do município de Fortaleza, Ceará

**Anexo I – Base Temática de Nível Estático**



Anexo II – Base Temática de Vazão de Poços



Anexo III – Base Temática de Profundidade de Poços

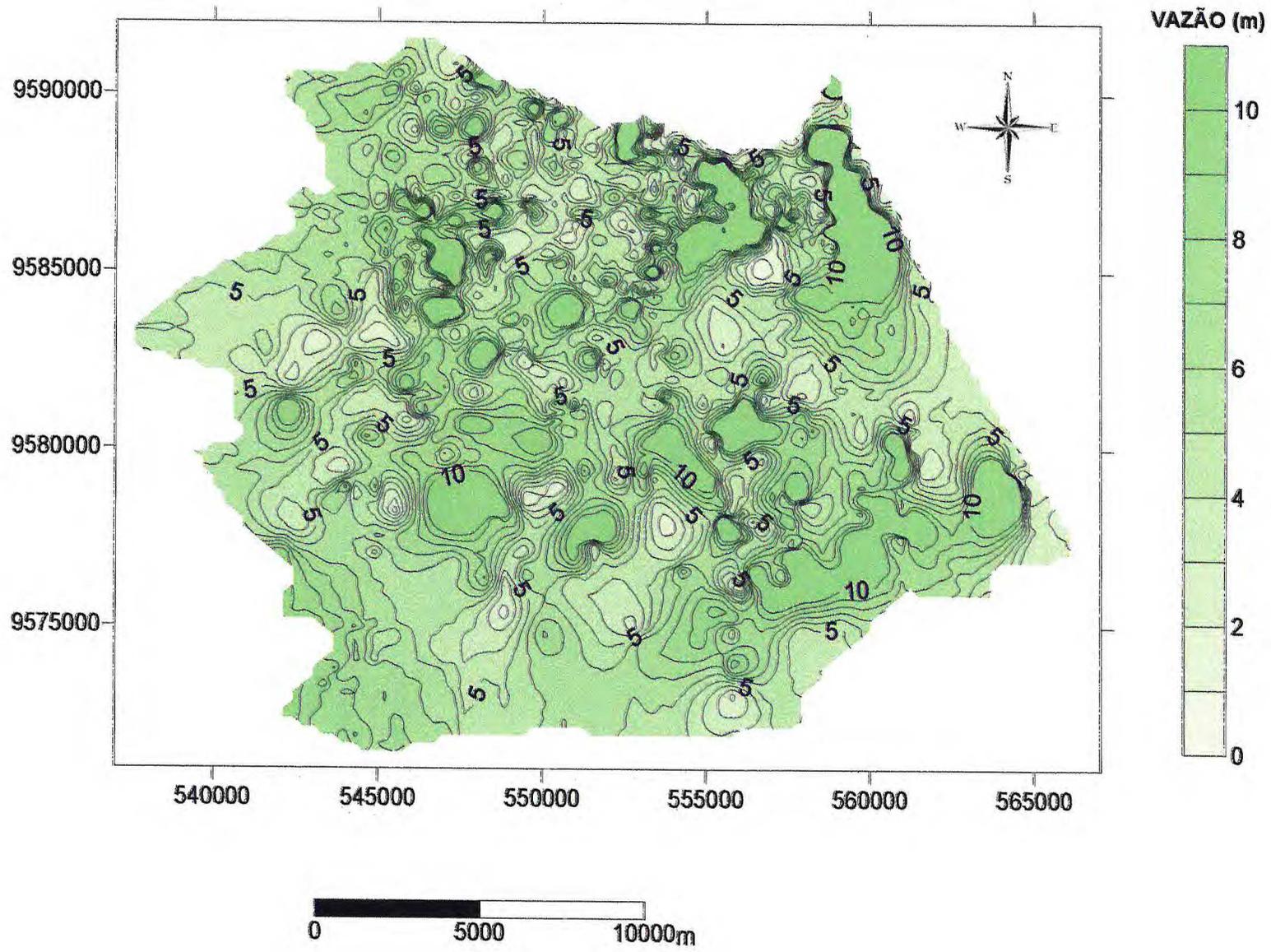




Figura 24 – Poço Campus UECE, 2005



Figura 25 – Manutenção no Poço SOHIDRA, 2005



Figura 26 – Poço BNB – Passaré, 2005



Figura 27 – Poço Luísa Távora, 2005



Figura 28 – Poço DETRAN, 2005



Figura 29 – Poço Sgto Hermínio, 2005



Figura 30 – Casa do Poço Clube de Engenharia, 2005



Figura 31 – Bomba e Poço Campus UFC, 2005

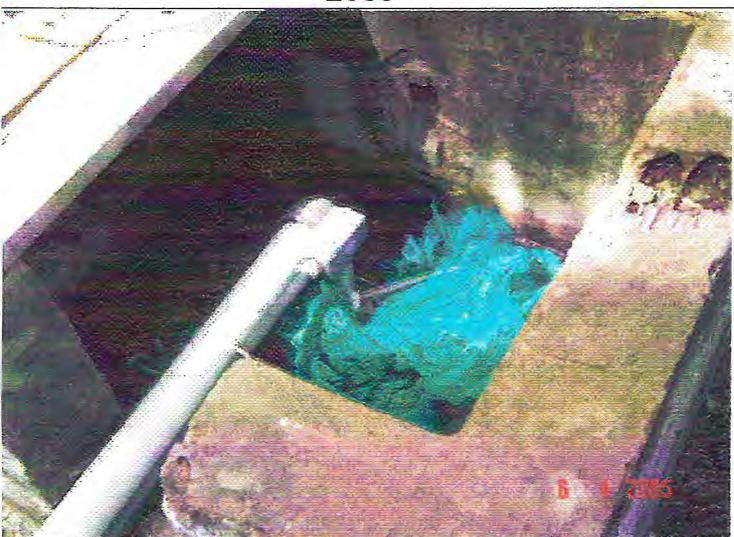


Figura 32 – Poço HGF, usa-se tela de nylon como tampa de proteção do poço, 2005

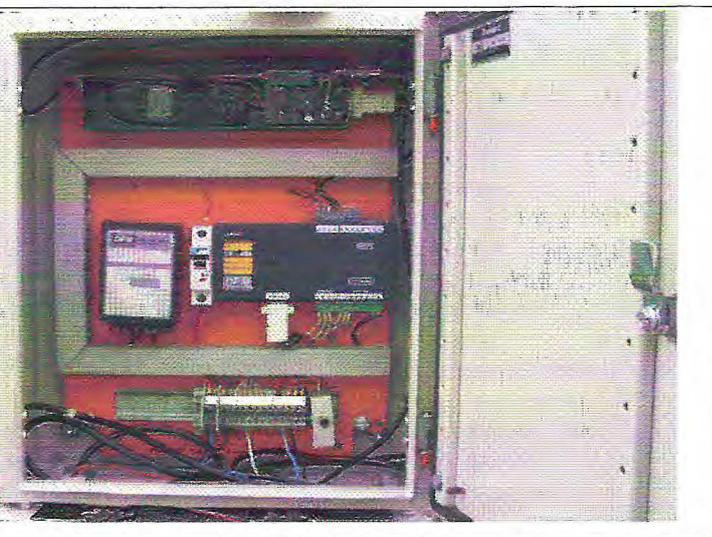
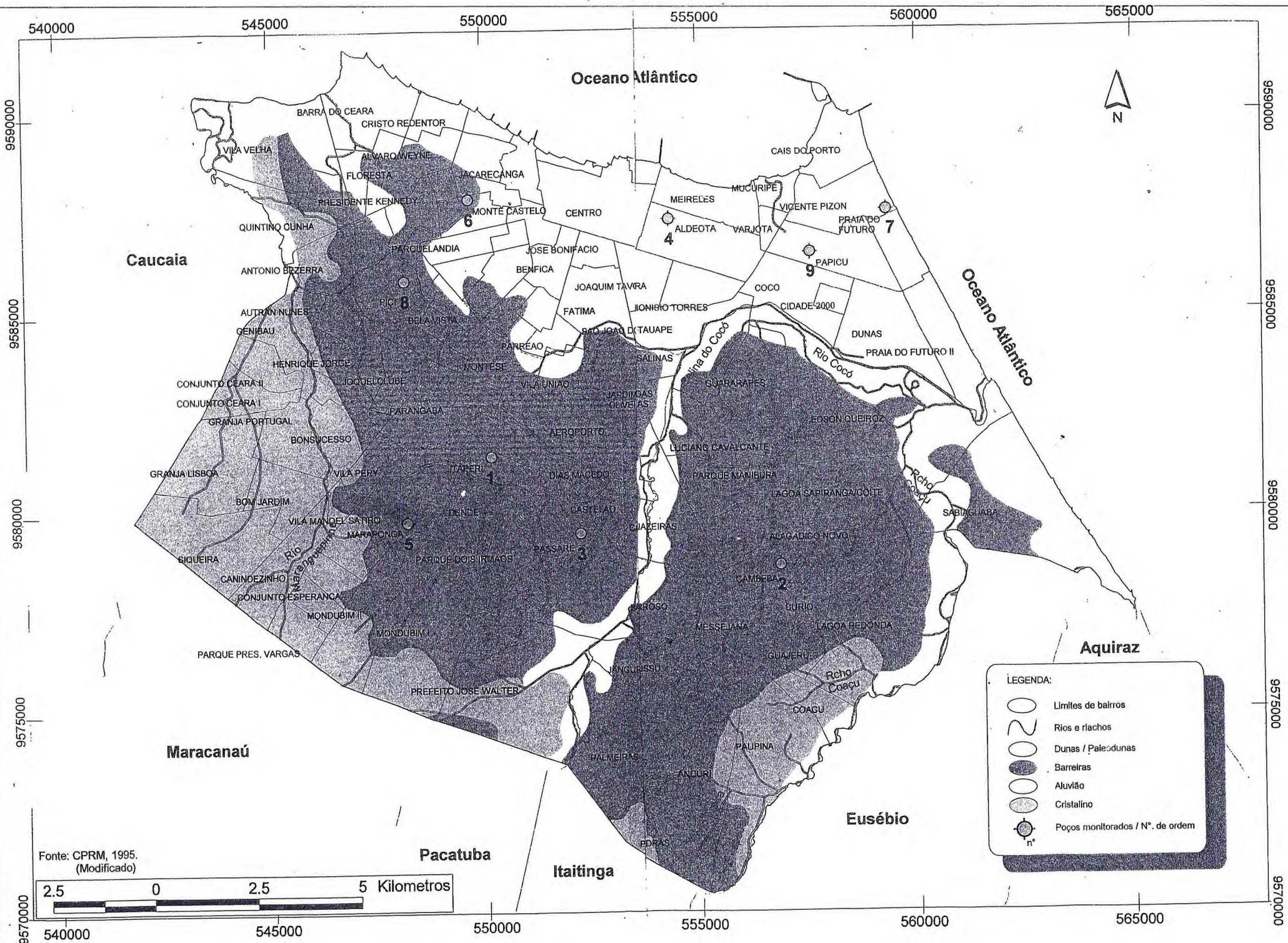


Figura 33 – Quadro de Comando do Equipamento de Telemetria, 2005



Oceano Atlântico



Caucaia

Oceano Atlântico

Aquiraz

Maracanaú

Pacatuba

Itaitinga

Eusébio

**LEGENDA:**

-  Limites de bairros
-  Rios e riachos
-  Dunas / Paleodunas
-  Barreiras
-  Aluvião
-  Cristalino
-  Poços monitorados / N°. de ordem

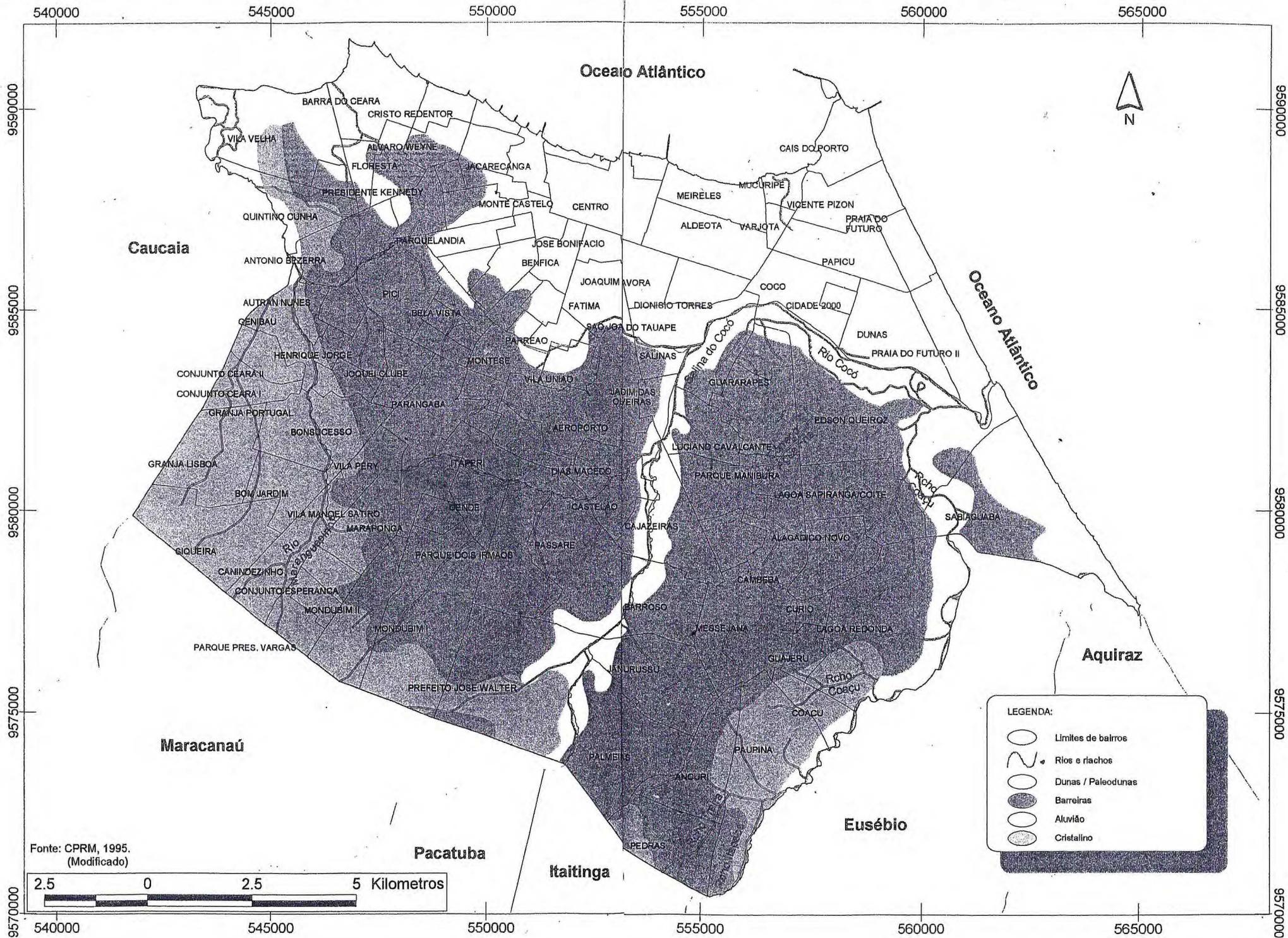
Fonte: CPRM, 1995.  
(Modificado)



540000 545000 550000 555000 560000 565000

9590000  
9585000  
9580000  
9575000  
9570000

9590000  
9585000  
9580000  
9575000  
9570000



540000      545000      550000      555000      560000      565000

9590000  
9585000  
9580000  
9575000  
9570000

9590000  
9585000  
9580000  
9575000  
9570000

Oceano Atlântico



Caucaia

Oceano Atlântico

Aquiraz

Maracanaú

Pacatuba

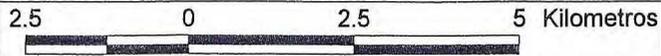
Itaitinga

Eusébio

**LEGENDA:**

- Limites de bairros
- Rios e riachos
- Dunas / Paleodunas
- Barreiras
- Aluvião
- Cristalino

Fonte: CPRM, 1995.  
(Modificado)



540000      545000      550000      555000      560000      565000