



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

EDIU CARLOS LOPES LEMOS

A HIDROGEOLOGIA DA PORÇÃO CENTRO-NORTE  
DO MUNICÍPIO DE MARACANAÚ, SUDOESTE DA  
REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA-CE.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

A HIDROGEOLOGIA DA PORÇÃO CENTRO-NORTE DO  
MUNICÍPIO DE MARACANAÚ, SUDOESTE DA REGIÃO  
METROPOLITANA DE FORTALEZA – CE.

*EDIV CARLOS LOPES LEMOS*

**ORIENTADORES :**

*Dr. Almany Costa Santos – UFPE*

*Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante – UFC*

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**  
**Hidrogeologia**

**Recife, 2009.**

**L557h**

**Lemos, Ediu Carlos Lopes.**

A hidrogeologia da porção centro-norte do município de Maracanaú, sudoeste da Região metropolitana de Fortaleza-CE / Ediu Carlos Lopes Lemos. – Recife: O Autor, 2009.

xvi, 110 folhas, il : grafs., tabs., mapa, figs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2009.

Inclui Bibliografia e Apêndices.

1. Geociências. 2. Hidrogeologia. 3. Qualidade das águas.  
4. Reservas e Potencialidades Hídricas. I. Título

**UFPE**

**551**

**CDD (22. ed.)**

**BCTG/2009-092**

**EDIU CARLOS LOPES LEMOS**

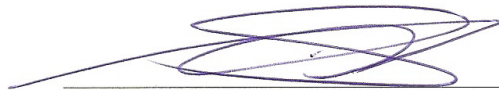
Geólogo, Universidade Federal do Ceará, 2006.

**A HIDROGEOLOGIA DA PORÇÃO CENTRO-NORTE DO  
MUNICÍPIO DE MARACANAÚ, SUDOESTE DA REGIÃO  
METROPOLITANA DE FORTALEZA - CE.**

Dissertação que apresenta à Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pelos Professores Dr. Almany Costa Santos e Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante como preenchimento parcial dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Geociências, com área de concentração em Hidrogeologia, aprovada em 02/03/2009.

**A HIDROGEOLOGIA DA PORÇÃO CENTRO-NORTE DO  
MUNICÍPIO DE MARACANAÚ, SUDOESTE DA REGIÃO  
METROPOLITANA DE FORTALEZA - CE.**

Dissertação de Mestrado aprovada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em Geociências do curso de Pós-  
Graduação em Geociências, da Universidade Federal de  
Pernambuco, Comissão formada por:



Prof. Dr. Almany Costa Santos  
Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso  
Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante  
Universidade Federal do Ceará

“Continue tentando sem desistir.  
Não é necessariamente no sucesso  
que se encontra o prazer, mas, na  
luta para alcançar o objetivo”.  
(Matthew Modine).

Nos anos de 1998 e 2003 nasceram Ênia e Eloísa, minhas filhas, por quem tenho um amor imenso; elas são a minha alegria e motivação, e por vocês existirem, é que supero os desafios e sigo em frente.

## **AGRADECIMENTOS**

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES, pelo financiamento através da bolsa de Mestrado.

Agradeço a minha mãe e aos meus irmãos pelo apoio em todos os sentidos para vencer mais este desafio. Em especial, agradeço ao meu irmão Emilio, pois sem sua ajuda no início desta jornada talvez, não tivesse conseguido superar as dificuldades que se apresentaram diante de mim.

Aos amigos Williams da Silva Guimarães de Lima, Luciano Cintrão Barros, Mickaelon Belchior Vasconcelos e outros que me receberam com carinho e compreensão durante minha estadia em Recife, bem como, aos colegas que conheci e com os quais convivi durante o curso e que foram importantes para a conclusão de meu trabalho entre eles: Josué Pereira da Silva, Ana Cláudia, Renata, Aprígio, Alex de Sousa Moraes e outros.

Ao Professor Dr. Almany Costa Santos por ter aceitado prontamente, ser meu orientador neste trabalho, pela sua amizade, pelas longas conversas e todo o apoio durante meu curso de Mestrado na Pós-Graduação desta Universidade.

Esta dissertação foi realizada com o apoio de toda equipe do Laboratório de Hidrogeologia (LABHI-UFC), acompanhada pelas amigas; Maria da Conceição Rabelo Gomes, Larissa Silva e Silva e Natália Veruska Virino de Lima.

Agradeço em especial, ao amigo e Professor Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante, coordenador do LABHI/UFC, pela sua participação direta no apoio a elaboração deste trabalho como meu co-orientador.



## RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo avaliar a hidrogeologia da porção Centro-Norte do município de Maracanaú, situada a sudoeste da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, com área de 68 km<sup>2</sup> correspondendo a 65% da área total do município. O município de Maracanaú dista da capital 22 km, com acesso feito através da CE 060. As etapas de trabalho constaram de levantamento bibliográfico, cadastramento de 296 poços, sendo 247 do tipo tubular, 47 poços manuais e 02 poços Amazonas. Dos 296 poços, apenas 15 possuíam fichas com dados construtivos e perfis litológicos. Foram também catalogadas 22 fichas com dados de análises físico-químicas onde foram avaliados os parâmetros alcalinidade, Sólidos Totais Dissolvidos, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e F<sup>-</sup>. Em termos geoestratigráficos, ocorrem na área rochas cenozóicas representadas pelos depósitos quaternários aluvionares, sedimentos terciários da Formação Barreiras e depósitos Colúvio-Eluvionares, além de afloramentos dos Complexos Granitóide-Migmatítico e Gnáissico-Migmatítico representantes do embasamento cristalino. Essas unidades apresentam diferentes processos de formação e deposição. A variação litoestratigráfica apresentada reflete-se na existência de quatro sistemas hidrogeológicos de diferentes potencialidades e formam, no contexto local, aquíferos livres a semiconfinados, sendo eles: Cristalino, Barreiras, Misto e Aluvionar. O Sistema Cristalino representa um meio aquífero quando possui zonas com fraturas abertas que armazenam água, e na área de estudo apresenta vazão média de 2,0 m<sup>3</sup>/h, implicando em baixa vocação hídrica subterrânea comparativamente ao meio sedimentar. O Sistema Barreiras apresenta vazão média de 2,8 m<sup>3</sup>/h e sua espessura média local é de 11 metros, com valores de 6,80 x 10<sup>-4</sup> m/s e de 4,78 x 10<sup>-3</sup> m/s para condutividade hidráulica e transmissividade, respectivamente. O Sistema Misto é captado através de poços tubulares com profundidades entre 25 e 123 metros, com média de 58 metros, com vazões geralmente abaixo de 2,0 m<sup>3</sup>/h (28%), com valores mínimo e máximo de 0,30 m<sup>3</sup>/h e 4,5 m<sup>3</sup>/h respectivamente, e média de 1,87 m<sup>3</sup>/h. O Sistema Aluvionar ocupa as margens dos baixos e médios cursos fluviais, sendo considerado de pequena vocação hidrogeológica (baixa permeabilidade, águas salinas e pequenas vazões). As reservas reguladoras foram estimadas em 220.482 m<sup>3</sup>/ano e as reservas permanentes em 3.307.500 de m<sup>3</sup>, para os

Sistemas Hidrogeológicos Barreiras e Aluvionar, respectivamente, com reservas totais de 3.527.982 m<sup>3</sup>. A disponibilidade efetiva calculada para os 41 poços em uso nos Sistemas Barreiras e Aluvionares é de 167.097 m<sup>3</sup>/ano, correspondendo a 76,15% das reservas renováveis dos Sistemas Barreiras e Aluvionares e 5,07% das reservas permanentes. Segundo o Diagrama de Piper há predominância de águas Cloretadas Sódicas (68,1%) seguidas das Cloretadas Mistas (18,2%), das Cloretadas Cálcicas com tendência Magnesiana (13,7%), e das Cloretadas Magnesianas (9%). A qualidade físico-química das águas subterrâneas apresenta problemas em nível local. O diagrama de Schöller & Berkaloﬀ revelou que as águas subterrâneas apresentam restrições para cloretos, porém predominando águas com índices aceitáveis para o consumo humano, de acordo com a portaria n° 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde. Para o uso industrial, a grande maioria das águas subterrâneas naturais da área encontra-se fora dos limites aconselháveis para uso na indústria, com ressaltos para valores de pH, dureza, STD, magnésio, nitrato e cloretos, bem acima dos valores de referência, em mais de 85% das análises. Quanto ao uso na agricultura, os resultados analíticos indicam a predominância das classes C<sub>2</sub>-S<sub>2</sub> e C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>, implicando em certas restrições das águas subterrâneas locais para irrigação.

**Palavras-chave: Hidrogeologia; Qualidade das Águas; Reservas e Potencialidades Hídricas.**

## ABSTRACT

This search had since objective valued the hydrogeology of the portion Northern-centre city of Maracanaú, when the south-west of the Metropolitan Region of Fortaleza (RMF) was situated in State of the Ceará, Northeast of Brazil, with area of 68 km<sup>2</sup> corresponding to 65% of the total area of the local city. The city of Maracanaú is far away of the capital 22 km, with access via the EC 060. The stages of work consisted of bibliographical lifting, registration of 296 wells, and 247-type tubular, 47 dug and 02 amazonas. Of 296 wells, only 15 had tokens with constructive data and profiles litologics. 22 tokens were atologued also with data of analyses chemical-physically where the parameters were valued turbidez, pH, conductivity electric, total hardness, alkalinity, Total Dissolved Solids, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> and F<sup>-</sup>. In terms of geostratigraphy, cenozóicas rocks occur in the area represented by Quaternary alluvial deposits, sediment tertiary Training Barriers and deposits Colúvio-Eluvionares, as well as outcrops of complexes Granitóide-Migmatítico and Gnáissico-Migmatítico representatives of the crystalline basement. These unities present different processes of formation and deposition. Lithostratigraphy presented one reflects the variation in the existence of four hydrogeological systems of different potentialities and they form, in the local context, aquifers release when her they semibordered, being they: Crystalline, Barriers, Mixture and Aluvionar. The Crystalline System represents a way aquifer when it has zones with open fractures that store water, and in the area of study he presents middle flow of 2.0 m<sup>3</sup>/h, implicating in low hydric groundwater vocation comparatively to the way to consolidate. You fence in the System that he presents middle flow of 2.8 m<sup>3</sup>/h and his middle local thickness belongs 11 meters, with values of 6.85 x 10<sup>-4</sup> m/s and 4.78 x 10<sup>-3</sup> m/s for the hydraulic conductivity and transmission, respectively. The Mixed System is captured through tubular wells with depths between 25 and 123 meter, with average of 58 meters, with flows generally below 2.0 m<sup>3</sup>/h (28%), with values least and the very of 0.30 m<sup>3</sup>/h and 4.5 m<sup>3</sup>/h respectively, and average of 1.87 m<sup>3</sup>/h. The System Alluvial occupies the edges of the low and middle river courses, being thought of small hydrogeological vocation (low permeability, saline waters and small flows). The regulating reserves were appreciated in 220,482 m<sup>3</sup>/ano and the constant reserves in

3,307,500 of m<sup>3</sup>, for hydrological systems and alluvial barriers, respectively with total reserves of 3,527,982 m<sup>3</sup>. The effective availability calculated for 41 wells in use in the Systems Barriers and Alluvial is of 167,097 m<sup>3</sup>/ano, corresponding to 76.15% of the reserves of renewable systems barriers and alluvial and 5.07% of the reserves standing. According to Piper diagram there is a predominance of water Sodium chloride (68.1%), followed by Mixed Chloride (18.2%), with a tendency of calcium magnesium chloride (13.7%) and magnesium chloride (9%). The physico-chemical quality of groundwater presents problems at the local level. The diagram of Schöller & Berkloff revealed that the groundwater present restrictions for chlorides, but predominantly water with rates acceptable for human consumption, according to the patterns of drinking established by Ordinance N° 518 of the Ministry of Health 25/03/2004. For industrial use, the vast majority of natural groundwater in the area is outside the limits recommended for use in industry, with rebound at pH, hardness, TDS, magnesium, nitrate and chloride, well above the values of reference, in more than 85% of the analyses. As for the use in the agriculture, the analytical results indicate the predominance of the classes C<sub>2</sub>-S<sub>2</sub> and C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>, implying certain restrictions on the local groundwater for irrigation.

**Keywords: Hydrogeology, water quality, water potential and Reserves.**

## ÍNDICE

Dedicatória.....	v
Agradecimentos.....	vi
Resumo.....	vii
Abstratc.....	x
Índice.....	xi
Lista de Tabelas.....	xiii
Lista de Figuras.....	xiv
Lista de Siglas.....	xvi
1 - Introdução.....	01
1.1 Localização e Acesso.....	02
1.2 Objetivos.....	03
1.3 Justificativa e Relevância.....	04
2 - Metodologia de Trabalho.....	06
2.1 Levantamento Bibliográfico.....	06
2.2 Cadastro de Pontos d'água e Análises Físico-Químicas....	07
2.3 Tratamento Preliminar dos dados.....	09
2.4 Etapas de Campo.....	10
2.5 Interpretação dos Dados.....	11
3 - Aspectos Sócio-Econômicos .....	12
4 - Componentes Geoambientais.....	17
4.1 Aspectos Geológicos.....	17
4.2 Aspectos Estruturais.....	21
4.3 Unidades Geomorfológicas.....	22
4.4 Solos.....	25
4.5 Vegetação.....	29
4.6 Aspectos Climáticos.....	30
4.7 Águas Superficiais.....	35
5 - A Hidrogeologia.....	37
5.1 Sistemas Hidrogeológicos.....	37
5.1.1 Meio Cristalino.....	39
5.1.2 Sistema Hidrogeológico Barreiras.....	43
5.1.3 Sistema Hidrogeológico Misto.....	45
5.1.4 Sistema Hidrogeológico Aluvionar.....	48
5.2 - Situação Atual das Obras de captação das Águas Subterrâneas.....	50
5.3 - Reservas, Potencialidades e disponibilidade das Águas Subterrâneas.....	57
5.3.1 Aspectos gerais.....	57

5.3.2 Reservas Reguladoras.....	58
5.3.3 Reservas Permanentes.....	60
5.3.4 Reservas Totais.....	61
5.3.5 Potencialidades Hídricas Subterrâneas.....	62
5.3.6 Disponibilidades Hídricas Subterrâneas.....	63
5.3.6.1 Disponibilidade Potencial.....	63
5.3.6.2 Disponibilidade Efetiva.....	64
5.4 - Qualidade das Águas Subterrâneas.....	66
5.4.1 Composição Físico-Química.....	68
5.4.1.1 Condutividade Elétrica.....	68
5.4.1.2 Sólidos Totais Dissolvidos.....	69
5.4.1.3 Dureza.....	71
5.4.1.4 pH.....	72
5.4.2 Classificação Iônica.....	73
5.4.3 Uso das Águas Subterrâneas.....	75
5.4.3.1 Consumo Humano.....	76
5.4.3.2 Uso Industrial.....	81
5.4.3.3 Uso na Irrigação.....	82
6 - Conclusões e Recomendações.....	85
7 - Bibliografia.....	89

APÊNDICE I - FICHAS COM DADOS DOS POÇOS CADASTRADOS

APÊNDICE II - FICHA COM DADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

APÊNDICE III - MAPA DOS POÇOS NOS SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS

## LISTA DE TABELAS

3.1 - Unidades de Saúde no município de Maracanaú.....	14
3.2 - Tipos de Escolas e Matrículas Inicial - Maracanaú.....	14
3.3 - Abastecimento de Água - Maracanaú.....	15
3.4 - Saneamento/Esgotamento Sanitário - Maracanaú.....	15
4.1 - Sumário Geológico da Área Estudada.....	19
4.2 - Unidades Geológico-Geomorfológicas da porção Centro-Norte do município de Maracanaú.....	25
4.3 - Classes de Solos e características dominantes no município de Maracanaú.....	28
4.4 - Características Climáticas e resumo das principais variáveis do balanço hídrico para o município de Maracanaú; período de 1998 a 2007.....	34
5.1 - Nível estático e rebaixamento do nível d'água no Sistema cristalino da área.....	41
5.2 - Vazão dos poços no Sistema Cristalino.....	43
5.3 - Parâmetros Hidrodinâmicos do Sistema Hidrogeológico Aluvionar.....	50
5.4 - Parâmetros Estatísticos dos poços situados na porção Centro-Norte de Maracanaú.....	55
5.5 - Classificação das águas segundo a Dureza.....	71
5.6 - Padrões de Potabilidade Nacional e Internacional das águas para consumo humano.....	77
5.7 - Padrões de Qualidade d'água para Indústria.....	82

**LISTA DE FIGURAS**

1.1 - Mapa de Localização da Área de Estudo.....	03
4.1 - Distribuição da Pluviometria (média mensal) no município de Maracanaú; período 1998 a 2007.....	32
4.2 - Distribuição da Temperatura (média mensal) no município de Fortaleza; período 1998a 2007.....	32
4.3 - Balanço Hídrico mensal para o município de Maracanaú; período de 1998 a 2007.....	35
5.1 - Distribuição dos poços por Sistemas Hidrogeológicos na área de estudo.....	38
5.2 - Profundidade dos poços no Sistema Cristalino na área de estudo.....	41
5.3 - Vazão dos poços no Sistema Cristalino .....	42
5.4 - Poço P-34 captando água no Sistema Barreiras.....	45
5.5 - Poço P-78 captando água do Sistema Misto.....	46
5.6 - Profundidade dos poços no Sistema Misto na área de estudo.....	47
5.7 - Distribuição Temporal dos poços cadastrados na área de estudo.....	51
5.8 - Distribuição dos poços cadastrados na área de estudo.....	52
5.9 - Tipos de poços quanto ao abastecimento.....	52
5.10 - Situação atual dos poços de domínio público da porção Centro-Norte de Maracanaú.....	53
5.11- Situação atual dos poços de domínio privado da porção Centro-Norte de Maracanaú.....	53
5.12 - Situação geral dos poços da porção Centro-Norte de Maracanaú.....	54
5.13 - Finalidade dos poços cadastrados na porção Centro-Norte de Maracanaú.....	54
5.14 - Distribuição dos poços tubulares por profundidade na área de estudo.....	56
5.15 - Distribuição dos valores de Condutividade Elétrica dos poços tubulares na área de estudo.....	69
5.16 - Relação entre C.E e STD nas águas subterrâneas da área de estudo.....	69
5.17 - Distribuição de Sólidos Totais Dissolvidos nos poços tubulares e rasos na área de estudo.....	71
5.18 - Distribuição percentual dos teores de CaCO <sub>3</sub> na área de estudo.....	72
5.19 - Distribuição percentual das medidas de pH nas águas subterrâneas da área de estudo.....	73
5. 20 - Diagrama de Piper.....	74
5.21 - Diagrama de Schöller & Berkaloff.....	78



5.22 - Diagrama de Schöller & Berkaloff.....	79
5.23 - Classificação das águas subterrâneas da porção Centro-Norte do município de Maracanaú para irrigação segundo U.S Salinity Laboratory.....	84

**SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
AUMEF - Autarquia Metropolitana de Fortaleza.  
BNH - Banco Nacional de Habitação  
CAGECE - Companhia de Águas e Esgotos do Estado do Ceará  
COGERH - Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará  
CPRM - Serviço Geológico do Brasil  
DIF - Distrito Industrial de Fortaleza  
DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas  
DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral  
FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos  
GPS - *Global Position System*  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geociências e Estatística  
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano  
IDM - Índice de desenvolvimento Municipal  
CC/UFC - Centro de Ciências/Universidade Federal do Ceará  
IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará  
PIB - Produto Interno Bruto  
RMF - Região Metropolitana de Fortaleza  
SAR - Razão de Adsorção de Sódio  
SEDUC - Secretária de Educação Básica do Estado do Ceará  
SEMACE - Secretária do Meio Ambiente do Estado do Ceará  
SESA - Secretária de Saúde do Estado do Ceará  
SOHIDRA - Superintendência de Obras Hidráulicas do Estado do Ceará

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas constituem, atualmente, um dos pontos estudados quando da implantação de projetos populacionais, industriais ou de irrigação. Na faixa costeira do Ceará é comum se observar projetos e/ou comunidades totalmente abastecidas por poços, sejam eles rasos ou profundos, captando água subterrânea de boa qualidade físico-química para atender demandas diversas.

O desenvolvimento de uma região acarreta um aumento de consumo de água, seja pela elevação do nível de vida, seja pelo surgimento de novas solicitações, a exemplo de irrigação, indústrias, turismo, entre outras, podendo ocorrer o fato de que o referido recurso, que se apresentava em volume satisfatório nas condições iniciais, passe a ser insuficiente para atender às novas demandas, normalmente crescentes (CAVALCANTE & FRANGIPANI, 2000).

A captação de água subterrânea, feita através de poços, para que ocorra de uma forma segura e sustentável depende inicialmente da identificação dos sistemas aquíferos, dos projetos técnico-construtivos dos poços e da qualidade destas águas.

O trabalho em apreço procura atender às exigências parciais para obtenção do título de Mestre pelo curso de Mestrado em Geociências, área de concentração em

Hidrogeologia, do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco.

### 1.1 - LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo corresponde à porção Centro-Norte do município de Maracanaú, situada a sudoeste da região metropolitana de Fortaleza (RMF), Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, entre as coordenadas UTM 9569986 a 9579930 de latitude Sul e 534503 a 550678 de longitude Oeste de Greenwich, inclusa na folha AS-24-Z-C-IV (SUDENE), com área de 68 km<sup>2</sup> correspondendo a 65% da área total do município. Os limites da área de estudo são: ao norte, Fortaleza e Caucaia; a leste, Fortaleza e Itaitinga; ao sul, o próprio município de Maracanaú e a oeste, Caucaia e Maranguape (Figura 1.1).

O acesso ao município de Maracanaú a partir de Fortaleza ocorre através da CE-060, distando 22 km da capital. O anel viário no município representa uma importante via de circulação, pois interliga o município com todas as rodovias que chegam a Fortaleza (BR-020, BR-222, BR-116, CE-065 e CE-040).

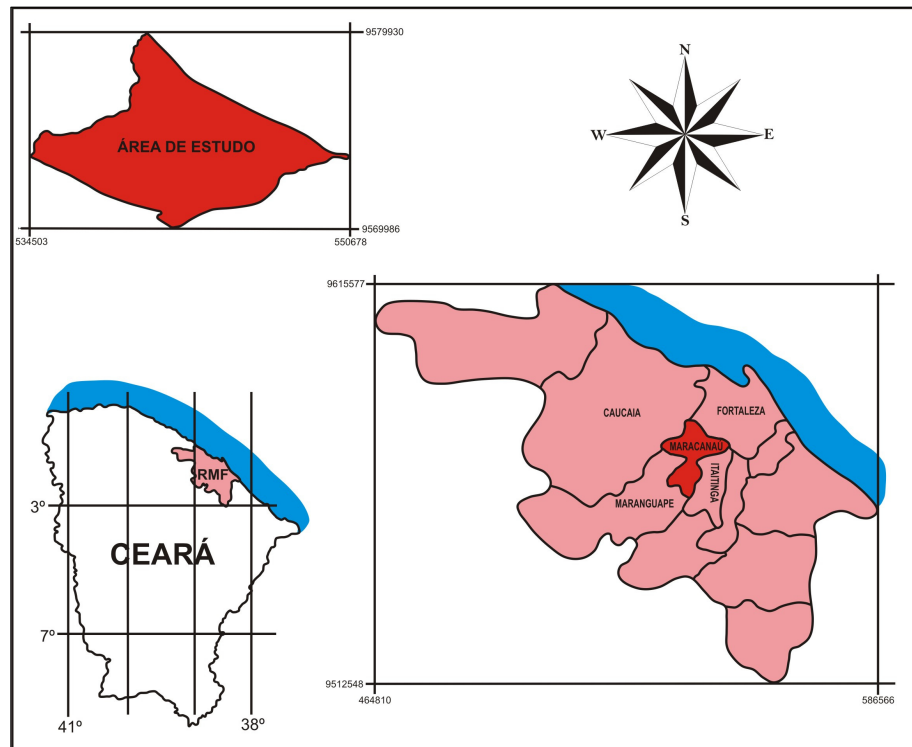


Figura 1.1 - Mapa de localização

## 1.2 - OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral o estudo hidrogeológico na porção Centro-Norte do município de Maracanaú envolvendo a caracterização das reservas e potencialidades das águas subterrâneas, além das características qualitativas, sendo as águas classificadas quanto à composição química, potabilidade e uso.

Dentre os objetivos específicos tem-se:

- ⇒ Dotar a área de documentos cartográficos (sistemas hidrogeológicos e de pontos d'água);
- ⇒ Caracterizar hidrogeologicamente a área física da porção Centro-Norte do município;
- ⇒ Gerar um inventário sobre a situação atual dos poços tubulares existentes;
- ⇒ Caracterizar a adequabilidade das águas subterrâneas quanto aos seus aspectos físico-químicos;

- ⇒ Calcular as reservas e recursos de água subterrânea;
- ⇒ Fornecer subsídios para elaboração de planos de recursos hídricos, nas diferentes esferas geopolíticas.

### 1.3 - JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) foi criada pelo Governo do Estado do Ceará através do Decreto Lei N°10.243 de 02 de março de 1993 para integrar os municípios que cresciam em torno de Fortaleza e que mantinham um expressivo fluxo populacional. Inicialmente foram agregados os municípios de Fortaleza, Caucaia, Aquiraz, Maranguape e Pacatuba, seguidos de Maracanaú, Eusébio, Guaiuba e Itaitinga. Mais recentemente, desde o ano de 2002, foram inclusos os municípios de São Gonçalo do Amarante, Pacajus, Chorozinho e Horizonte.

Segundo Censo Demográfico de 2000 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Ceará cresceu a uma taxa de 1,75% ao ano, cuja maior concentração populacional ocorreu na RMF (40%) com um crescimento a uma taxa anual de 2,44%, destacando-se em quinto lugar no Brasil, atrás somente das Regiões Metropolitanas de Goiânia (3,24%), São Luis (3,01%), Belém (2,97%) e Natal (2,63%). Esse adensamento populacional decorre de um acentuado movimento migratório da população rural para os centros urbanos mais desenvolvidos, atraídos pela significativa expansão do setor secundário industrial e terciário de serviços.

A RMF vem apresentando alguns problemas oriundos dessa expansão populacional, tais como a ocupação desordenada do solo, a crescente favelização, a deficiência de saneamento básico, a poluição dos recursos hídricos e uma oferta d'água tratada insuficiente para atender totalmente a demanda solicitada pela população.

A partir de então, surgiu à necessidade de se buscar áreas onde houvesse precariedade de estudos relacionados às águas subterrâneas, no âmbito da nova configuração política da RMF, uma vez que a mesma havia incorporado outros quatro (04) municípios, aumentando sua área física de 3.483 km<sup>2</sup> (09 municípios) para 4.975 km<sup>2</sup> (13 municípios).

Em termos de avaliação hidrogeológica e elementos de gestão integrada de águas, a anterior configuração da RMF já havia sido caracterizada por CAVALCANTE (1998). Contudo, a partir da nova modificação do contexto espacial da RMF anteriormente estudada, aliada à constante busca de diretrizes de gestão de água nessa região do Brasil, onde os recursos hídricos são escassos, surgiu à necessidade de novos estudos, complementando informações pertinentes à caracterização hidrogeológica da RMF.

Visando justamente esse acréscimo de informações, o trabalho ligado a esta Dissertação de Mestrado voltou-se para a busca de elementos que permitam uma avaliação hidrogeológica na porção Centro-Norte do município de Maracanaú, sudoeste da RMF, Estado do Ceará, onde, também, é grande a demanda pela água, contrastando com a oferta, principalmente no que tange ao abastecimento público.

Para tanto, torna-se necessária uma quantificação mais precisa do quanto se explora de água subterrânea na área em apreço, com o cadastro atual de poços e um estudo específico referente às reservas, potencialidades e demanda a ser atendida.

Pode-se assim, justificar um trabalho de pesquisa voltado para um estudo hidrogeológico aplicado nesse importante centro urbano do Nordeste, para que sirva de suporte básico às diversas empresas e órgãos governamentais que estejam voltados para o desenvolvimento científico e tecnológico.

## CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia aplicada no presente trabalho abrange uma ampla diversidade de atividades que foram direcionadas no sentido de facilitar a obtenção de subsídios para o desenvolvimento dos tópicos propostos, atingindo os objetivos do estudo.

Dessa forma, a metodologia empregada neste trabalho consta, basicamente, de seis etapas principais, descritas a seguir.

### 2.1 - LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Essa etapa objetivou o levantamento e a revisão bibliográfica dos trabalhos técnico-científicos realizados, principalmente, na RMF obtendo, então, dados referentes aos aspectos socioeconômicos, geoambientais, hidrogeológicos e dos recursos hídricos superficiais, gerando informações sobre a área de estudo. Dessa forma, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a área de estudo, através da obtenção de dados referentes à geologia, hidrogeologia, aspectos socioeconômicos e geoambientais, e mapas temáticos. Esta pesquisa foi realizada junto aos órgãos públicos como CPRM (Serviço geológico do Brasil), FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia), CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará), SRH (Secretária de Recursos Hídricos), COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), além de mapas que foram utilizados de forma integrada para elaboração das bases preliminares e do acervo técnico relacionado ao tema desenvolvido.



As citações bibliográficas no decorrer do texto são pertinentes a cada trabalho desenvolvido, refletindo o conteúdo, a importância e o tópico a que está associado. Ressalta-se a não existência de trabalhos de caráter hidrogeológico realizados efetivamente na área de estudo, tendo então como principal fonte de informação hidrogeológica o pequeno número de trabalhos relacionados à RMF, destacando-se BELTRÃO & MANOEL FILHO (1973), MORAIS *et al.* (1984), BIANCHI *et al.*, 1984 (*in* AUMEF, 1984), ARAÚJO & LEAL (1990), CAVALCANTE *et al.* (1990) e CAVALCANTE (1993,1998). Merece um especial destaque o trabalho de CAVALCANTE (1998), abordando as águas subterrâneas da RMF de forma integrada ao sistema de abastecimento superficial, discorrendo sobre a qualidade e o uso dessas águas, apresentando uma estimativa das reservas subterrâneas, além de relacionar os sistemas aquíferos existentes quanto a sua vulnerabilidade.

Mapas diversos e em escalas variando entre 1:50.000 e 1:100.000 foram obtidos, a exemplo de mapas geológico, planialtimétrico, geomorfológico, de cobertura vegetal e pedológico. Os mapas foram digitalizados, integrados e modificados a partir do uso dos programas AUTOCAD 2008 e CORELDRAW 13 para a elaboração das bases utilizadas. Merece destaque o Mapa Geológico da RMF publicado pela CPRM (BRANDÃO, 1995) e reeditado para a nova configuração da RMF em 2003.

## 2.2 - CADASTRO DE PONTOS D'ÁGUA E ANÁLISES DE ÁGUAS

Esta etapa teve por finalidade obter informações sobre os dados técnicos construtivos, litológicos e hidrogeológicos, bem como ter subsídios para o acompanhamento da evolução temporal e distribuição espacial dos poços na área estudada.

Essa etapa refere-se ao cadastramento dos principais pontos de água subterrânea existentes na área, incluindo poços tubulares profundos e rasos, bem como, dos poços escavados (cacimbas). O cadastro, abrangendo a porção Centro-Norte do município de Maracanaú, foi realizado junto às empresas de construção de poços (Terra Perfurações Ltda., SOHIDRA, PHD Perfurações, etc...) e órgãos públicos ligados à área, como o Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH, Departamento Nacional de Obras Contra Secas (DNOCS) e Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), compreendendo o levantamento das fichas dos poços construídos até 2002, haja vista que, depois desta data, não se tem informações de novos poços escavados pelas empresas citadas anteriormente, sendo a informação confirmada junto a cada empresa.

Com isso foram cadastrados 296 poços, sendo 247 do tipo tubulares profundos e tubulares rasos, 47 poços manuais e 02 poços amazonas (Apêndice 01). As fichas cadastradas apresentam informações referentes à localização e propriedade dos poços, além de seus dados construtivos (profundidade, N.E, N.D, Rebaixamento, tipo e diâmetro de revestimento, vazão, situação do poço, finalidade, uso, etc...) e descrição do perfil litológico. Nem todos os poços cadastrados apresentam fichas técnicas com perfis litológicos sendo que, apenas 15 poços tiveram suas fichas correspondentes catalogadas.

Foram cadastradas 22 fichas de análises físico-químicas das águas dos poços na área (Apêndice 02). As análises contemplam a determinação dos seguintes parâmetros: turbidez, pH, condutividade elétrica a 25°C em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , dureza total e alcalinidade em mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , Sólidos Totais Dissolvidos em mg/L e os principais íons constituintes  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{F}^-$ , em mg/L.

Os laboratórios responsáveis pelo conjunto de todas as análises obtidas foram basicamente os da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e o Laboratório do Carbono do Departamento de Física/CC/UFC, que utilizam os métodos padrões do *“Standart Methods for Examination of Water and Wastewater”* para a realização das análises físico-químicas.

### 2.3 - TRATAMENTO PRELIMINAR DOS DADOS

O cadastro de poços realizado a partir da coleta de fichas técnicas de construção de poços e/ou perfis de construção, conforme etapa anterior possibilitou a formação de um arquivo de dados elaborado em planilha eletrônica Excel (*Microsoft Office 2003 for Windows*). Isto possibilitou uma avaliação preliminar das condições de captação das águas subterrâneas no município.

Os mapas cadastrados foram atualizados, integrados e convertidos para a escala de trabalho adequada (1:25.000 e 1:50.000). Foram obtidas bases plani-altimétricas e de drenagem na escala 1:100.000 (SUDENE, 1973, folha SA,24-Z-C-IV) fundamentais para a localização dos poços tubulares e fontes potenciais de poluição. Quanto aos mapas de geologia, geomorfologia e de solos foram trabalhados a partir das escalas 1:50.000 e 1:100.000.

Destas, foram confeccionadas as bases de localização dos pontos d'água, geológica, e a dos sistemas aquíferos, utilizadas neste trabalho (Apêndice 03). Utilizando programas computacionais gráficos (p.ex. *Corel Draw 13.0, Autocad 2008*), conservando-se as informações originais, as bases foram padronizadas na escala 1:50.000, facilitando o manuseio das mesmas nos trabalhos de campo.

## 2.4 - ETAPAS DE CAMPO

Os trabalhos de campo foram realizados em várias campanhas, no sentido de melhor se verificar a acuracidade dos dados cadastrados e/ou procederem ao levantamento de novas informações.

Foram realizadas três (03) etapas de campo nos meses de novembro/2007; março/2008 e agosto/2008 com o objetivo de avaliar *in situ* as condições de uso dos poços cadastrados, assim como uma atualização do cadastro inicial com a localização dos poços fazendo uso de GPS (Garmin III plus, 12 canais). Na etapa de visita aos poços, no interesse de se complementar algumas informações da hidroquímica, foram utilizados equipamentos portáteis de medição, a exemplo do medidor de nível d'água e o medidor de condutividade elétrica digital (CDR-870 - precisão de  $\pm 1\%$  + 2 dígitos).

A diferenciação entre os tipos de poços se deu em função de três parâmetros: profundidade, tipo de perfuração e diâmetro de perfuração, conforme classificação adotada pela SRH-CE (TAJRA, 2001). Dessa forma, os poços com profundidades inferiores ou iguais a 20 metros e com diâmetro de perfuração até 10 polegadas, são tidos como poços tubulares rasos (PTR), enquanto os perfurados com profundidade igual ou superior a 50 metros foram classificados como do tipo tubular profundo (PTP). No presente estudo, os poços tubulares rasos e profundos correspondem aos poços construídos com maquinários (percussão, pneumática e roto-pneumática) e cadastrados junto às empresas de construção. Já os poços escavados (profundidade inferior a 20 metros), normalmente perfurados com picareta e pá de forma manual, foram divididos em poços manuais ou cacimbas (PM) e poços amazonas (PA), apenas em função de seus diâmetros. Os manuais apresentam diâmetros entre 0,40 e 2,0 metros, já os poços amazonas são os que apresentam diâmetro superior a 2,0 metros.

## 2.5 - INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

O tratamento dos dados cadastrados, gerando informações para a pesquisa, constou da compilação, uniformização, formação de arquivo de dados, tratamento estatístico dos dados numéricos e integração e/ou modificações dos mapas, gerando as bases para a execução do trabalho.

As fichas técnicas dos poços tubulares, através do banco de dados, foram analisadas e as informações checadas, desde que possível, através de mapas geológicos, hidrogeológicos e campanhas de campo.

Foram confeccionados mapas de sistemas hidrogeológicos e de distribuição dos pontos d'água, utilizando os *softwares Autocad 2008* e *Corel Draw 13.0*, escalas de 1:50.000. Algumas outras figuras contidas na dissertação também foram confeccionadas utilizando o *Corel Draw 13.0* (localização e acesso, p. ex).

As análises físico-químicas foram submetidas ao cálculo de balanço iônico para verificação da validade das mesmas, considerando-se um erro máximo individual de 10%, compatível com o STD das amostras analisadas. Após isto, foram elaborados gráficos hidroquímicos (Piper e U.S. Salinity, etc.) com a utilização do pacote computacional "QUALIGRAF", versão Beta, desenvolvido por MÖBUS (2003) e divulgado no *site* da FUNCEME ([www.funceme.br](http://www.funceme.br)), foram também confeccionados gráficos no diagrama de Schöller e Berkloff para se verificar a potabilidade das águas no consumo humano.

Para auxiliar na interpretação dos valores de Condutividade Hidráulica, STD (Sólidos Totais Dissolvidos), profundidade e distribuição do nível estático geral dos poços da área, foi utilizado o *software SURFER* versão 8.0 (Golden Software) para a elaboração de alguns mapas de distribuição destes parâmetros.

### CAPÍTULO III - ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

As informações relacionadas aos aspectos que compõem o conjunto socioeconômico do município de Maracanaú, porção sudoeste da Região Metropolitana de Fortaleza, tiveram como principal fonte os relatórios do Perfil Básico Municipal, publicado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE (CEARÁ, 2004) e, para efeito de melhor compreensão, são abordados de maneira distinta.

- Maracanaú

O nome do município tem origem tupi e quer dizer lagoa onde os maracanãs bebem, o nome foi dado ao município em função da grande quantidade destas aves que sobrevoavam suas lagoas.

O município de Maracanaú foi emancipado em 04 de julho de 1983. Para efeito de planejamento político-administrativo é composto por nove bairros: Conjunto Industrial, Aracapé, Cidade Nova, Conjunto Acaracuzinho, Alto Alegre I, Alto Alegre II, Alto Alegre III, Alto da Mangueira e Distrito do Timbó.

A população, segundo o último censo realizado pelo IBGE, em 2000, registrou um contingente de 179.732 habitantes, e uma população estimada em 193.879 habitantes em 2007, representando 2,42% da população do Estado do Ceará, sendo que 99,69,% habitam na zona urbana, enquanto 0,31% ocupam a área rural. A densidade demográfica é de 1.779,81 hab/km<sup>2</sup> com uma taxa de incremento anual de 3,69%.

Entre os municípios que formam a RMF, Maracanaú é o terceiro colocado em termos de contingente populacional, abaixo somente de Fortaleza e Caucaia. Em termos estaduais, é o quarto município mais populoso do Ceará.

Maracanaú sofreu um vertiginoso crescimento populacional, motivado principalmente pela construção de vários conjuntos habitacionais, financiados pelo BNH (Banco Nacional da Habitação), nas proximidades do DIF (Distrito Industrial de Fortaleza), localizado no município de Maracanaú.

A construção destes conjuntos habitacionais, buscou a solução para os problemas habitacionais de Fortaleza, bem como, da alocação de mão-de-obra assalariada para o DIF. Nas proximidades do município de Maracanaú, foram construídas mais de 20.000 residências a partir de 1979, vindo a ocasionar um salto no número de habitantes e, conseqüentemente, no processo de expansão urbana: de 37.844 habitantes em 1980, para 157.150 em 1991 (SANTOS, 1998).

O indicador de saúde, mostrado pela mortalidade infantil, é de 12,7 por mil nascidos vivos, em 2007 e, no âmbito educacional, os principais indicadores são taxas de escolarização na alfabetização, no ensino fundamental e médio que é de 86,24%, 98,59% e 50,58% respectivamente. As Tabelas 3.1 e 3.2 mostram outras informações relacionadas às estruturas de saúde e educação de Maracanaú.

Tabela 3.1 - Unidades de Saúde no município de Maracanaú - 2007

TIPO DE UNIDADE	QUANTIDADE
Posto de saúde	26
Centro de saúde	-
Ambulatório	25
Consultório médico/odontológico	21
Policlínica	01
Unidade mista	-
Unidade móvel	01
Unidade de vigilância sanitária	01
Unidade de saúde da família	26
Outras	17
Hospitais	03
<b>TOTAL</b>	<b>120</b>

Fonte: Ministério da Saúde/Site do DATASUS (2007).

Tabela 3.2 - Tipos de Escolas e Matrícula Inicial - Maracanaú, 2007

TIPOS DE ESCOLAS	TOTAL	MATRÍCULA INICIAL
Ensino Fundamental	260	56.785
Ensino Médio	20	13.659
<b>TOTAL</b>	<b>280</b>	<b>59.728</b>

Fonte: Secretaria da Educação Básica (SEDUC), 2007.

Quanto às condições de infra-estrutura básica de Maracanaú, relacionada ao abastecimento de água e saneamento básico, as Tabelas 3.3 e 3.4 resumem o quadro atual.



Tabela 3.3 - Abastecimento de Água - Maracanaú, 2008.

<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>MUNICÍPIO</b>
Ligações reais	35.805
Rede de distribuição (m)	484.605
Volume produzido (m <sup>3</sup> /ano)	1.370.232,00

Fonte: Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), 2008.

Tabela 3.4 - Saneamento/Esgotamento Sanitário - Maracanaú, 2008.

<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>MUNICÍPIO</b>
Ligações reais	1.782
Rede coletora (m)	191.468,27
Volume produzido (m <sup>3</sup> /ano)	255.384,00

Fonte: Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), 2008.

Maracanaú possui um total de 42.263 imóveis, segundo dados obtidos do IBGE (2000). Os dados da tabela 3.4 são referentes aos imóveis residenciais e comerciais que recebem água tratada a partir da rede de abastecimento público da CAGECE. Assim sendo, observa-se que 84,1% do total de domicílios do município utilizam-se da água do abastecimento público, enquanto que os outros 15,9% dos imóveis utilizam-se de uma outra forma de abastecimento d'água que provavelmente deva ser feito através da captação de águas subterrâneas.

Maracanaú possui a segunda maior arrecadação do Estado, centralizada fundamentalmente no setor industrial. O produto interno bruto (PIB) alcançou o montante de R\$ 2.277.536,30, representando cerca de 1,5% do PIB estadual. O PIB *per capita* foi de R\$ 11.904,52, onde para sua formação destaca-se fortemente o setor industrial, seguido dos serviços de menor significância, do setor de manejo rudimentar agropecuário.

Quanto a vocação econômica, o município destaca-se em diversos setores desde a agricultura de algodão herbáceo

sequeiro; plantas aromáticas e medicinais; a preparação de britamento e outros trabalhos em pedras (não associados à extração); produtos de laticínio (exceto leite); artefatos têxteis de tecidos (exceto vestuário); artigos para cama e mesa e colchoaria; biscoitos e bolachas; calçados de couro, plástico, tecidos, fibras, madeira ou borracha; fungicidas; herbicidas; defensivos agrícolas; massas alimentícias; material elétrico para veículos (exceto baterias) e medicamentos.

## CAPÍTULO IV - COMPONENTES GEOAMBIENTAIS

A caracterização dos elementos naturais da área é dada pelos condicionantes geoambientais que, por sua vez, estão fundamentados no desenvolvimento harmônico natural da região, sendo representados pelos aspectos geológicos, climáticos, geomorfológicos, pedológicos, vegetacionais, além dos aspectos climáticos associados aos recursos hídricos superficiais.

Procurando integrar os fatores relacionados aos recursos hídricos (hidrografia e clima), o item versando sobre a hidrogeologia da área estudada será inserido no tópico "Hidrogeologia" (Capítulo 5), no sentido de melhor enfatizar a principal pauta do trabalho.

### 4.1 - ASPECTOS GEOLÓGICOS

Através do levantamento bibliográfico se verificou a existência de correlações descritivas e temporais entre as propostas estratigráficas, no que concerne ao posicionamento dos diversos litotipos, ocorrendo, entretanto, divergências quanto às denominações dadas as unidades.

Quanto aos aspectos físico-ambientais, a porção Centro-Norte de Maracanaú possui como unidades litoestratigráficas, as rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria (Pré-Cambriano), os sedimentos da Formação Barreiras (Tércio-Quaternário), os sedimentos recentes (Quaternário), caracterizados pelas aluviões dos rios Timbó e Maranguape (BRAGA et al., 1997 apud SANTOS, 1998).

O trabalho aqui apresentado assume a proposta de BRANDÃO (1995) no que se refere à designação das unidades litoestratigráficas, visto que a área em estudo localiza-se na RMF que foi estudada pelo mesmo (Tabela 4.1), sendo representada pelos Complexos Granitóide-Migmatítico e Gnáissico-Migmatítico, que ocupam 58,6 km<sup>2</sup> e que representa 86,1% da área de estudo.

O Complexo Granitóide-Migmatítico, corresponde a um conjunto de rochas ortoderivadas. Geomorfologicamente são representados pelos maciços residuais de Maranguape e Pacatuba, localizados a Sudoeste da área, apresentando um contorno ovalado cujo eixo e meio encontra-se orientado na direção NE-SW.

Os litotipos dominantes nesta unidade correspondem a migmatitos homogêneos, representados por diatexitos e estruturas homófonas, leucocráticas, de cor cinza a rósea, granulação fina a grossa, e constituídas essencialmente por quartzo, feldspato (plagioclásio e microclina), biotita, muscovita, hornblenda e/ou granada.

Os granitóides dos núcleos anatéticos formam corpos mais ou menos individualizados, em geral subcirculares ou grosseiramente elípticos, com dimensões consideráveis. Geralmente os granitóides são de cor cinza-clara a escura e rósea. A granulação varia de média a grossa, com tipos equigranulares e porfiróides. Os granitóides apresentam relevo residual formado a partir da erosão diferencial que rebaixa as áreas gnáissicas circundantes.

BRANDÃO (1995), a partir de uma análise globalizada dos litotipos do Complexo Gnáissico-Migmatítico, mostra a atuação de processos metamórficos e deformacionais em escala regional, compatíveis com o fácies anfíbolito e uma anisotropia estrutural representada por uma foliação resultante de deformação dúctil, em regime de cisalhamento simples.

Os gnaisses são os constituintes mais comuns dessa unidade e constituem os seguintes tipos: biotita-gnaisses, muscovita-gnaisses, hornblenda-biotita-gnaisses, com variações de paragneisses bandados a gnaisses facoidais.

Nesta unidade também são encontrados migmatitos, caracterizados pela redução ou ausência de traços de foliação ou aparecimento de complexos dobramentos, anfibolitos, conforme BRAGA et al. (1981); são rochas de cor esverdeada, formando pequenas lentes quando encaixadas nos migmatitos e, lentes maiores, quando encaixadas em gnaisses; quartzitos, representados por rochas de pouca espessura, às vezes dobradas, bastante recristalizadas, foliadas, fraturadas, de granulação fina, textura maciça e cor creme; A associação mineralógica por quartzo, biotita, granada, plagioclásio, hiperstênio e clinopiroxênio; e mármore descritos por BRAGA (op.cit.), como sendo dolomitos de cores creme a branco leitoso, maciços de textura granular-mosqueada a sacaroidal, granulação fina a média. Os mármore encaixados nos litotipos gnáissicos formam lentes espessas com extensão, às vezes, de alguns quilômetros.

Tabela 4.1 - Sumário Geológico da Área Estudada

		UNIDADE GEOLÓGICA		DESCRIÇÃO RESUMIDA
		CENOZÓICO	Quaternário	<b>Qa</b>
	Terciário	<b>Tb</b>	Formação Barreiras	Sedimentos areno-argiloso, de coloração avermelhada de aspecto mosqueado, mal selecionados, com níveis conglomeráticos e matriz argilosa caulínica com cimento argilo-ferruginoso e, às vezes silicoso.
PROTEROZÓICO	Inferior	<b>Pεgn-mg</b>	Complexo Gnáissico-Migmático	Domínio de biotita-gnaisses para ortoderivados, com ou sem muscovita, anfibólio, granada e silimanita, parcial ou totalmente migmatizados; xistos e granulitos. Intercalações de lentes calcárias e de muscovita-quartzitos.

		<b>Pegr-mg</b>	Complexo Granitóide-Migmatítico	Domínio de ortognaisses graníticos e migmatitos diversos com microclina, biotita e hornblenda (Rochas Ortoderivadas), encerrando com frequência lentes anfibolíticas.
--	--	----------------	---------------------------------	---

Fonte: Modificado de BRANDÃO *et al*, 1995.

A Formação Barreiras (Tb), de idade miocênica superior a pleistocênica, possui caráter predominantemente continental, onde os sedimentos foram depositados sob condições de um clima semi-árido, sujeito as chuvas esporádicas e violentas, formando amplas faixas de leques aluviais coalescentes (BRANDÃO, 1995).

Estes depósitos ocupam 8,66 km<sup>2</sup> (12,74% da área total), individualizando-se como uma região de tabuleiros planos, localmente ondulada com depressões suaves, truncada normalmente pelos vales dos rios e riachos, repousando sobre o embasamento cristalino em discordância angular erosiva.

A Formação Barreiras é composta de arenitos argilosos e clásticos variados. Ocorrendo principalmente nas porções norte e nordeste do município, apresenta-se com espessura que varia de 2 a 30 metros em função dos efeitos erosivos e do contato irregular com o embasamento cristalino.

Litologicamente a Formação Barreiras é formada por intercalações de sedimentos areno-silto-argilosos, pouco ou não litificados, contendo na base níveis conglomeráticos e apresentando coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes de aspecto mosqueado. Horizontes lateríticos são freqüentes e estão associados à percolação da água subterrânea que lixivia o elemento Fe, concentrando-o em determinados níveis, formando cangas lateríticas.

O Quaternário (Qa) é caracterizado por sedimentos mais recentes, exibindo-se tanto através de sedimentos coluviais, quanto pelas aluviões do rio Maranguapinho, cobrindo cerca de

0,79 km<sup>2</sup> representando 1,16% da área de estudo. O rio Maranguapinho corta o município a partir, da porção centro-sul, seguindo para noroeste. Na porção oeste e norte do município, encontram-se as aluviões do rio Maranguapinho, atingindo o limite com o município de Caucaia. Há ainda, os açudes e lagoas que ocupam em torno de 1,04% (0,7km<sup>2</sup>) da área de estudo. A litologia dessa unidade é composta predominantemente por argilas, areias argilosas, areias quartzosas e quartzo-feldspáticas.

#### 4.2 ASPECTOS ESTRUTURAIS

Na subdivisão em domínio geológico estrutural da Província Borborema, a área pesquisada está inserida no Domínio de Dobramentos Jaguaribeano, onde predomina a exposição de terrenos gnáissicos-migmatíticos-graníticos.

Os terrenos Pré-Cambrianos encontrados em todo o Estado do Ceará podem ser divididos em diferentes Domínios Crustais, os quais englobam seqüências litoestratigráficas com evolução tectono-metamórfica própria daquele Domínio a que pertencem e distintas dos demais (ARTHAUD et al., 1998). Os limites são marcados por expressivas descontinuidades crustais caracterizadas por grandes zonas de cisalhamento.

A área de estudo está inserida na RMF, a qual é marcada por estruturas geológicas caracterizadas por processos dúcteis com sobreposição de efeitos rúpteis. Segundo BRANDÃO (1995), o trend principal das zonas de cisalhamento é NE-SW, com direções subordinadas segundo NW-SE, WSW e NNE.

O modelo de tectônica colisional aceito para explicar a estruturação geológica das regiões nordeste e oeste da África é invocada para elucidar a estruturação geológica do Ceará, posto que essas regiões eram ligadas em épocas gondwânicas.

A atividade tectônica associada à deriva continental e abertura do Oceano Atlântico propiciou a formação das bacias interiores nordestinas preenchidas por sedimentos continentais; posteriormente, uma ação compressiva teria afetado essas bacias, culminando com a deposição dos sedimentos pertencentes à Formação Barreiras.

O arcabouço estrutural da região é caracterizado por um desenvolvimento tectônico polifásico, em que descontinuidades representadas por zonas de fraturas e falhas sucederam-se às estruturas resultantes do comportamento tectônico dúctil, composto por estiramentos e deformações plásticas, muitas vezes tendendo a se posicionar segundo as orientações das anisotropias preterias (BRANDÃO, op.cit.).

Os processos de deformação dúctil ocorrem predominantemente nos domínios do Complexo Gnáissico-Migmatítico, que possuem feições plano-lineares representadas pelo: bandamento gnáissico, xistosidade e uma foliação de transposição.

A relação com o quadro regional permite associar as falhas e fraturas com a tectônica proterozóica superior-eopaleozóica, reativa ou não no mesozóico quando do evento de instalação do Oceano Atlântico. Muitas dessas estruturas encontram-se preenchidas por material granítico, pegmatítico e quartzoso, marcando uma importante fase de diqueamento ácido, correspondendo as últimas manifestações magmáticas do Ciclo Brasileiro.

#### 4.3 - UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

As principais feições geomorfológicas da região estudada derivam das formas de relevo, que estão associadas diretamente os litotipos e aos fatores eustáticos e morfodinâmicos, associados, ainda, às características de solo e vegetação.



Especificamente, na RMF, onde se localiza a área de estudo, a compartimentação do relevo é representada por quatro (04) domínios geomorfológicos, estabelecidos por critérios de homogeneidade das formas, do posicionamento altimétrico, da estrutura geológica, da atividade tectônica, além de características de solo e vegetação. São eles: Planície Litorânea, Glacis Pré-litorâneos, Depressão Sertaneja e Maciços Residuais (BRANDÃO, 1995 apud ALMEIDA, 2005).

Os Glacis Pré-litorâneos compreendem aos sedimentos pleistocênicos sustentados pela Formação Barreiras. Formam relevos rebaixados, apresentando uma distribuição de topos planos e horizontais, variando entre 30 e 40 metros, com superfícies retrabalhadas pela ação eólica. Constituem tabuleiros retalhados por vales alongados, apresentando caimento topográfico suave em direção à faixa costeira, penetrando cerca de 20 km em média para o interior.

Exibem formas características de rampa, com declividade inferior a 5°, que vai se aplainando a medida que se aproxima da costa. São freqüentes em suas escarpas estruturas de leques aluviais, formados por sedimentos heterogêneos, com diferentes tipos de fácies. Os Glacis Pré-litorâneos foram formados pela coalescência de cones de deposição colúvio-eluvionares, implicando na acresção ou retrabalhamento imposto pela rede de drenagem.

A Depressão Sertaneja compreende o setor centro-sul do município e possui altitudes de 40 a 100 metros, exibindo topografia plana ou levemente rampeada formando pedimentos, a partir da base dos Maciços Cristalinos. Os pedimentos têm caimento da topografia em direção aos fundos de vale, sendo que, para o litoral, contactam aos Glacis Pré-Litorâneos, praticamente sem ruptura nítida na topografia. Essa depressão caracteriza-se por uma superfície de aplainamento oriundo do trabalho erosivo diferencial sobre as rochas cristalinas de

diversas litologias. Há, ao longo dessa unidade, esparsos afloramentos de rocha, que denunciam a ação do escoamento difuso (em lençol) e são testemunhas dos processos de aplainamento que ocorrem desde o fim da Era Mesozóica.

Os Maciços Residuais (serras cristalinas) e os eventuais relevos isolados de pequenas dimensões (inselbergs) configuram as porções terminais e setentrionais das serras de Pacatuba/Aratanha, situada a sudeste, e Maranguape, situada a noroeste do município de Maracanaú. Estes maciços compõem-se como a Depressão Sertaneja, de rochas do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, derivando-se, essencialmente, do trabalho seletivo da erosão (erosão diferencial), que rebaixou as áreas circundantes, de constituições litológicas mais tênues. A impermeabilidade das rochas e as condições mais úmidas favorecem o adensamento da drenagem e o seu maior aprofundamento em superfície, resultando num relevo mais dissecado e de feições aguçadas (cristas) e convexas (colinas).

As Planícies Fluviais são áreas que possuem as melhores condições de solo e de disponibilidade hídrica e, portanto, zonas de diferenciação geoambiental no contexto dos sertões semi-áridos. No município de Maracanaú, tais ambientes ocorrem ao longo dos rios Timbó (a leste) e Maranguapinho (no centro-oeste). Tais planícies detêm níveis altimétricos de 10-30 metros e possuem solos aluviais recobertos pela mata ciliar de carnaúba. Sua configuração topográfica deve-se à capacidade de sedimentação que supera o entalhe superficial da drenagem, devido à sua interminência sazonal.

A seguir, apresenta-se um quadro síntese das unidades geológico-geomorfológicas (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 - Unidades Geológico-Geomorfológicas da Porção Centro-Norte do município de Maracanaú.

<b>UNIDADE CRONO-ESTRATIGRÁFICA</b>	<b>UNIDADE GEOMORFOLÓGICA</b>	<b>FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS</b>
<b>Quaternário - Holoceno (Qa) Sedimentos Coluviais e Aluviais</b>	Planícies Fluviais e Flúvio - Lacustres	Planície Fluvial dos rios Maranguapinho e Timbó. Planície Flúvio-lacustre, lacustre e áreas de acumulação inundáveis
<b>Terciário Pliopleistocênico (Tb) Formação Barreiras</b>	Glacis Pré-litorâneos	Tabuleiros Pré-litorâneos de Pajuçara e Jaçanaú.
<b>Pré-Cambriano Não Diferenciado (P<sub>egn-mg</sub>)</b>	Maçiços Residuais	Vertente Norte-oriental Sub-úmida/ Seca da Serra de Aratanha. Vertente Norte-ocidental úmida/ Sub-úmida/ Seca da Serra de Maranguape
<b>Pré-Cambriano Não Diferenciado (P<sub>egr-mg</sub>) Complexo Tamboril - Santa Quitéria</b>	Depressão Sertaneja	Depressão Semi-Árida/ Sub-úmida de Maracanaú

Fonte: ALMEIDA, 2005.

#### 4.4 - SOLOS

Especificamente, no estudo dos solos, deve-se estabelecer sua distribuição espacial associando-a a outras condições ambientais, notadamente às de natureza geológico-geomorfológica e fitoecológica. Avaliam-se as características das classes de solos em função de seu potencial de utilização e suas condições atuais de conservação (SOUZA, 2000 apud ALMEIDA, 2005).

Além disso, o conhecimento dos solos constitui-se em um dos principais atributos para a realização de programas de planejamento territorial. Para Brandão, 1995 é a partir dos estudos das características edafo-pedológicas que "se torna, possível a implementação de ações voltadas para projetos de

aumento de produtividade agrícola, irrigação, desenvolvimento de técnicas de manejo e conservação do solo”.

Os solos possuem como agentes formadores, o clima, a biosfera, a rocha matriz, o relevo e o tempo, ou seja, o solo é produto resultante da ação integrada dos agentes intempéricos sobre os materiais pré-existentes de natureza mineral e orgânica (VIEIRA, 1975 apud ALMEIDA, 2005).

As principais classes de solos (unidades de mapeamento e inclusões) de acordo com a nova classificação de solos desenvolvida pela EMBRAPA em 1999, e suas correspondentes no município de Maracanaú são as seguintes:

Alissolos (Podzólico Vermelho-Amarelo): ocorrem nas áreas mais espessas dos sedimentos da Formação Barreiras, em relevo plano e suavemente ondulado; presença de horizonte B textural (Bt) com aumento da fração argilosa em relação ao horizonte A; possuem boas propriedades físicas, são profundos, muito drenados e friáveis; possuem baixa fertilidade, porém, podem ser utilizadas em culturas de ciclo curto ou longo, se procedendo a adubação e correção do solo para maior produtividade; são cobertos por florestas subcaducifólia e transição floresta/caatinga.

Plintossolos (Podzólico Vermelho-Amarelo abrupto plínthico): ocorrem também nos terrenos Tércio-Quaternários da Formação Barreiras, predominando nas depressões, com relevo plano e suavemente ondulado; possui acentuada mudança da textura do horizonte superficial para subsuperficial (abrupto), com presença de plintita, formada de argila, pobre em húmus e rica em ferro (plínthico); apresenta drenagem moderada e/ou imperfeita, restrições quanto à fertilidade natural e quanto à profundidade da plintita, já que esta restringe a produção agrícola por prejudicar o desenvolvimento radicular e a permeabilidade; são recobertos também por florestas subcaducifólia e transição floresta/caatinga.

Luvissolos (Podzólico Vermelho-Amarelo Equivalente Eutrófico): ocorrem nas altitudes intermediárias das Serras de Maranguape e Aratanha/Pacatuba, onde há maior desgaste por parte da erosão, apresentando relevo montanhoso e vegetação de floresta sub-caducifólia; são solos rasos, com horizonte A seguido diretamente da rocha matriz ou com horizonte C interveniente, formado por materiais oriundos desta rocha em grau mais avançado de intemperização, com muitos materiais primários e blocos de rochas semi-intemperizados; a pouca profundidade, a pedregosidade e rochosidade, e o relevo montanhoso são as principais limitações ao uso, tendo maior viabilidade para esse ambiente, a preservação da biodiversidade.

Principais Inclusões: reportam-se a ocorrência de solos em pequenas proporções em relação às unidades de mapeamento, representando menos de 20% da área da referida unidade;

Planossolos (Planossolo Solódico): situa-se a nordeste do município, em relevo plano e suavemente ondulado; apresentam horizonte B textural, mudança textural abrupta e saturação com sódio no horizonte B, possuem problemas de encharcamento durante a estação chuvosa, ressecamento e fendilhamento na estação seca; a utilização mais racional deve ser realizada pela pastagem natural e com extrativismo vegetal da carnaúba; são recobertos por vegetação de Caatinga, denotando características de semi-aridez.

Neossolos Flúvicos (Solos Aluviais Eutróficos): solos importantes pela área significativa em relação à área do município (12,3 km<sup>2</sup> ou 15% da área total) e o seu potencial para uso agrícola; recobertos por vegetação de mata ciliar de carnaúba e de relevo plano; situam-se ao longo dos principais cursos d'água, pouco desenvolvidos e originados de deposição recente de natureza diversa; horizonte superficial de cor cinza escuro devido à matéria orgânica; muito importante para

utilização agrícola em função da profundidade e da boa fertilidade natural; as limitações são os problemas de drenagem e salinização, e quanto à ocupação urbana, são inadequados devido a ocupação sazonal pela água dos rios nos períodos chuvosos.

Neossolos (Solos Litólicos Eutróficos): ocorrem na área de estudo, na porção Noroeste e mais precisamente no trecho entre o Açude Novo e o Açude dos Pratas; em relevo suavemente ondulado a ondulado, e freqüentemente observa-se a ocorrência de afloramentos de rochas; recobertos por vegetação de Caatinga, podem ser utilizados para a pastagem natural, dadas as limitações impostas pelas condições do ambiente (pouca umidade).

A seguir, apresenta-se um quadro com as principais classes de solos e suas características dominantes no município de Maracanaú (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 - Classes de solos e características dominantes no município de Maracanaú.

<b>CLASSES DE SOLOS</b>	<b>SISTEMAS AMBIENTAIS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DOMINANTES</b>
<b>Alissolos, Argissolos, Plintossolos, Luvisolos</b>	Tabuleiros Pré-Litorâneos de Jaçanaú e Pajuçara, Depressão Semi-árida/Subúmida de Maracanaú, Vertente Norte-Oriental da Serra de Aratanha e Vertente Norte-Occidental da Serra de Maranguape.	Rasos e profundos, textura média ou argila, moderadamente ou imperfeitamente drenados, fertilidade natural média a alta.
<b>Neossolos Flúvicos</b>	Depressão Semi-árida/Subúmida de Maracanaú, Vertente Norte-Oriental da Serra de Aratanha e Vertente Norte-Occidental da Serra de Maranguape.	Solos rasos, textura argilosa, fertilidade natural média, bastante susceptível à erosão, com fases pedregosas.

<b>Planossolos</b>	Depressão Semi-árida/ Subúmida de Maracanaú.	Solos rasos a moderadamente profundos, mal drenados, textura indiscriminada, fertilidade natural média a baixa com problemas de sais.
<b>Neossolos Flúvicos</b>	Planícies fluviais dos rios Maranguapinho e Timbó, Planície flúvio-lacustres, lacustres e áreas de acumulação inundáveis.	Solos profundos, mal drenados, textura indiscriminada e fertilidade natural muito baixa.

Fonte: Adaptado de SOUZA et al.(2000) e EMBRAPA (1999).

#### 4.5 - VEGETAÇÃO

Baseado no mapeamento regional da cobertura vegetal do Estado do Ceará realizado por FIGUEIREDO (1995, *apud* IPLANCE, 1995), a cobertura vegetal da área pode ser dividida em dois (02) tipos: Complexo Vegetacional da Zona Litorânea (Vegetação dos Tabuleiros Litorâneos) e Caatinga Arbustiva Densa, sendo a primeira predominante na região e a segunda ocorrendo apenas no extremo oeste da área.

Na Vegetação dos Tabuleiros Litorâneos são identificados três tipos vegetacionais: a Mata de Tabuleiros, o Cerrado e a Caatinga. A primeira encerra espécies das matas, serras, da caatinga e espécies próprias, tais como Imbaúba (*Cecropia sp*), Timbaúba (*Enterolobium contortisiliquun*), Jucá (*Caesalpinia ferrea*), Pau-Sangue (*Pterocarpus violaceus*) e Amargoso (*Vataria macrocarpa*).

A Caatinga é encontrada sobre os tabuleiros em substituição as áreas de matas depois de sucessivos desmatamentos e entre as espécies presentes estão a Jurema (*Mimosa*), a Catingueira (*Caesalpinia*), o Camará (*Lantana camara*) e a Imbura-Vermelha (*Bursera lapphlocos*).

Caatinga é um termo de origem indígena, já consagrado na literatura e no meio popular para designar a vegetação xerófita que ocorre no domínio semi-árido. Apresenta-se com

várias fisionomias: caatinga com árvores altas, chegando até a 20 metros de altura, caules retilíneos e um sub-bosque constituído por árvores menores, arbustos e sub-arbustos efêmeros, representados principalmente pela Baraúna (*Schinopsis brasiliensis*) e Aroeira (*Astronium urundeuva*).

As caatingas, com suas diversidades fisionômicas e seleção de flora, formam diferentes tipos referenciados por vários nomes populares. As espécies mais freqüentes são a Jurema (*Mimosa hostile*), a Catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), o Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), o Marmeleiro-Preto (*Croton sonderianus*) e o Mandacaru (*Cereus jamacaru*).

#### 4.6 - ASPECTOS CLIMÁTICOS

No Nordeste do Brasil, a circulação atmosférica gira em torno de quatro sistemas meteorológicos principais: os Alísios, a Convergência Intertropical, o Equatorial Amazônico e a Frente Polar Atlântica (CAVALCANTE, 1998).

Os Alísios são mais atuantes na Região Nordeste e propiciam tendência para aridez, pois condicionam os estados de "tempos bons". É oriundo da zona subtropical de alta pressão sobre o Atlântico Sul, que origina os ventos predominantes do leste que sopram continuamente no litoral.

A Zona de Convergência Intertropical é o principal sistema sinótico responsável pelo estabelecimento da quadra chuvosa. Em seus constantes deslocamentos nos dois hemisférios, atua nos estados nordestinos provocando chuvas de verão-outono e, por vezes, expandindo-se até o inverno. Caracteriza-se por fortes chuvas acompanhadas por trovoadas, estendendo-se do litoral para o interior (COLARES, 1996).

O sistema composto pela massa Tropical Continental é responsável pelas chuvas de verão em todo o litoral nordestino. Constitui uma massa quente e úmida que atua após o



recuo da massa Polar Atlântica, avançando continente adentro e provocando chuvas, resultantes da condensação provocada pelo contato com a massa fria. As precipitações de outono-inverno são oriundas da Frente Polar Atlântica.

A combinação desses fatores com os geográficos (latitude, orientação do litoral em relação à corrente dos alísios, as baixas altitudes, o relevo, a orientação das serras, a continentalidade e o posicionamento do território em relação ao hemisfério sul), determina as condições climáticas vigentes, expressadas por elevadas temperaturas, amplitudes térmicas baixas, pequenos índices de nebulosidade, forte insolação, elevada taxa de evaporação e marcante irregularidade das chuvas no tempo e no espaço.

O regime pluviométrico caracteriza-se pela irregularidade das chuvas no tempo e no espaço, concentradas em um curto período de tempo (fevereiro a maio), e após este período, ocorrendo com menor intensidade, verificando-se assim, dois períodos bem distintos: um chuvoso e outro de estiagem, ou seco, sendo este último bastante prolongado, estendendo-se de junho a janeiro.

De acordo, com os dados obtidos para o período de 1998 a 2007, a partir da estação de pluviometria em Maracanaú e armazenada no banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUCEME), a pluviometria média é de 1153 mm/ano com valor mínimo de 1,9 mm/mês (outubro) e a máximo de 271,2 mm/mês (abril), (Tabela 4.4). As maiores precipitações ocorrem na quadra chuvosa fevereiro/março/abril/maio, com chuvas irregulares durante o resto do ano, de acordo com as características do clima semi-árido (Figura 4.1).

A distribuição irregular das precipitações pluviométricas, associada à elevada taxa de evaporação, é responsável pelos períodos de estiagens que leva a redução dos volumes

armazenados nos açudes e diminuição da taxa de distribuição de água à população.

O regime térmico local em virtude da baixa latitude e da proximidade do mar apresenta-se praticamente uniforme. As temperaturas são amenizadas pela corrente dos alísios, com médias entre 26 e 27°C e amplitude térmica em torno de 9°C. A média máxima atinge 27,7°C e a média mínima de 26,4°C. A temperatura média anual no período de observação é de 26,9°C para o município de Fortaleza que serve de referência por ser o mais próximo da área de estudo e que se dispõe de dados (Figura 4.2).

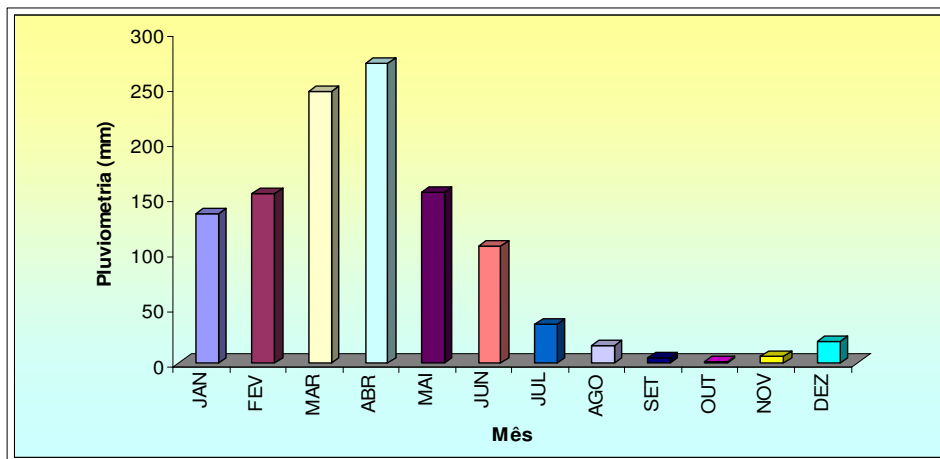


Figura 4.1 - Distribuição da pluviometria (média mensal) no município de Maracanaú; período de 1998 a 2007.

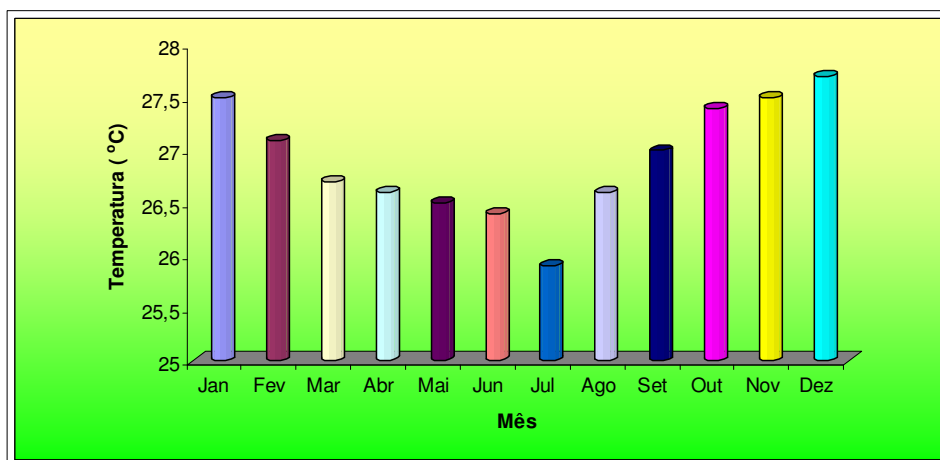


Figura 4.2 - Distribuição da temperatura (média mensal) no município de Fortaleza; período de 1998 a 2007.

A umidade relativa do ar apresenta um coeficiente de variação igual ao da precipitação, alcançando o valor máximo da ordem de 87% no mês de março e mínimo de 76% em setembro. As maiores taxas de evaporação concentram-se entre os meses de outubro a janeiro, atingindo valores máximos de 166 mm, coincidindo com o período de estiagem, e valores mínimos de 128 mm, na estação chuvosa.

O balanço hídrico reflete a disponibilidade de água no solo a ser utilizada na superfície pelo cultivo agrícola a ser implementado. A definição física simplória de balanço hídrico reflete a relação entre a quantidade de água disponível no solo devido à oferta pluviométrica e a perda pelos processos evaporativos (evapotranspiração do solo e transpiração vegetal e outros processos físicos).

O cálculo do balanço hídrico foi realizado na aplicação do princípio de conservação de massa d'água, para uma determinada área, baseando-se no modelo de THORNTHWAITE, com base nas médias mensais de precipitação pluviométrica (P) no período de 1998 a 2007 e com temperaturas médias mensais estimadas por regressão linear múltipla (FUNCEME, 1997), sendo possível a determinação da evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR), o armazenamento de água no solo (CA), a deficiência de água por evaporação (DEFICIT) e a infiltração potencial (I), descritos a seguir.

- ⇒ Precipitação pluviométrica (P): quantidade de água adicionada ao solo por processos naturais (chuvas);
- ⇒ Temperatura (T°C): intensidade variável de calor na região;
- ⇒ Evapotranspiração potencial (ETP): quantidade anual de água, teoricamente necessária para a manutenção da planta verde;

- ⇒ Evapotranspiração real (ETR): quantidade de água que retorna à atmosfera por transpiração vegetal. Por este fenômeno a água passa do estado líquido ao estado gasoso;
- ⇒ Capacidade de armazenamento (CA): quantidade de água absorvida pelo solo;
- ⇒ Deficiência hídrica (DEFICIT): quantidade de água que falta ao pleno desenvolvimento e crescimento da planta;
- ⇒ Infiltração potencial (I): é a diferença da precipitação pluviométrica em relação à evapotranspiração real.

A Tabela 4.4, juntamente com a figura 4.3, mostram os resultados do balanço hídrico mensal médio para o município de Maracanaú, utilizando a capacidade de campo de 100 mm, segundo o método de THORNTHWAITE (1955).

Tabela 4.4 - Características climáticas e resumo das principais variáveis do balanço hídrico para o município de Maracanaú - CE; período de 1998 a 2007.

MES	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	(P-ETP) (mm)	ARM (mm)	ER (mm)	IE (mm)
Jan	27,5	135,5	161,49	-25,99	0,0	135,5	0,0
Fev	27,1	153,1	136,74	16,35	16,35	136,7	16,35
Mar	26,7	246,4	141,31	105,08	100,0	141,3	105,08
Abr	26,6	271,2	133,91	137,28	100,0	133,9	137,28
Mai	26,5	154,8	134,61	20,18	100,0	134,6	20,18
Jun	26,4	105,7	128,75	-23,05	0,0	105,7	0,0
Jul	26,4	35,6	132,65	-87,57	0,0	35,6	0,0
Ago	26,6	16,0	137,93	-121,93	0,0	16,0	0,0
Set	27,0	5,5	141,89	-136,39	0,0	5,5	0,0
Out	27,4	1,9	157,72	-155,82	0,0	1,9	0,0
Nov	27,5	7,0	156,92	-149,92	0,0	7,0	0,0

Dez	27,7	20,3	166,09	-145,79	0,0	20,3	0,0
ANO	26,9	1153,0	1730,06	-567,59	316,35	874,0	279,0

Fonte: FUNCEME, 2008.

**T** - temperatura do ar (média mensal); **P** - precipitação pluviométrica; **ETP** - evapotranspiração potencial; **P-ETP** - diferença entre a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração potencial; **ARM** - armazenamento; **ER** - evapotranspiração real; **IE** - Infiltração Efetiva

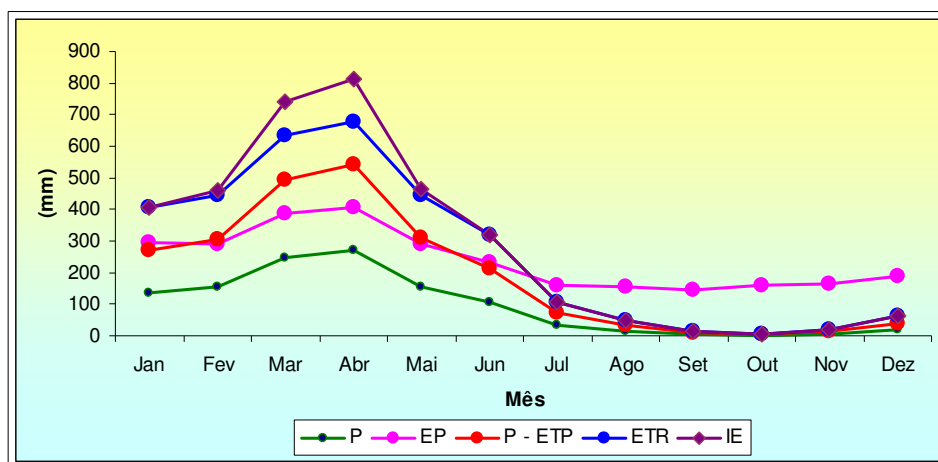


Figura 4.3 - Balanço hídrico mensal para o município de Maracanaú-CE; período de 1998 a 2007.

Através desses elementos é possível notar-se que ocorre armazenamento de água no solo de fevereiro a maio, sendo maior entre os meses de março e abril. Climatologicamente, esses meses coincidem com a atuação mais direta do principal sistema causador de chuva (Zona de Convergência Intertropical - ZCIT), que passa a atuar de maneira mais freqüente na produção de chuvas nessa região.

#### 4.7 - ÁGUAS SUPERFICIAIS

No que tange à hidrogeologia de superfície do município de Maracanaú, de acordo com o diagnóstico geoambiental realizado pela FUNCEME (1993) apud ALMEIDA (2005), esta é formada pelas sub-bacias dos rios Uruguatuba ou Urucutuba e Maranguape,

integrantes da Bacia do rio Ceará e pela sub-bacia do rio Timbó que pertence à Bacia do rio Cocó.

Os principais corpos d'água superficiais encontrados no município, segundo as Bacias Hidrográficas, são: rio Maranguapinho, rio Uruguatuba (ou Urucutuba), Lagoa do Jarí, Lagoa de Maracanaú, lagoa do Cágado (Jupaba), Lagoa do Mingau, Lagoa da Raposa e Lagoa de Jaçanaú, pertencentes à sub-bacia do rio Maranguapinho. As nascentes dessa Bacia localizam-se no Maciço ou Serra de Maranguape, já fora dos limites do município de Maracanaú. Os corpos d'água pertencentes à sub-bacia do rio Timbó são: riacho Boa Vista, Lagoa da Pajuçara, Lagoa do Acaracuzinho, Açude Furna da Onça, Açude Olho D'água dos Pratas, Açude Novo, Riacho João de Barro, Açude Sunguelo e Açude Santo Antônio de Pitaguari. As nascentes dessa bacia localizam-se nas serras de Munguba e Aratanha/Pacatuba, algumas inseridas nos limites políticos do município (MARACANAÚ, 1998 apud ALMEIDA, 2005).

O padrão de drenagem no município varia de acordo com as características geológicas locais, sendo dendrítica aberta na porção sul do município, onde predominam terrenos do embasamento cristalino, passando a paralela e esparsa nos sedimentos da Formação Barreiras (Tabuleiros) na porção norte do município.

Os açudes e as lagoas encravadas nos terrenos da Formação Barreiras e nas coberturas elúvio-colúviais, complementam os recursos hídricos superficiais correspondendo a uma área de 1,7 km<sup>2</sup>, ou seja, 2% da área do município. O plano estadual de Recursos Hídricos do Ceará (CEARÁ, 1992), estabeleceu para Maracanaú um nível de açudagem estimado na época de seis (06) açudes, com capacidade total de armazenamento avaliada em 1,571 hm<sup>3</sup> (CPRM, 1999).

## CAPÍTULO V - HIDROGEOLOGIA

Analisado de uma forma integrada observa-se que o tema recursos hídricos, constituído pelas características climáticas, às águas superficiais e as águas infiltradas (subterrâneas), encontra-se fortemente relacionado dentro do ciclo hidrológico, tendo como principal vetor constituinte, logicamente, a água.

A Hidrogeologia abordará as características dos sistemas hidrogeológicos existente na área, enfocando tipos de aquíferos, ocorrência, espessuras, recarga/descarga e propriedades hidrodinâmicas, além de uma avaliação sobre a situação das obras de captação de água subterrânea da área. Posteriormente, foi feito o cálculo de reservas, potencialidade e disponibilidade e, por último, uma análise da qualidade das águas, com sua classificação hidroquímica e uso.

### 5.1 - SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS

A área pesquisada (68km<sup>2</sup>) é geologicamente constituída por formações cenozóicas que incluem sedimentos inconsolidados e rochas sedimentares (Formação Barreiras, depósitos colúvio-eluvionares e aluviões) e litotipos pré-cambrianos dos Complexos Granitóide-Migmatítico e Gnáissico-Migmatítico, que constituem o meio fissural. Nesse contexto, foram individualizados quatro sistemas hidrogeológicos: Cristalino, Barreiras, Misto e Aluviões (Apêndice 03).

A identificação desses sistemas hidrogeológicos teve como base critérios geológicos obtidos de trabalhos de campo, através da extensão geográfica dos afloramentos, e correlação com os perfis de poços cadastrados.

A Figura 5.1 mostra o percentual de poços por sistema aquífero na porção Centro-Norte do município de Maracanaú, sejam eles tubulares profundos ou rasos, manual (cacimbas) ou amazonas. Nota-se, então, a predominância das obras no Sistema Hidrogeológico Cristalino (74,70%), seguido pelo Barreiras com (15,53%), Misto (8,80%) e Aluviões (0,97%).

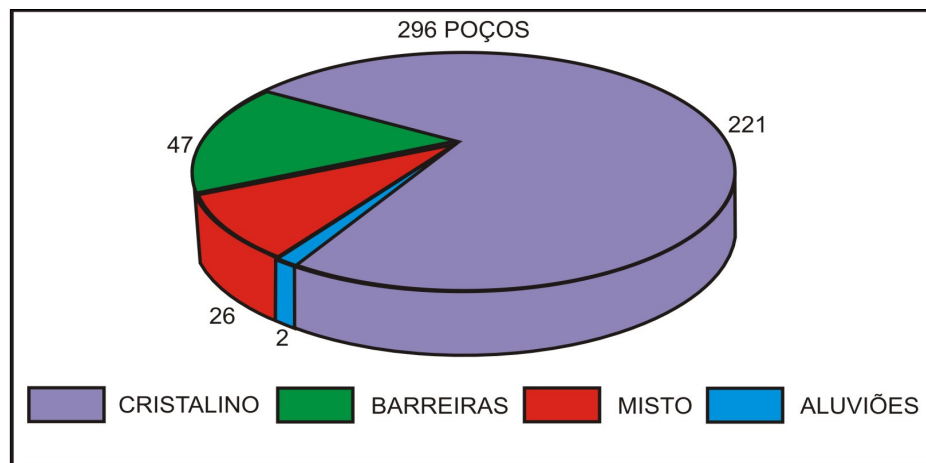


Figura 5.1 - Distribuição dos poços por sistemas hidrogeológicos na área de estudo.

O predomínio de captação de águas do sistema Cristalino reflete uma maior distribuição espacial desse sistema na área. Normalmente, ocorre que os poços tubulares profundos atravessam as unidades sedimentares que se apresentam com profundidades inferiores a 15 m, passando para o meio cristalino.

Apesar do número considerável de poços cadastrados para a área estudada (296 poços), apenas 15 apresentaram fichas



técnicas com perfis construtivos/litológicos, representando cerca de 5% do universo amostral. Essa baixa proporção entre o número de poços cadastrados e a quantidade de perfis construtivos/litológicos restringe uma identificação mais abrangente dos tipos de aquíferos realmente captados. Assim, através das fichas técnicas, 247 poços, dos tipos tubulares rasos e tubulares profundo, foram identificados como poços que captam água dos Sistemas Hidrogeológicos Cristalino e Misto. Os demais poços cadastrados correspondem aos do tipo manuais (cacimbas) e captam água dos Sistemas Hidrogeológico Barreiras e Aluviões. Esses últimos correspondem, justamente, aos poços do tipo amazonas (ver cadastro de poços - Apêndice 01).

#### 5.1.1 - MEIO CRISTALINO

As rochas do embasamento Pré-Cambriano representam para a hidrogeologia um contexto de pequena vocação para o armazenamento e captação de água subterrânea, em decorrência da ausência de porosidade e condutividade hidráulica primárias. É comum a utilização dos termos Sistema Cristalino, Meio Fissural, Aquífero Fraturado ou Meio Fraturado para designar este contexto hidrogeológico.

Nos terrenos cristalinos a porosidade primária pode ser considerada nula, ficando a infiltração, armazenamento e circulação das águas restritas às zonas de fraturas. Assim sendo, o enquadramento desses terrenos como aquíferos está condicionada a existência de estruturas rúpteis, abertas e interconectadas com área de recarga (CAVALCANTE, 1998).

A porosidade e condutividade hidráulica no cristalino sem manto de alteração são secundárias, oriundas do fraturamento e denominadas de "porosidade" e "condutividade hidráulica secundária", ou "de fraturas", possuindo valores extremamente pequenos quando comparados ao domínio sedimentar. A porosidade

primária é normalmente inferior a 1% e a condutividade hidráulica é menor do que  $10^{-5}$  m/s (CAVALCANTE, op.cit.).

Na área de estudo, o embasamento ocupa uma área aflorante de 58,59 km<sup>2</sup>, sendo representado pelos Complexos Granitóide-Migmatítico e Gnáissico-Migmatítico, apesar de não ser predominante, constitui-se como um dos principais sistemas de captação de água subterrânea na área (83,77%), em função, principalmente, da pequena espessura local da Formação Barreiras.

O Sistema Cristalino possui baixa vocação aquífera e as melhores áreas estão condicionadas pela existência de zonas cisalhadas, com fraturas abertas e associadas, muitas vezes, a reservatórios superficiais d'água (açudes) que se constituem como fontes de recarga, uma vez que a água armazenada nesses reservatórios pode migrar através dos sistemas de fraturas existentes na bacia hidráulica do açude vindo a serem interceptadas pelos poços.

Os poços tubulares deste contexto apresentam profundidades variáveis de 20 a 138 m, predominando de 50 a 60 m (Figura 5.2). O nível estático é variável, porém, ocorre um predomínio entre 1 e 10 m (81,10%), com mínimo de 0,4 m, máximo de 37 m e média de 6,07 m (Tabela 5.1). O rebaixamento do nível d'água nos poços do cristalino oscila predominantemente entre 25 e 40 m (54%).

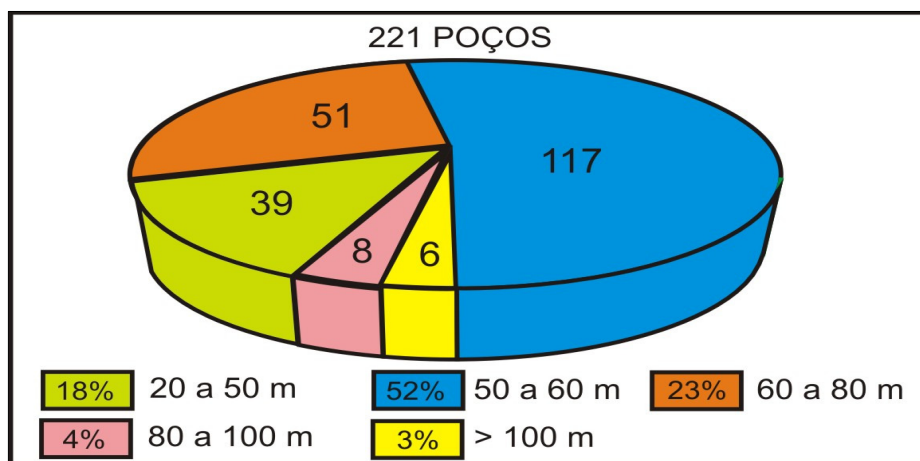


Figura 5.2 - Profundidade dos poços no Sistema Cristalino na área de estudo.

As profundidades seguem o padrão das empresas de perfuração que operam no Estado, normalmente, na faixa entre 50 e 70 m para captação de água em meio cristalino. A predominância da oscilação do nível estático abaixo de 15 m indica, no geral, águas subterrâneas pouco profundas na área. Já a oscilação do rebaixamento, em ampla faixa de profundidade, é decorrente das diferentes características técnicas do equipamento utilizado para o teste de vazão e do tempo de duração do mesmo.

Tabela 5.1 - Nível estático e rebaixamento do nível d'água no Sistema Cristalino da área.

Nível Estático (m)		Rebaixamento (m)	
Intervalo	Nº de dados	Intervalo	Nº de dados
$\geq 0,3 \leq 1$	6	$\geq 5 \leq 15$	13
$> 1 \leq 10$	77	$> 15 \leq 25$	16
$> 10 \leq 16$	11	$> 25 \leq 35$	26
$> 16 \leq 40$	1	$> 35 \leq 45$	25
-	-	$> 45 \leq 75$	15
<b>TOTAL</b>	<b>95</b>		<b>95</b>

As vazões predominantes são geralmente maiores que 0,03 e menores ou iguais a 1 m<sup>3</sup>/h (53,6%), com máxima de 19,3 m<sup>3</sup>/h (Figura 5.3) e a capacidade específica normalmente inferior a 1,0 [(m<sup>3</sup>/h)/m]. Da soma total, 15 dos poços apresentaram vazões inferiores a 0,03 m<sup>3</sup>/h e foram considerados secos. Os dados apresentados na tabela 5.2 correlacionam-se com os valores de vazão no contexto do meio cristalino apresentados por CAVALCANTE (1998), RIBEIRO (2001) e TAJRA (2001), no âmbito da Região Metropolitana de Fortaleza.

Poços construídos no cristalino e situados próximos a corpos hídricos, como rios ou açudes, podem apresentar vazões bem acima dos padrões mencionados anteriormente. Na área de estudo observou-se que alguns destes poços apresentaram vazões iguais ou superiores a 5 m<sup>3</sup>/h, citando-se os poços P11, P152, P85, P196, P205, P206, P207 e P238, estes poços localizam-se na porção centro-norte da área de estudo, próximos a rede de drenagem do rio Maranguapinho e da lagoa de Maracanaú, provavelmente, devem estar recebendo recarga das águas superficiais destes corpos d'água através do sistema de fraturas.

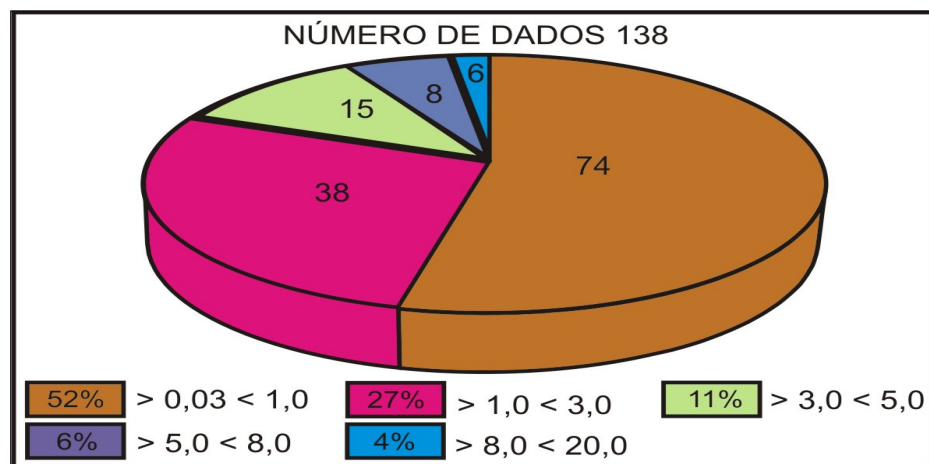


Figura 5.3 - Vazão dos poços no Sistema Cristalino

Tabela 5.2 - Dados de vazão dos poços no Sistema Cristalino.

<b>Vazão (m<sup>3</sup>/h)</b>	
Intervalo	N <sup>o</sup> de dados
≥. 0,03 ≤ 1	74
> 1 ≤ 3	38
> 3 ≤ 5	15
> 5 ≤ 8	08
> 8 ≤ 20	03
<b>TOTAL</b>	<b>138</b>

CAVALCANTE (1998) afirma que, no contexto da RMF, existem poços no cristalino que, mesmo secos, possuem perfis mostrando a existência de fraturas, demonstrando que é necessária a existência de fraturas abertas e interconectadas com zonas de recarga, comumente designada no meio técnico como “entradas d’água” (EA).

#### 5.1.2 - SISTEMA HIDROGEOLOGICO BARREIRAS

O Sistema Hidrogeológico Barreiras é constituído por sedimentos clásticos cenozóicos da Formação Barreiras e das coberturas Colúvio-eluvionares. Esses sedimentos correspondem às unidades de menor exposição na área pesquisada, ocupando uma área aflorante de 8,66 km<sup>2</sup>. As duas unidades litoestratigráficas foram consideradas um sistema aquífero único em função das características litológicas e hidrodinâmicas similares, anulando uma nítida distinção em termos locais (ver geologia da área - cap. 4).

Poucos são os poços tubulares cadastrados que captam água exclusivamente desse sistema hidrogeológico, dificultando uma análise mais precisa dos seus parâmetros hidráulicos, a nível local. No entanto, o cadastro de campo registra a ocorrência

de 47 poços do tipo manual (cacimbas) que captam água desse sistema, oferecendo algumas informações complementares, somadas as considerações feitas sobre o Sistema Barreiras no contexto da RMF.

A Figura 5.4 mostra o perfil do poço P-34 no contexto do Sistema Barreiras. O poço P-34 foi construído com sistema rotopneumático, diâmetro de perfuração de  $8^{1/2}$  polegadas e encontram-se revestido com tubo geomecânico leve, diâmetro de 6 polegadas, até a profundidade de 33 m embora, o domínio sedimentar Barreiras termine aos 27 m. Em todos os poços, ao passar pelo domínio do Barreiras, a perfuração adentra o Complexo Gnáissico-Migmatítico não precisando, dessa forma, de tubo de revestimento (meio cristalino).

Dentro do contexto hidrogeológico da RMF, baseando-se em testes de aquífero e de bombeamento, RIBEIRO (2001) encontrou para o aquífero Barreiras valores de  $4,65 \times 10^{-4}$  m/s e de  $4,78 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s para a condutividade hidráulica (K) e transmissividade (T), respectivamente.

Nos poços tubulares deste contexto predominam profundidades entre 10 a 15 m (66%). O nível estático é variável, predominando 6 m (72,5%), com mínimo de 1 m, máximo de 10 m e média de 4,43 m. De acordo com uma avaliação dos perfis cadastrados admiti-se uma espessura saturada para o Sistema Barreiras de 7 m, considerando uma transmissividade do meio igual a  $4,78 \times 10^{-3}$  encontra-se um valor de condutividade elétrica de  $6,8 \times 10^{-4}$ , ou seja, 42% maior que o valor encontrado por RIBEIRO (op.cit).

A variação de espessura do pacote sedimentar da Formação Barreiras na área é de 5 m a 17 m, sendo a média de 11 m. No entanto, não foi possível estabelecer uma correlação espacial entre estas espessuras e a área de afloramento do Barreiras, uma vez que situam-se nas porções central e norte da área

respectivamente, sem informação de continuidade lateral de espessura através dos poços mais próximos.

Os poços desse sistema hidrogeológico comporta-se, em geral, como um sistema livre, podendo localmente apresentar-se como semiconfinado em função dos níveis siltico-argilosos, apresentam vazões normalmente inferiores a  $2 \text{ m}^3/\text{h}$ , tendo como fatores de recarga a precipitação pluviométrica diretamente sobre sua área aflorante, os cursos fluviais, os açudes e as lagoas intermitentes da região. Os principais meios de descarga (exutórios) estão relacionados com a evapotranspiração, a rede de drenagem efluente e a drenança para o meio cristalino sotoposto, a partir do sistema de fraturas que permitem a circulação e o armazenamento da água.

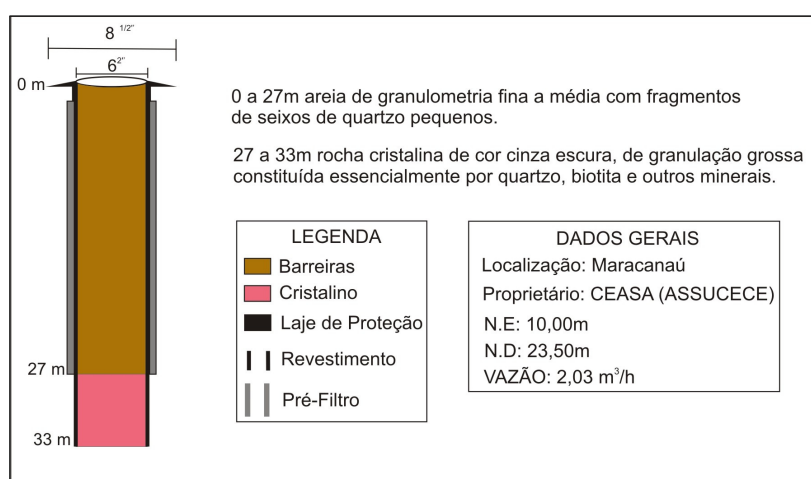


Figura 5.4 - Poço P-34 captando o Sistema Barreiras. (Fonte: SOHIDRA-2008)

### 5.1.3 - SISTEMA HIDROGEOLÓGICO MISTO

Por englobar mais de uma formação litoestratigráfica, esse sistema hidrogeológico localiza-se em pequenas áreas do Barreiras, sendo que 26 poços foram considerados como captando água subterrânea desse sistema. Essa verificação está fundamentada na interpretação dos dados obtidos, a partir, do cadastro de poços junto das empresas encarregadas de sondagem.

Um pouco mais da metade desses poços (66%), depois de atravessarem o Barreiras, penetram o embasamento cristalino

por mais de 40 m, em média, enquanto os 34% restantes penetram no cristalino 50 m em média, caracterizando um sistema misto de captação, uma vez que as entradas d'água ocorrem tanto nos filtros dispostos na seqüência formada por sedimentos arenosos do Barreiras como em fraturas das rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico situadas abaixo, como mostra o exemplo da Figura 5.5. Representam 8,5% dos poços cadastrados, sendo a maioria desses poços do tipo tubular profundo (90%).

O poço P-78 foi perfurado com sonda pneumática, diâmetro de 8<sup>1/2</sup> polegadas, sendo posteriormente revestido com tubo geomecânico leve de 6 polegadas até a profundidade de 28 m, onde acaba o domínio sedimentar (Barreiras). A partir de então, a perfuração passa por 8 m de rocha alterada até encontrar a rocha sã aos 36 m continuando e prossegue até a profundidade final do poço que é 120 m. O cristalino encontra-se com fraturas abertas e presença de água aos 60 m e 94 m de profundidade. A água neste poço é captada tanto do Sistema Barreiras, como do Cristalino sendo então denominado como um Sistema Misto.

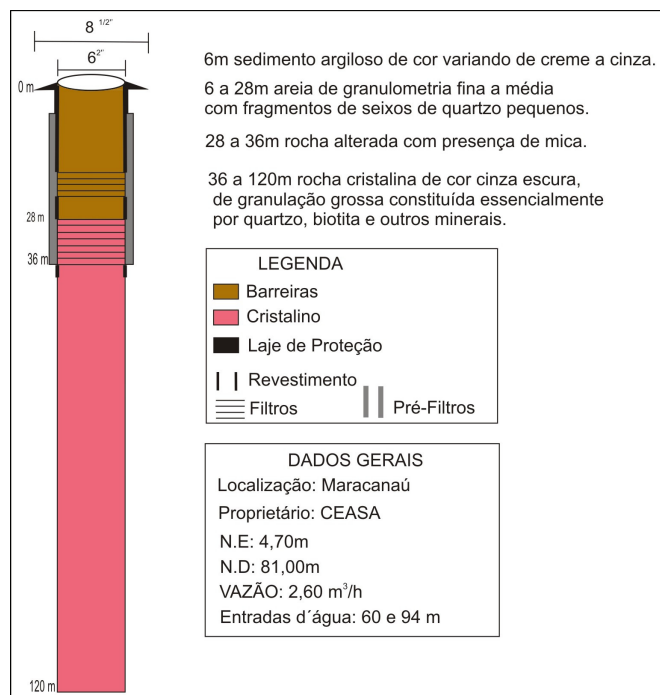


Figura 5.5 - Poço P-78 captando o Sistema Misto. (Fonte: SOHIDRA-2008)



De acordo com dados de 26 poços cadastrados desse sistema, observa-se que as profundidades situam-se entre 25 e 123 m, com média de 58 m (Figura 5.6). Apenas 02 poços dispõem de dados de nível estático com 12,70 m e 13 m.

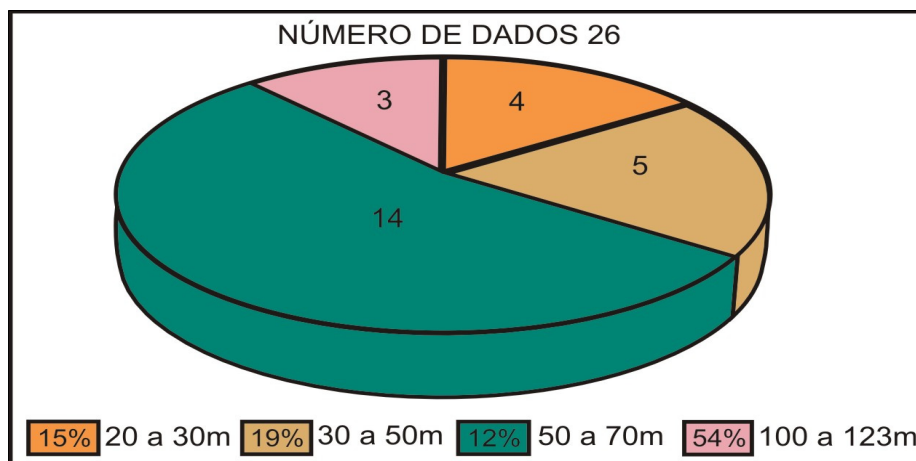


Figura 5.6 - Profundidade dos poços no Sistema Misto na área de estudo.

As vazões predominantes são geralmente abaixo de 2 m<sup>3</sup>/h (28%), chegando a valores mínimos e máximos de 0,30 m<sup>3</sup>/h e 4,5 m<sup>3</sup>/h, respectivamente, e média de 1,87 m<sup>3</sup>/h. A capacidade específica, semelhante ao que ocorre com os poços construídos do meio cristalino, é normalmente inferior a 1,0 [(m<sup>3</sup>/h)/m].

Era esperada uma melhor condição de aporte hídrico desse sistema hidrogeológico, já que haveria contribuição de duas unidades aquíferas (Barreiras e Cristalino fraturado). No entanto, revelou-se uma baixa vocação hídrica subterrânea assemelhando-se aos valores de vazão do meio cristalino. Isso ocorre, provavelmente, devido à pequena espessura da Formação Barreiras local (11 m de espessura média), juntamente com a forte influência de seus níveis argilosos.

Embora sendo essas vazões consideradas baixas, não implica, entretanto, em diminuição da importância do Sistema Hidrogeológico Misto como alternativa de abastecimento de algumas comunidades, ou mesmo como reserva estratégica nas épocas de estiagem prolongada.

Uma das formas de recarga do Sistema Hidrogeológico Misto ocorre pela precipitação pluviométrica nas áreas aflorantes dos sedimentos Barreiras, que condicionam a retenção através dos processos de infiltração. O armazenamento de água nesse sistema resulta do somatório da água retida no Sistema Barreiras e nas fraturas abertas das rochas do embasamento. Como principais exutórios funcionam, dentre outros, o escoamento superficial, dissipado pelos processos de evapotranspiração.

Quanto à profundidade ideal dos poços desse sistema, RIBEIRO (2001) recomenda atenção para os condicionantes de ordem estrutural e os de natureza econômica. Segundo o referido autor, em profundidade nesse sistema hidrogeológico as fraturas existentes tornam-se mais fechadas a partir de certa profundidade (a partir dos 60m em média). Assim, havendo acréscimo na profundidade de perfuração sem o proporcional aumento de volume d'água no poço (ausência de fraturas abertas), ocorrerá uma diminuição da vazão por perdas de carga hidráulica, tornando a obra inviável economicamente. Nesse sentido, COSTA & SILVA (2000, *apud* FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000) destacam que em área cristalinas aflorantes a profundidade ideal é variável de uma região para outra, não existindo valores concretos e definitivos para delimitar essa profundidade.

#### 5.1.4 - SISTEMA HIDROGEOLÓGICO ALUVIONAR

Esse sistema corresponde às deposições efetuadas no Quaternário, formadas por material arenoso de granulometria grossa a fina, siltes e argilas que ocorrem na área margeando os baixos cursos dos principais rios (Timbó e Maranguapinho). Formam faixas alongadas, respectivamente, de direção NW-NE e NW-SW.

Em função da pouca ocupação urbana nesses terrenos, foram cadastrados apenas 02 poços tipo Amazonas nesse domínio. Esses poços foram construídos manualmente e possuem grande diâmetro (em média 6,5 m), captando água com profundidades de 16 m e 20 m, e nível estático de 2,65 m e 4,0 m, respectivamente.

Ressalta-se que, em função da não existência de perfis litológicos/construtivos relacionados a esse sistema hidrogeológico, não foi possível identificar a real espessura dos depósitos aluvionares locais. No entanto, BARROS *et al.* (1981) analisando o potencial hidrogeológico das aluviões do rio Choró no contexto das Folhas SB. 24/25 - Jaguaribe/Natal, afirmaram que os depósitos aluvionares do rio Choró apresentam uma espessura média de 5 m.

Por conta da proximidade da área estudada por Barros (op.cit.), e pela ausência de perfis construtivos e litológicos com maior detalhe sobre o meio sedimentar na área, admite-se para o Sistema Aluvionar uma espessura média de 5m.

Com relação a parâmetros hidrodinâmicos desse sistema, BARROS *et al.* (1981) encontraram valores para Transmissividade (T), Permeabilidade (K) e Porosidade efetiva ( $\eta_e$ ) expressos na tabela 5.3. Esses valores apresentam similaridade com os valores encontrados para a Formação Barreiras, demonstrando que os limos sílticos-argilosos existentes nos litotipos da unidade, também limitam na sua capacidade de armazenamento e liberação de água. No entanto, dentro do mesmo contexto de BARROS *et al.* (op. cit.), existe uma pequena diferença quanto ao coeficiente de armazenamento efetivo, sendo o  $\eta_e$  das aluviões ( $5,0 \times 10^{-2}$ ) maior que o  $\eta_e$  do Barreiras ( $3,0 \times 10^{-3}$ ), uma vez que nos depósitos aluvionares, de maneira geral, o percentual de sedimento arenosos, de textura média a grossa, se apresentam mais friáveis e em maior proporção que na Formação Barreiras, da RMF.

Tabela 5.3 - Parâmetros hidrodinâmicos do Sistema Hidrogeológico Aluvionar

T (m <sup>2</sup> /s)	K (m/s)	$\eta_e$
$3,0 \times 10^{-3}$	$6,0 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-2}$

Fonte: BARROS *et al.* (1981)

De acordo com RIBEIRO (2001), os depósitos aluvionares apresentam-se como aquíferos livres, constituindo-se na alternativa mais barata em termos de captação de água subterrânea, principalmente para população ribeirinha.

A alimentação desse aquífero ocorre diretamente nas áreas aflorantes através da infiltração das águas pluviais e por ocasião das inundações fluviais. Como exutórios funcionam a evapotranspiração e o próprio canal dos rios que podem se esgotar parcialmente nas épocas de estiagem, tornando seu nível estático proporcionalmente sazonal. No inverno, é muito comum as faixas aluvionares serem cobertas por água dos rios, pelo extravasamento destes.

## 5.2 - SITUAÇÃO ATUAL DAS OBRAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Com o propósito de especificar o conhecimento das características construtivas das obras de captações de água subterrânea no contexto hidrogeológico da área pesquisada, foi elaborada uma análise dos parâmetros técnicos de 296 poços contidos no cadastro elaborado para o presente estudo.

Os dados coletados no cadastro permitiram observar os aspectos gerais dos poços de modo a ser possível a realização de considerações sobre as condições, no momento, desses poços.

A distribuição temporal dos 296 poços cadastrados pela COGERH através do Projeto com a Golder & Pivot (CEARÁ, 2005) é bastante ampla, abrangendo o período de 1938 a 2002. O

gráfico da figura 5.7 mostra que as obras com mais de 20 anos de construção aparecem em pequena escala (16%), em relação àqueles posteriores a 1984, havendo, no entanto, um considerável número de poços sem informações sobre a data de construção (31%).

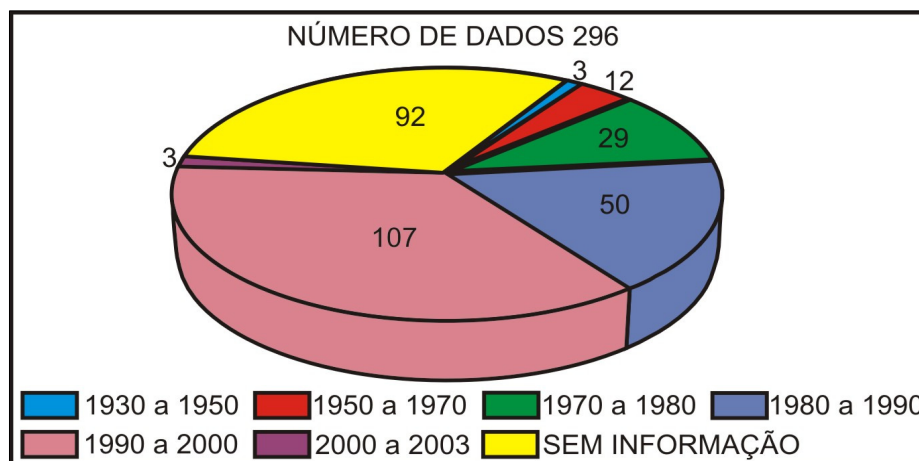


Figura 5.7 - Distribuição temporal dos poços cadastrados na área de estudo.

Observa-se que a construção de poços na região apresentou um aumento a partir do ano de 1980, em função de prolongados períodos de estiagem entre os anos 80 e 95. Após esse período ocorre uma diminuição no ritmo de construção entre os anos de 1998 e 2003, devido ao maior aporte hídrico superficial ocorrido tanto pela maior ocorrência de chuvas quanto pela otimização de açudagem do sistema Pacoti-Riachão-Gavião e Pacajus, que passaram a abastecer com maior eficácia a Região Metropolitana de Fortaleza.

Para os últimos seis anos não se tem informação junto às empresas públicas e privadas da construção de novos poços.

Existe na porção Centro-Norte um significativo número de poços construídos o que implica concluir que o aproveitamento das águas subterrâneas no município pode ser considerado uma solução mais rápida, barata e, se utilizada de forma racional, uma importante alternativa hídrica para a região.

A distribuição dos pontos de água cadastrados na porção Centro-Norte do município de Maracanaú é a seguinte: 247 poços tubulares rasos e profundos, 47 manuais e 02 amazonas (Figura 5.8). No apêndice 03 encontra-se o mapa de localização dos pontos d'água e base hidrogeológica, onde se observa a grande concentração de poços na porção Centro-Norte do município de Maracanaú.

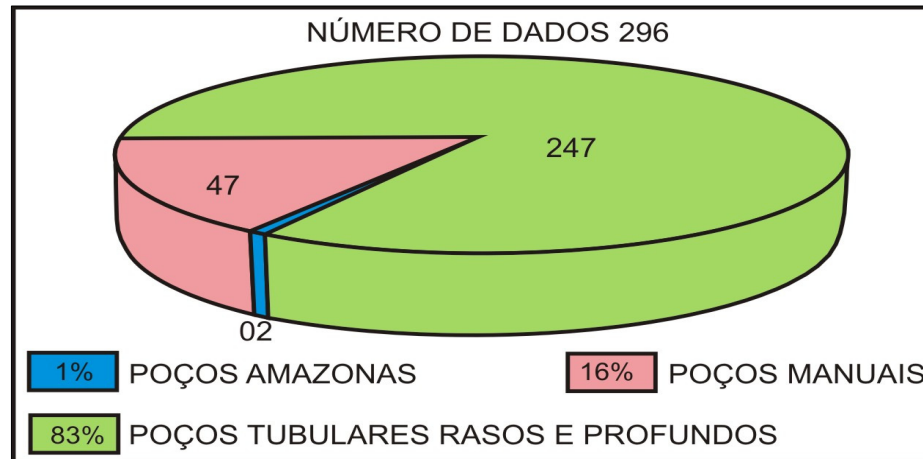


Figura 5.8 - Distribuição dos poços cadastrados na área de estudo.

Com relação à propriedade, os poços cadastrados podem ser divididos em dois grandes grupos: os públicos e os privados. De um total de 296 poços, 51 poços (17%) são públicos, e 245 poços (83%) são de propriedade privada, como mostra a figura 5.9.

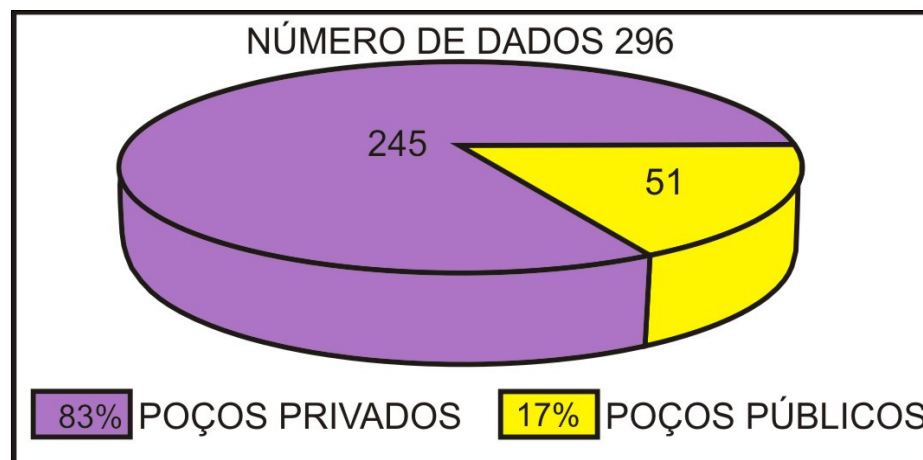


Figura 5.9 - Tipos de poços quanto ao abastecimento.

Dos poços públicos, conforme mostrado na Figura 5.10, 16 (31%) se encontram abandonados (secos ou salinizados), 17 (34%) estão desativados (quebra de bomba), 4 (8%) não haviam sido instalados e os outros 14 (27%) encontram-se em uso, seja doméstico ou industrial. Já os poços privados, conforme Figura 5.11, apresenta-se com 20 (8%) abandonados, 86 (35%) desativados, 123 (50%) ainda em uso e 16 não instalados (7%). O conjunto geral dos dados de todos os poços de domínio público, ou privado, é visualizado na Figura 5.12.

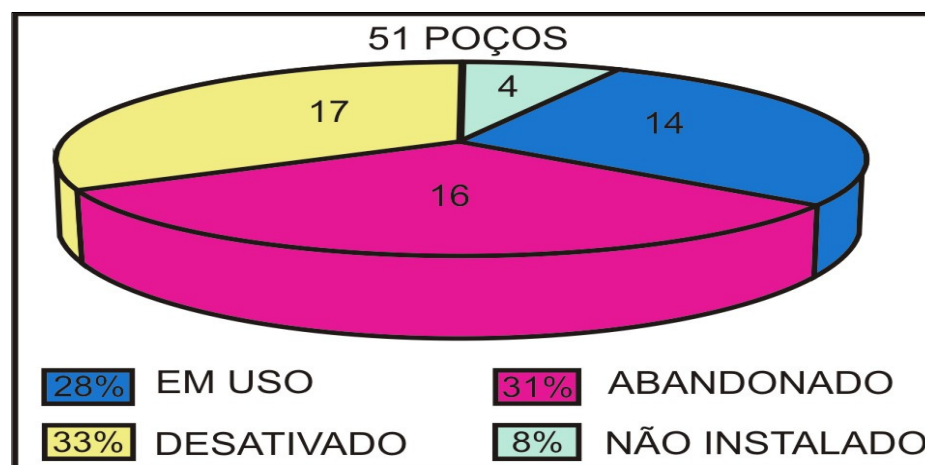


Figura 5.10 - Situação atual dos poços de domínio público da porção Centro-Norte de Maracanaú.

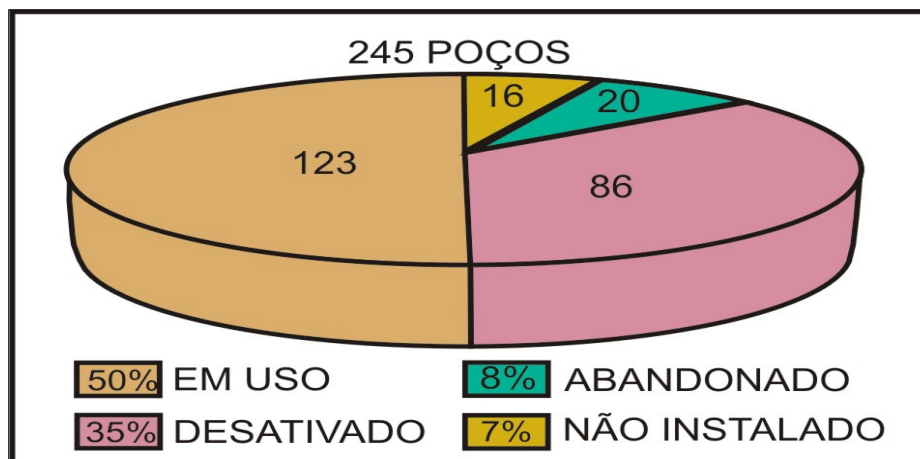


Figura 5.11 - Situação atual dos poços de domínio privado da porção Centro-Norte do de Maracanaú.

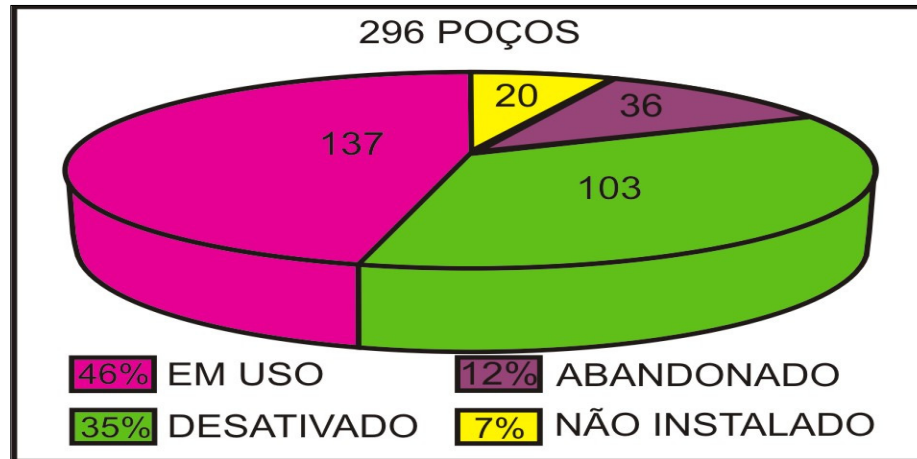


Figura 5.12 - Situação geral dos poços da porção Centro-Norte de Maracanaú.

Com relação à finalidade dessas obras, 105 são utilizados no uso doméstico, 72 têm emprego nas indústrias, 06 destinam-se a atividades recreativas, 06 são utilizados para o consumo animal. Sem informações sobre sua finalidade foram cadastrados, ainda, 107 poços (Figura 5.13).

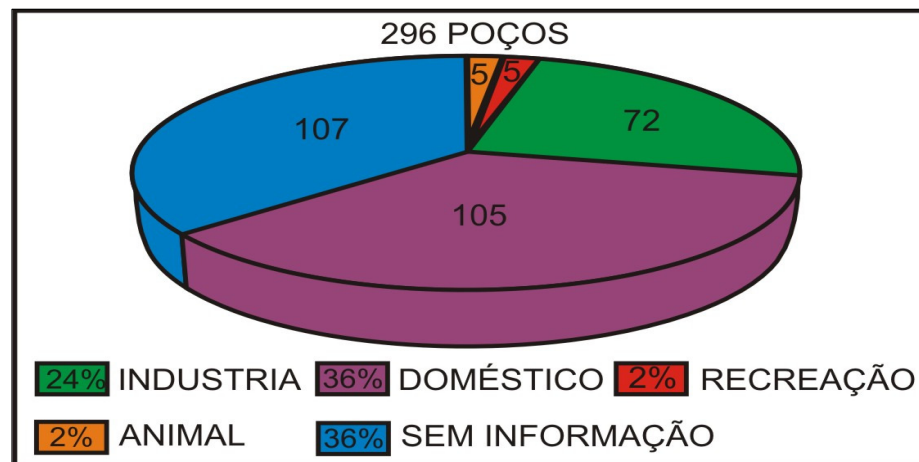


Figura 5.13 - Finalidade dos poços cadastrados na porção Centro-Norte de Maracanaú.

De acordo com a profundidade e características hidráulicas somente dos poços tubulares cadastrados, tais como nível estático, nível dinâmico, vazão, rebaixamento e capacidade específica, elaborou-se a tabela 5.4, onde constam os principais parâmetros estatísticos.



Tabela 5.4 - Parâmetros estatísticos dos poços tubulares situados na porção Centro-Norte de Maracanaú.

PARÂMETROS	PROF	N.E	N.D	sw	Q	Q/S
	m				m <sup>3</sup> /h	[(m <sup>3</sup> /h) ; m]
Média	61,17	6,00	38,35	32,35	1,87	0,08
Desvio Padrão	16,68	4,7	12,69	13,83	2,44	0,15
Mínimo	20,00	0,40	7,00	5,00	0,07	0,01
Máximo	138,00	37,00	80,00	75,00	19,30	1,17
Nº de Poços	220	97	103	97	141	97
Prof = profundidade; N.E = nível estático; N.D = nível dinâmico; sw = rebaixamento; Q = vazão; Q/S = capacidade específica						

A profundidade média dos poços tubulares da área é de 61,17 m, alcançando o máximo de 138 m (Figura 5.14). De forma mais precisa, os poços tubulares profundos apresentam média de 60 metros enquanto os poços manuais e amazonas possuem média de 10,47 metros. De modo geral, as maiores profundidades refletem a necessidade de atravessar os sedimentos da Formação Barreiras e adentrar no embasamento; as menores profundidades referem-se, geralmente, aos poços manuais situados sobre o Barreiras e Aluviões.

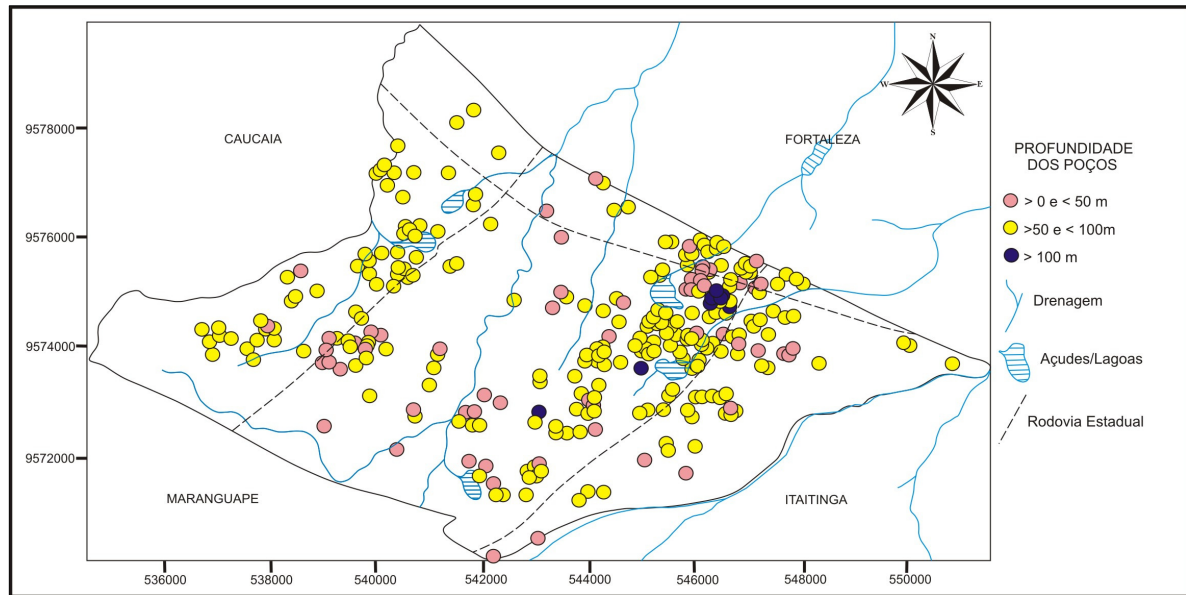


Figura 5.14 - Distribuição dos poços tubulares por profundidade na área de estudo.

A partir dos dados de nível estático de 97 poços tubulares, verificou-se que o nível estático médio é de 6,00 m, com valor mínimo de 0,40 m e máximo de 37,00 m; o nível dinâmico médio destes poços é de 38,35 m. Na área de estudo observa-se uma certa uniformidade do nível estático dos poços tubulares a exceção para os poços P-38, P-90 e P-221 com nível estático acima dos 15 m. A vazão tem um valor médio de 1,87 m<sup>3</sup>/h, alcançando um máximo de 19,30 m<sup>3</sup>/h e um mínimo de 0,10 m<sup>3</sup>/h. A capacidade específica alcança um valor médio de 0,08 [(m<sup>3</sup>/h)/m], com o máximo de 1,17 [(m<sup>3</sup>/h)/m], refletindo uma baixa produtividade dos poços na área de estudo.

Vale salientar que os dados hidráulicos de poços, principalmente os relacionados ao nível estático, constituem uma série temporal e, portanto, a variável está associada a uma incerteza não-sistemática condicionada por outras variáveis hidrológicas (pluviometria e escoamento superficial), geológicas (fluxo subterrâneo e taxa de infiltração) e técnicas, no sentido de construção dos poços.

### 5.3 - RESERVAS, POTENCIALIDADES E DISPONIBILIDADES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Depois das considerações sobre os sistemas hidrogeológicos, seguidas de uma abordagem geral sobre a situação dos poços existentes na área, temos a integração dessas informações de modo a ser abordado no presente item o dimensionamento das reservas hídricas subterrâneas, assim como potencialidade e disponibilidade.

Os conceitos adotados na presente dissertação para a definição do cálculo de reservas foram os estabelecidos por COSTA (1997, 1998) e, ratificados por VERÍSSIMO (1999). Esses conceitos que elucidam, além das reservas (reguladora, permanente e total), a potencialidade e a disponibilidade (potencial e efetiva) hídrica subterrânea, serão apresentados juntamente com os respectivos cálculos.

#### 5.3.1 - ASPECTOS GERAIS

As reservas de águas subterrâneas constituem a quantidade de água armazenada nos aquíferos. Os principais parâmetros que influenciam no cálculo envolvem, principalmente, as características dimensionais do meio, a precipitação pluviométrica, os aspectos relacionados à porosidade eficaz, o coeficiente de armazenamento e a espessura saturada.

Do ponto de vista de oferta d'água para atendimento à demanda e para os diversos tipos de uso para os quais as águas subterrâneas se destinam, há de se considerar dois outros termos que estão estreitamente relacionados às reservas: potencialidade e disponibilidade.

CAVALCANTE (1998) recomenda que no planejamento da utilização dos sistemas aquíferos se 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 da atividade antrópica que não deve ultrapassar o aceitável pelas condições inerentes ao meio.

Na presente área ocorrem dois contextos litológicos distintos: o sedimentar representado pelos depósitos Aluvionares e Barreiras, e o Cristalino representado pelas rochas dos Complexos Granito-Migmatítico e Gnáissico-Migmatítico.

As rochas sedimentares possuem porosidade e condutividade hidráulica primárias decorrente da própria diagênese, condicionando o armazenamento e fluxo d'água. Nas rochas cristalinas, o armazenamento e fluxo ocorrem nas fraturas, interconectadas e abertas, caracterizando um meio anisotrópico e heterogêneo, tornando o cálculo de reservas algo extremamente complexo, necessitando de um número significativo de dados seguros.

Considerando-se o volume das águas subterrâneas, as reservas são classificadas como reguladoras (dinâmicas ou renováveis), permanentes (seculares) e totais (potenciais), conforme definem COSTA (1998) e VERÍSSIMO (1999).

Ressalta-se que, em função das condições hidrogeológicas existentes, os cálculos de reservas renováveis, permanentes e totais serão efetuados somente para os Sistemas Barreiras e Aluvionar.

#### 5.3.2 - RESERVAS REGULADORAS

Representam à quantidade de água acumulada no meio aquífero, em função da porosidade eficaz ou do coeficiente de armazenamento, que sofre variação anual em decorrência dos aportes sazonais de água (superficial e/ou pluviométrica), do escoamento subterrâneo e dos exutórios, tendo uma flutuação sazonal do aquífero livre (REBOUÇAS, 1997).

O cálculo das reservas reguladoras, ou transitórias, pode ser efetuado de várias maneiras. Uma das maneiras é utilizando-se o método volumétrico, que tem por base a flutuação ( $\Delta h$ ) dos níveis d'água nos aquíferos livres, sendo mostrada na expressão:  $R_r = A \times \Delta h \times \eta_e$ , Onde:  $A$  = área de ocorrência do aquífero ( $L^2$ ),  $\Delta h$  = variação do nível d'água (L) e  $\eta_e$  = porosidade efetiva (adimensional).

- Sistema Barreiras

Considerando-se uma precipitação pluviométrica média de **1153 mm/ano** na área, o volume precipitado sobre a área de ocorrência do Barreiras (**8,66 km<sup>2</sup>**) é de **9,98 milhões de m<sup>3</sup>/ano**.

O Sistema Barreiras é caracterizado pela existência de níveis clásticos alternados, que no geral variam da fração argila até areias médias, tendo na base níveis conglomeráticos, estes dificilmente observáveis em todo contexto da RMF. Para a área, não existem dados monitorados sobre variação de nível d'água e porosidade efetiva para este sistema.

Dessa forma, para efeito de cálculos das reservas reguladoras e considerando as características litológicas dos níveis que compõem o Sistema Barreiras, foram adotados os valores propostos por CAVALCANTE (1998), ou seja, porosidade efetiva de **5%** e variação do nível d'água ( $\Delta h$ ) igual a 0,5 m.

Utilizando  $R_r = A \cdot \Delta h \cdot \eta_e$  onde  $A = 8,66 \text{ km}^2$ ,  $\Delta h = 0,5 \text{ m}$  e  $\eta_e = 5\%$ , obtém-se para as reservas reguladoras, ou renováveis, do Sistema Barreiras um volume de **216.500 m<sup>3</sup>/ano**.

- Sistema Aluvionar

Este sistema, litologicamente constituído por argilas, areias argilosas, areias puras e cascalhos com ou sem matéria orgânica, ocupa uma área de **0,79 km<sup>2</sup>**, sobre a qual precipita um volume de **9,1 milhões de m<sup>3</sup>/ano**.

Semelhante ao que ocorre no sistema anterior, não existem dados monitorados sobre variação de nível d'água e porosidade efetiva para este sistema na área estudada. Dessa forma, os dados necessários para os cálculos foram obtidos a partir da bibliografia consultada, mais precisamente através do trabalho de BARROS *et al.* (1981).

Para a variação do nível d'água ( $\Delta h$ ), BARROS *et al.* (op. cit) trabalharam com uma variação anual de 0,072 m nesse sistema. Quanto à porosidade efetiva ( $\eta_e$ ), o valor adotado é de **7%**, 40% maior que o utilizado para o Sistema Barreiras, corroborando a similaridade entre os parâmetros hidrodinâmicos dos dois sistemas, conforme exposto anteriormente.

Assim, utilizando  **$R_r = A \cdot \Delta h \cdot \eta_e$**  onde  **$A = 0,79 \text{ km}^2$** ,  **$\Delta h = 0,072 \text{ m/ano}$**  e  **$\eta_e = 7\%$** , obtém-se para as reservas reguladoras, ou renováveis, do Sistema Aluvionar um volume de **3.982 m<sup>3</sup>/ano**.

### 5.3.3 - RESERVAS PERMANENTES

As reservas permanentes representam o volume de água subterrânea que participa do ciclo hidrológico numa escala de tempo plurianual, centenária ou milenar. Correspondem aos volumes estocados abaixo do limite inferior de flutuação sazonal do nível de saturação dos aquíferos livres ou dos níveis potenciométricos dos aquíferos confinados (REBOUÇAS, 1997).

As reservas permanentes podem ser calculadas pelo método volumétrico, utilizando-se a seguinte fórmula:  **$R_p = A \times h_o \times$**

$\eta_e$ , onde  $A$  = área de ocorrência do sistema aquífero ( $L^2$ ),  $h_o$  = espessura média saturada ( $L$ ), já que na área de trabalho ocorrem aquíferos do tipo livre, e  $\eta_e$  = porosidade efetiva (adimensional).

- Sistema Barreiras

Este sistema é caracterizado pela existência de níveis clásticos alternados, que no geral variam da fração argila até areias médias não sendo possível, a partir dos perfis, se definirem a espessura das argilas e das areias. Contudo, não existem dados monitorados sobre variação de nível d'água e porosidade efetiva.

Para uma área de ( $8,66 \text{ km}^2$ ) ocupada por este sistema considerando-se uma espessura saturada ( $h_o$ ) de 7 m, e uma porosidade efetiva ( $\eta_e$ ) de 5%, calcula-se uma reserva hídrica permanente ( $R_p$ ) igual a **3.031.000 de  $m^3$** .

- Sistema Aluvionar

Para a área ( $0,79 \text{ km}^2$ ) ocupada por este sistema e considerando-se uma espessura média saturada ( $h_o$ ) de 5 m e porosidade efetiva ( $\eta_e$ ) de 7%, existe uma reserva hídrica permanente ( $R_p$ ) de **276.500  $m^3$** .

#### 5.3.4 - RESERVAS TOTAIS

O conjunto das reservas reguladoras e permanentes representa as reservas totais, ou naturais, consistindo, dessa forma, na totalidade das águas que ocorrem num aquífero ou em um sistema hidrogeológico ( $R_t = R_r + R_p$ ).

Dessa forma as reservas totais ( $R_t$ ) para o Sistema Hidrogeológico Barreiras são de **3.247.500 de  $m^3$** . Já para o

Sistema Hidrogeológico Aluvionar as reservas totais (**Rt**) são de **280.482 m<sup>3</sup>**.

#### 5.3.5 - POTENCIALIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS

Na definição de VERÍSSIMO (1999), potencialidade constitui o volume hídrico que pode ser utilizado anualmente incluindo, eventualmente, uma parcela das reservas permanentes passível de ser explorada, com descarga constante, durante um determinado tempo.

Segundo COSTA (2000, *apud* FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000), para o cálculo da potencialidade admite-se, sem prejuízo para o aquífero, que seja possível extrair toda reserva reguladora, representada pela recarga anual do aquífero, mais uma parcela das reservas permanentes, que representem no período de 50 anos um percentual de 30% das reservas.

Esse percentual de 30% em 50 anos implica em 0,6% ao ano, valor insignificante que poderia até induzir um aumento da infiltração, já que parte dela, ao atingir a cota máxima de descarga para a rede de drenagem superficial, é normalmente escoada para a superfície (COSTA, *op. cit.*).

Assim, para o cálculo da potencialidade foi utilizada a expressão:  $P = (R_p \times i) + R_r$ , onde: **R<sub>p</sub>** = reserva permanente (m<sup>3</sup>) **R<sub>r</sub>** = reserva reguladora (m<sup>3</sup>/ano), **i** = percentual da reserva permanente a ser utilizado (%).

Da mesma forma que as reservas, o cálculo para potencialidades foi efetuado somente para os Sistemas Barreiras e Aluvionar, utilizando o mesmo percentual de reserva permanente proposto por COSTA (*op. cit.*).

Assim, para o Sistema Hidrogeológico Barreiras, utilizando  $P = (R_p \times i) + R_r$ , onde **R<sub>p</sub> = 3.031.000 de m<sup>3</sup>/ano**, **R<sub>r</sub> = 216.500 m<sup>3</sup>**, **i = 0,6 %**, obtém-se **234.686 m<sup>3</sup>** para a potencialidade hídrica subterrânea desse sistema.



Já para o Sistema Hidrogeológico Aluvionar, onde  $R_p = 276.500 \text{ m}^3/\text{ano}$ ,  $R_r = 3.982 \text{ m}^3$ ,  $i = 0,6 \%$ , temos sua potencialidade de  $5.641 \text{ m}^3$ .

Considerando-se o volume potencial de  $240.327 \text{ m}^3$ , os Sistemas Hidrogeológicos Barreiras e Aluvionar apresentam um potencial hídrico em torno de  $658.000 \text{ L/dia}$ , volume necessário para abastecer uma população de 3,3mil habitantes, obedecendo ao recomendado em projetos técnicos de abastecimento ( $200 \text{ L/hab/dia}$ ).

#### 5.3.6 - DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA

Constituem os recursos hídricos exploráveis que estão disponíveis e que não comprometem as reservas do aquífero nem o meio ambiente. De acordo com CAVALCANTE (1998) podem ser classificadas como disponibilidade potencial e efetiva.

##### 5.3.6.1 - DISPONIBILIDADE POTENCIAL

A disponibilidade potencial do sistema aquífero considera explorável o volume total da reserva renovável e, conseqüentemente, não acarreta depleção à reserva permanente. Poderá ser depletiva quando existir a possibilidade de que a parcela utilizada da reserva permanente venha a ser repostada naturalmente ou sob a forma de recarga induzida.

Para CAVALCANTE (1998), o conceito de que não se deve explorar um volume hídrico superior ao da reserva renovável é bastante discutível. Estudos mostram que, mesmo quando o nível d'água sofre um rebaixamento contínuo durante um período de dez (10) anos, ou mais, sem recarga efetiva para o aquífero, este nível pode se recuperar completamente dentro de um (1) ano se o sistema receber uma recarga pluviométrica normal.

Para os Sistemas Hidrogeológicos Barreiras e Aluvionar, a disponibilidade potencial é representada pela reserva

renovável mais uma parcela da permanente, calculada em função das variáveis de decisão. Na prática, corresponde a 1/3 das reservas totais, ou seja, **1.082.500 de m<sup>3</sup>**, para o Sistema Barreiras, e **93.494 m<sup>3</sup>** para o Sistema Aluvionar, tornando ainda menor a oferta hídrica comentada no item referente às potencialidades subterrâneas.

#### 5.3.6.2 - DISPONIBILIDADE EFETIVA

A disponibilidade efetiva representa o volume normalmente captado pelos poços instalados, sendo recomendável, segundo CAVALCANTE (op.cit.), se considerar o tempo adotado para a vida útil do poço (20 anos), vazão média do sistema aquífero captado e um tempo médio de bombeamento que varia de acordo com a necessidade do usuário e/ou capacidade do aquífero.

RIBEIRO (2001) ainda propõe, e adota, o termo disponibilidade efetiva atual que corresponde ao volume de água subterrânea que está sendo bombeada a partir das obras já existentes, operando com vazões normais, e em regime de bombeamento que vem sendo utilizado.

Para o período de 1938 a 2002 foram cadastrados 296 poços. No entanto, foi tomada como referência apenas as vazões dos poços construídos nos últimos 20 anos (média de vida útil de um poço). Desse universo de 296 poços, apenas 137 encontram-se em uso e apresentam dados de vazão, sendo a média igual a **1,87 m<sup>3</sup>/h**.

A determinação da disponibilidade efetiva atual deveria, em tese, ser direcionada para o número de poços pertencentes aos Sistemas Hidrogeológicos Barreiras e Aluvionar, assim como ocorrido na determinação de reservas e potencialidades. Entretanto, não há uma proporcionalidade entre o número de poços que captam água exclusivamente desses sistemas hidrogeológicos e os dados de vazão, ou seja, os poços que

puderam ser identificados como pertencentes a um desses sistemas não apresentam informações concretas sobre vazões.

Assim, a disponibilidade efetiva ( $D_e$ ) dos poços cadastrados teve como base à vazão média atual dos poços captados, multiplicada pelo total de horas em que o poço é utilizado, de acordo com a seguinte equação:  $D_e = n \times Q_m \times t_h$ , onde  $n$  = número de poços existentes,  $Q_m$  = vazão média e  $t_h$  = número de horas de bombeamento durante o ano.

A utilização das águas subterrâneas pela população de Maracanaú, independentemente do aquífero captado, nos permite avaliar a disponibilidade efetiva para o volume de água subterrânea bombeada a partir das obras de captação existentes, mesmo através de aquíferos heterogêneos (misto e cristalino), uma vez que esses apresentam dados sobre vazão.

Tomando-se por base a quantidade de 41 poços em funcionamento nos Sistemas Barreiras e Aluvionar na área de estudo e um regime de bombeamento de seis (6) horas diárias, temos que a disponibilidade efetiva ( $D_e$ ) calculada é de **167.907 m<sup>3</sup>/ano**, correspondendo a **76,15%** dos **220.482 m<sup>3</sup>/ano** da soma das reservas renováveis dos Sistemas Barreiras e Aluvionares e representa **5,07%** das reservas permanentes desses sistemas.

Transformada em valor diário, a disponibilidade efetiva é de **460,019 m<sup>3</sup>/dia** (ou **460.019 L/dia**), o que corresponde ao abastecimento de uma população de 2.300 habitantes, de acordo com o recomendado em projetos técnicos, onde a taxa de demanda proposta oscila em torno de 200 L/hab/dia. Assim sendo, seriam necessários aproximadamente 3.444 poços, com essa média de vazão (**1,87 m<sup>3</sup>/h**) para atender toda a população do município, estimada em 194.000 habitantes, ou seja, aumentar em 84 vezes o número de poços na área de estudo.

No entanto, de acordo com dados obtidos junto a CAGECE verificou-se que a companhia produz um volume de água tratada no município de **1.380.000 m<sup>3</sup>/ano**. De acordo com DA SILVA

(2005), as perdas na rede de distribuição de água tratada é de **36%** para todo o estado do Ceará. Considerando-se para área de estudo uma perda na rede de distribuição de **35%**, se obtém um volume correspondente a **483.000 m<sup>3</sup>/ano**, que faria uma recarga de forma direta e involuntária aos aquíferos da área, com a vantagem de não estarem sujeitas às perdas por evaporação, haja vista, que toda a rede encontra-se em subsuperfície.

A recarga direta e involuntária produzida pela perda na rede de distribuição da CAGECE duplicaria o volume das reservas reguladoras dos Sistemas Barreiras e Aluvionares, o que significaria dizer que a disponibilidade aumentaria de forma significativa. Entretanto, estes sistemas juntos ainda não seriam suficientes para abastecer a população do município de Maracanaú, em termos de água subterrânea, porém, não implica dizer que a mesma não possa ser utilizada como fonte de abastecimento alternativo, principalmente em épocas de escassez hídrica superficial.

Vale ressaltar que os dados apresentados tratam, evidentemente, de parte dos poços cadastrados nessa pesquisa, sem uma correlação direta entre os aquíferos captados por eles. Uma avaliação mais precisa, nesse momento, torna-se difícil, pois tanto as condições de captação como o regime de bombeamento evolui constantemente.

#### 5.4 - QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Do ponto de vista no que diz respeito ao aproveitamento das águas, a qualidade torna-se tão importante quanto seu aspecto quantitativo. Assim sendo, o estudo hidroquímico busca identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas.

A saúde das pessoas encontra-se diretamente associada à qualidade da água consumida. Segundo dados do Ministério da

Saúde (2004), 70% das internações hospitalares no Brasil, a cada ano, são provocadas por doenças transmitidas por águas contaminadas. Daí ser extremamente importante o conhecimento da qualidade das águas de uma região através de análises físico-químicas e bacteriológicas, que se constitui num mecanismo para caracterizá-las quanto à composição química, potabilidade e direcionamento de usos (doméstico industrial e agropecuário).

Existem cadastradas 22 análises físico-químicas (Apêndice 02), sendo que os laboratórios responsáveis pelas análises foram o da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE e o do Laboratório do Carbono do Departamento de Física/CC/UFC. Ressalta-se que no cadastro não foram incluídas análises bacteriológicas, primeiro em função de não existirem disponíveis, em caráter público, no contexto da área estudada e, segundo, por não fazer parte do escopo traçado para o presente trabalho.

Para verificação da acuracidade das análises físico-químicas foi utilizada a fórmula apresentada por LOGAN (1965) para cálculo do balanço iônico, onde os valores dos íons dados em mg/L são convertidos em meq/L. Os valores obtidos são utilizados na expressão aritmética abaixo que define o coeficiente individual de erro das análises. Admitiu-se um percentual menor ou igual a 10% para as análises aproveitáveis, compatíveis ao valor médio de STD.

$$E_p(\%) = \left| \frac{r_{\text{ânions}} - r_{\text{cátions}}}{r_{\text{ânions}} + r_{\text{cátions}}} \right| \times 100$$

As análises físico-químicas da área estudada, cujos valores são apresentados no Apêndice 02, apresentam coeficientes de erro toleráveis iguais ou inferiores a 10%.

#### 5.4.1 - COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

As propriedades físico-químicas são importantes no que se referem à qualificação das águas, definidas pela sua composição e pelo conhecimento dos efeitos a saúde que podem causar seus constituintes.

##### 5.4.1.1 - CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A Condutividade Elétrica (CE) é a medida da facilidade que um fluido possui de conduzir corrente elétrica, estando diretamente associada com a concentração de sais dissolvidos sob a forma de íons. Na área de estudo os valores obtidos apresentam média geral de 1.240  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25°C, sendo que, de 106 dados, 29 (21%) encontram-se com valores superiores a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , chegando ao máximo de 10.786  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 5.15). A partir da análise da figura, observa-se que os maiores valores de condutividade elétrica encontram-se na porção nordeste do município onde está localizada a Bacia do rio Maranguapinho e a lagoa de Maracanaú, onde o solo é do tipo Neossolo Flúvico em predomina a vegetação de carnaubeiras, típica de solos salinos.

Os valores mais baixos da condutividade elétrica devem-se às pequenas concentrações dos constituintes em solução, principalmente relacionados à captação de água no Sistema Barreiras por poços manuais rasos (cacimbas), enquanto que os valores mais elevados estariam associados a maiores concentrações de íons (cloretos), refletindo, também, uma predominância da influência das águas captadas no meio cristalino, já que o mesmo possui essa característica no contexto da RMF.

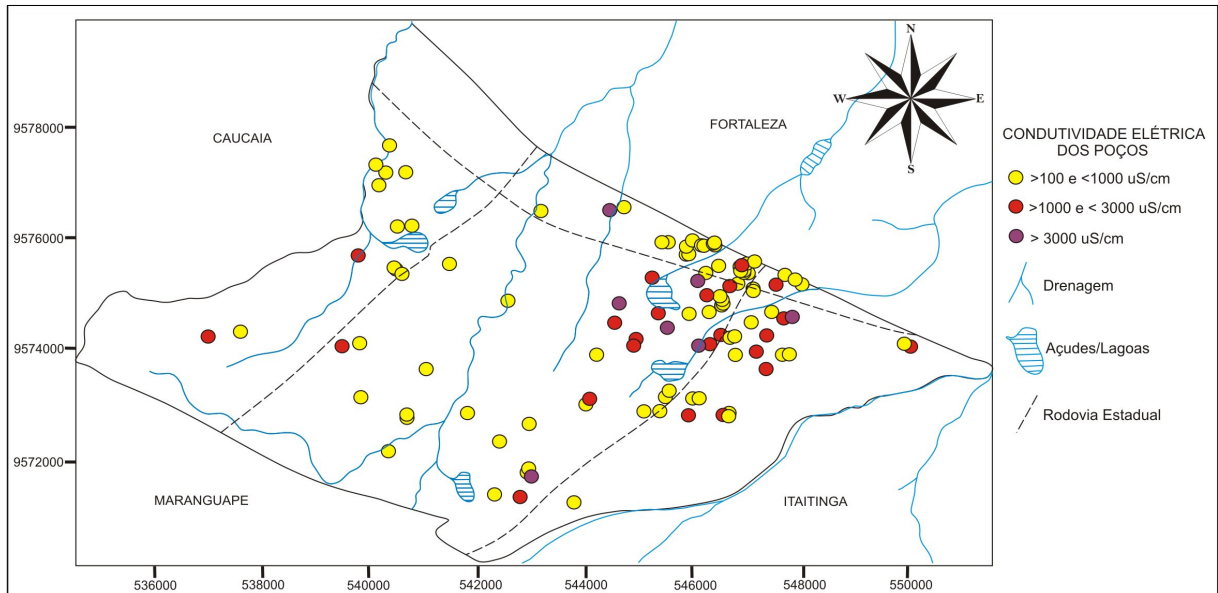


Figura 5.15 – Distribuição dos valores de condutividade elétrica dos poços tubulares e rasos na área de estudo.

#### 5.4.1.2 – SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

Os Sólidos Totais Dissolvidos são definidos como o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Representam a concentração de todo o material dissolvido na água, seja ou não volátil e possuem uma estreita relação com a condutividade elétrica, como mostra o gráfico de dispersão entre os valores de CE e STD da área estudada (Figura 5.16).

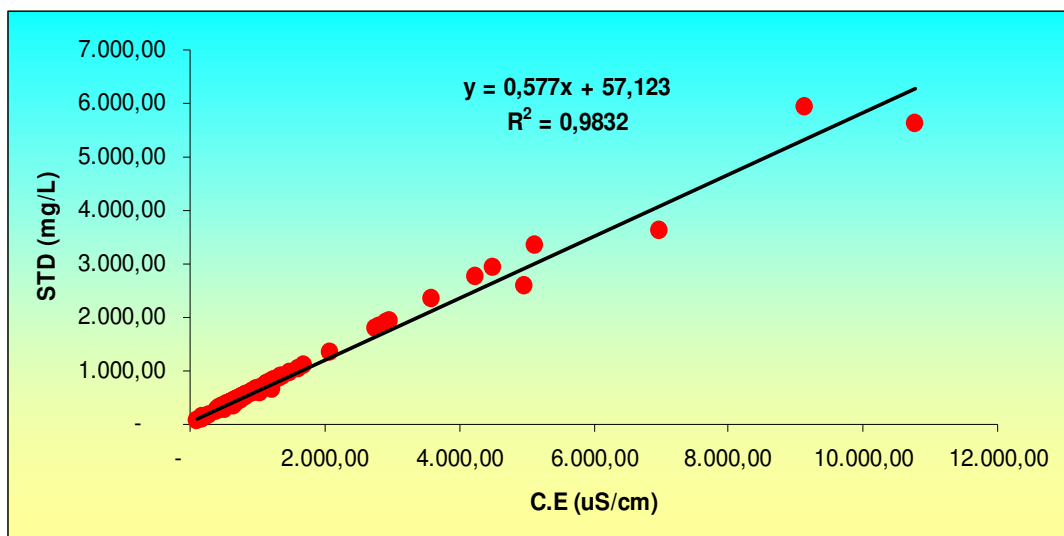


Figura 5.16 – Relação entre C.E e STD das águas subterrâneas na área de estudo.

O valor médio do STD nas águas subterrâneas da área estudada é de 772,72 mg/L, com valores que variam de 65 a 5.934 mg/L. Segundo a Portaria nº518 do Ministério da Saúde (25/03/2004) o valor máximo tolerável de STD é de 1.000 mg/L, ou seja, a média da área encontra-se dentro do aceitável.

De acordo com a classificação de SANTOS (2000, *apud* FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000), de um total de 106 poços com dados de STD 54% das amostras de águas subterrâneas da região podem ser classificadas como de baixa a média salinidade, uma vez que alcançaram valores abaixo ou igual de 500 mg/L de STD. A menor parte das amostras (46%) apresenta valores de STD superior a 500 mg/L, sendo classificadas como águas de média a alta salinidade. A representação da variação dos valores de STD pode ser visualizada na Figura 5.15. A figura mostra uma maior concentração de STD na porção nordeste da área de estudo, exatamente na zona onde existe a bacia do rio Maranguapinho, que neste trecho é perenizado artificialmente pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da CAGECE, a lagoa de Maracanaú, a maior concentração dos poços, bem como, da sede do município, dos conjuntos habitacionais e do distrito industrial. Entretanto, os poços que realmente encontra-se com suas águas salinizadas são apenas 15 (12%) do total de 106 e estes poços encontram-se desativados.

Segundo CAVALCANTE (1998), para o sistema cristalino é comum valor de concentrações de STD variando de 500 a 2.000 mg/L, em conseqüência da elevada concentração de cloretos presentes nas águas que percolam as rochas desse sistema. Na área de estudo as águas que apresentam concentrações elevadas de sais, provavelmente, são aquelas captadas a partir, de fraturas interconectadas com zonas de recarga associada às águas superficiais salinizadas. De acordo com a figura 5.17, observa-se uma maior concentração de sais dissolvidos na porção nordeste da área estudada trecho onde o solo predominante é o Neossolo Flúvico que possui dentre suas características



drenagem imperfeita, altos teores de sódio, fertilidade muito baixa onde predomina a vegetação típica de solos salinos.

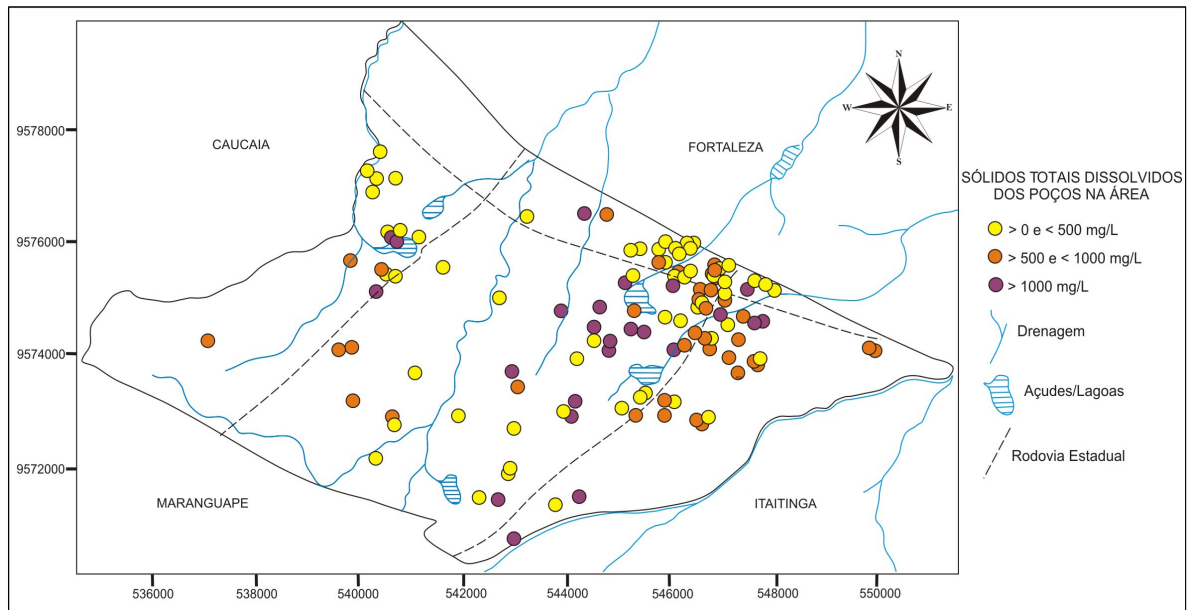


Figura 5.17 - Distribuição de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) dos poços tubulares e rasos na área de estudo.

#### 5.4.1.3 - DUREZA

A dureza de uma água pode ser avaliada pela capacidade de consumir sabão e produzir incrustações, sendo expressa em mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . CUSTÓDIO & LLAMAS (1983) propuseram uma classificação para as águas subterrâneas a partir dos teores de dureza, conforme mostra a tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Classificação das águas segundo a dureza (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983).

Tipo	Teor de $\text{CaCO}_3$ (mg/L)
Branda	50
Pouco Dura	50 - 100
Dura	100 - 200
Muito Dura	> 200

A classificação das águas subterrâneas da área, com relação a sua dureza (teor de  $\text{CaCO}_3$  em mg/L), a partir de um universo de 22 amostras, revela que (68%) das águas possuem características de “dura” a “muito dura”, enquanto que 27% apresentam característica de pouco dura e apenas uma amostra (5%) pode ser classificada como do tipo “branda” (Figura 5.18). Embora o resultado das análises sejam elevados para dureza, apenas 03 amostras apresentaram valores de 1110 mg/L, 1750 mg/L e 2115 mg/L ultrapassando o limite de potabilidade estabelecido pela portaria n°518 do MS até 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) que possivelmente estes devem estar sendo influenciados, pelas altas concentrações de cloretos.

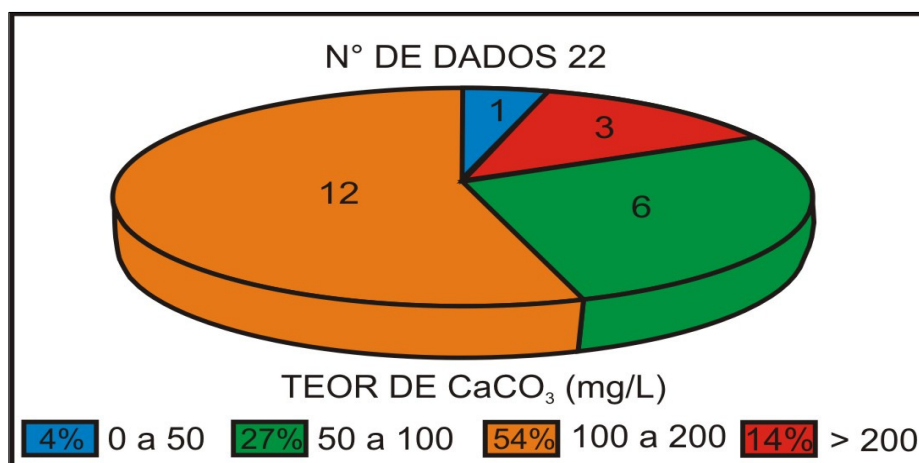


Figura 5.18 - Distribuição percentual dos teores de  $\text{CaCO}_3$  na área de estudo.

#### 5.4.1.4 - PH

O pH reflete a concentração do hidrogênio na água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes. Tratam-se, essencialmente, de uma função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade. Varia de 1 a 14, onde valores inferiores a 7 são denominados de ácido e os valores superiores a 7 são denominados de básico ou alcalino, e neutro para o valor 7.

A partir do resultado das 22 análises físico-químicas observa-se que os valores de pH oscilaram entre 5,37 a 7,83 onde 18 amostras (82%) apresentam um caráter ácido, 04 (18%) um caráter básico não tendo nenhuma amostra que reflita o caráter absolutamente neutro (Figura 5.19). O valor médio do pH é de 6,5 revelando um caráter ácido das águas subterrâneas da área.

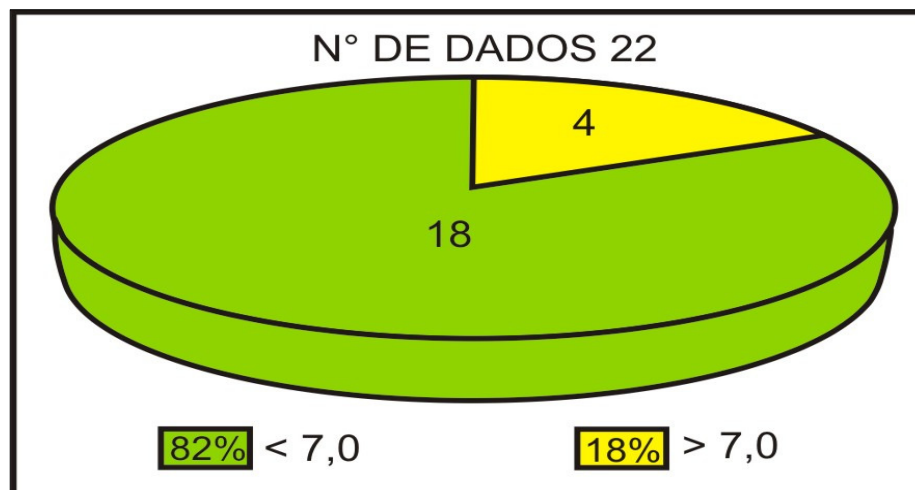


Figura 5.19 - Distribuição percentual das medidas de pH nas águas subterrâneas da área de estudo.

#### 5.4.2. - CLASSIFICAÇÃO IÔNICA

Para classificar o tipo químico das águas subterrâneas de acordo com os íons predominantes foi utilizado o Diagrama de Piper. A representação das fácies química dos sistemas hidrogeológicos consta na Figura 5.20.

Nesse diagrama podem-se distinguir três campos onde são plotados os valores percentuais das concentrações dos principais constituintes iônicos para os cátions e para os ânions, permitindo identificar a fácies hidroquímica. O cruzamento do prolongamento dos pontos na área do losango define sua posição e classifica a amostra de acordo com suas fácies.

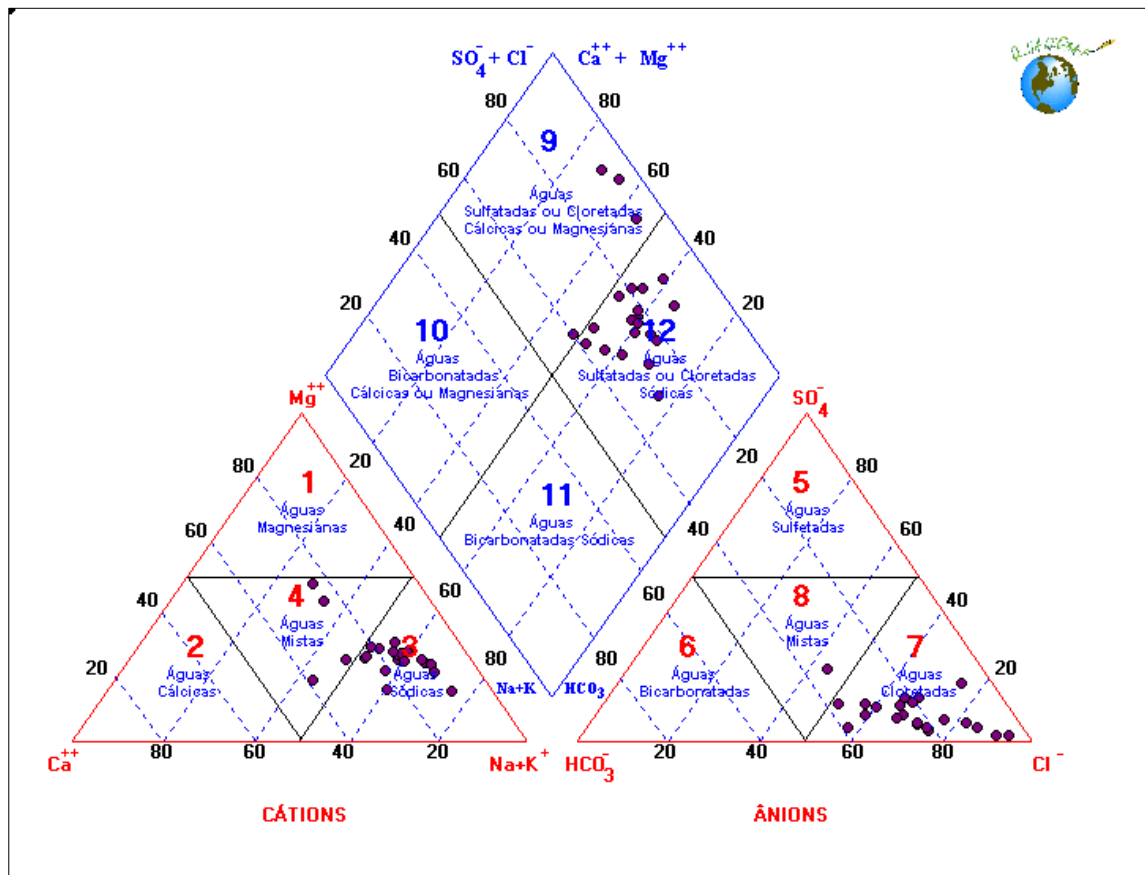


Figura 5.20 - Diagrama de Piper mostrando os fâcies químicas das águas subterrâneas na área de estudo.

A variação dos litotipos que constituem os aquíferos permite que sejam definidos até para um mesmo sistema hidrogeológico mais de um tipo hidrogeoquímico, predominando, entretanto, um ou dois tipos característicos.

De acordo com os íons presentes identificou-se uma predominância da classe cloretada. Dessas águas cloretadas, a maior parte é sódica (68,1%), seguidas das cloretadas mistas (18,2%) e cloretadas calcicas ou magnesianas (13,7%). Foram consideradas águas mistas aquelas situadas na parte central dos diagramas triangulares, sem uma predominância significativa entre ânions.

Há predominância para as águas dessa região, em função da relação iônica entre ânions e cátions, é de  $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ . Essa relação catiônica é freqüente nas

águas subterrâneas da RMF, como pode ser constatado em RIBEIRO (2001) e CAVALCANTE (1998). De acordo com SANTOS (2000), o predomínio e a presença do cloreto e do sódio nos sistemas aquíferos se dão pelo fato de que, além dos dois elementos correspondentes serem muito abundantes nas águas naturais, possuem solubilidades elevadas, são de difícil precipitação na maioria dos compostos químicos em solução e têm ampla distribuição nos minerais fontes.

#### 5.4.3 - USOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Para CAVALCANTE (1998), a utilização das águas subterrâneas no contexto da RMF é uma constante, com diversas finalidades e tempo de bombeamento compatível com a necessidade e vazão de cada poço. Na área de estudo, onde as águas subterrâneas apresentam-se como importante fonte de abastecimento, isso não ocorre diferente.

O uso da água pode ser classificado quanto ao consumo em: consutivo e não consutivo. A água evaporada, transpirada, assimilada biologicamente ou incorporada a um produto é classificada como de uso consutivo, como também os usos domésticos, municipal, para irrigação e para indústrias, enquanto que os usos em navegação, geração de energia elétrica, recreação ou conservação da natureza são exemplos de usos não consutivos.

A grande maioria dos usos da água é, de certa maneira, consutiva. Excluída a água para geração de energia elétrica, que atinge cerca de 4 a 6 vezes a soma de todas as outras finalidades, estima-se que 25% da água retirada para todas as finalidades é consumida (COSTA, 2000 *apud* FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000).

O enfoque neste item será dado quanto ao consumo humano, discorrendo sobre potabilidade, o uso na indústria e na irrigação.

#### 5.4.3.1 - CONSUMO HUMANO

Os padrões de potabilidade, conforme SANTOS (2000), compreendem critérios essenciais que dizem respeito à proteção contra a contaminação por microorganismos patogênicos e contra a poluição por substâncias tóxicas e venenosas, além de critérios complementares que visam o controle da qualidade em relação ao aperfeiçoamento da água em aspectos estéticos, organolépticos e econômicos, dentre outros, que embora desejáveis, não são essenciais à proteção da saúde pública (cor, sabor, odor, turbidez, dureza, corrosividade, etc.).

RIBEIRO (2001) define *água potável* como aquela que pode ser utilizada no consumo humano sem trazer prejuízos à saúde. Os padrões de potabilidade ou de água potável definem as quantidades que se encontram nos limites determinados através das características físicas, químicas, organolépticas e dos compostos orgânicos e inorgânicos, que podem ser tolerados nas águas de abastecimento público.

As normas e padrões adotados no Brasil são instituídos pelo Ministério da Saúde, que toma por base os critérios adotados por organismos nacionais e internacionais. A tabela 5.6 mostra os padrões de potabilidade vigentes no Brasil segundo a portaria nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde.

Tabela 5.6 - Padrões de potabilidade nacional e internacional das águas para consumo humano.

	Parâmetro	Unid	Fonte Referências					
			1	2	3	4	5	6
I	Cor	Pt/L	15	20	5 <sup>(*1)</sup>	15	15	-
	Odor	-	Inofensivo	N.O	N.O	Inofensivo	3 <sup>(*2)</sup>	2 a 12°C <sup>(*2)</sup>
	Sabor	-	Inofensivo	N.O	N.O	-	-	-
	Turbidez	UNT	5	5	5	15	1-5	-
	Temperatura	°C	-	-	-	15	-	25
	pH	-	6,5 - 8,5	-	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,5
I I I	Arsênio	mg/L	0,05	0,1	0,01	0,05	0,05	0,04
	Bário		-	1,0	0,7	1,0	1,0	-
	Cádmio		0,005	0,01	0,005	0,005	0,01	0,005
	Chumbo		0,05	0,1	0,01	0,05	0,05	0,04
	Cianetos		0,01	-	0,07	0,2	-	0,05
	Cromo		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Fluoretos		1,5	0,6-1,7	1,5	1,5	4,0	1,5
	Mercúrio		0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001
	N-NO <sub>3</sub>		10	10	10	10	10	50
	Nitritos		-	-	1,0	1,0	-	0,1
	Prata		-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01
	Selênio		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
I I I I I	Alumínio	mg/L	0,02	0,1	0,2 <sup>(*4)</sup>	-	-	0,2
	Surfactante		-	0,5	0,5	-	0,5	0,2
	Cloretos		250	600	250	250	250	-
	Cobre		1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	-
	Dureza Total		500	-	500	-	-	-
	Ferro Total		0,3	1,0	0,3	0,3	0,3	0,2
	Manganês		0,1	0,5	0,1	0,05	0,05	0,05
	Sódio		200	-	200	-	-	150
	STD		1000	1000	1000	500	500	-
	ST		-	1500	-	-	-	-
	Sulfatos		400	-	250	500	-	240
	Sulfeto de H		N.D.	-	0,05	0,05	-	-
Zinco	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-		
I V	Coliformes Fecais	Nº/100 mL	0	-	0	0	-	-
	Coliformes Totais		0	-	0	10	-	-
Notas: I - Parâmetros físicos e organolépticos II - Parâmetros químicos inorgânicos III - Parâmetros químicos que afetam a qualidade organoléptica IV - parâmetros microbiológicos  1 - Organização Mundial de Saúde (OMS) - Recomendado 2 - Decreto Federal nº 79637 de 09/03/77, Portaria 56, BSB-13/03/77 3 - Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004 4 - Canadá 5 - EUA 6 - Alemanha						*1- Cor aparente *2- Taxa de diluição *4-Valor Experimental  NT-Unidade nefemétrica de turbidez  N.O. - Não objetável		

Fontes: SANTOS (2000, apud CPRM, 2000)/Portaria nº 518, de 25/03/2004 do Ministério da Saúde.

Os termos de potabilidade das águas subterrâneas locais, dentro de seus aspectos físico-químicos, podem ser dados através do diagrama logarítimo de Schöeller & Berkaloff (Figura 5.21 e 5.22), onde as mesmas são classificadas em boa, medíocre, má, momentânea e não potáveis, em função dos elementos  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $(\text{CO}_3^{2-}, + \text{HCO}_3^-)$ , expressos em mg/L, e ainda, dureza expressa em °F.

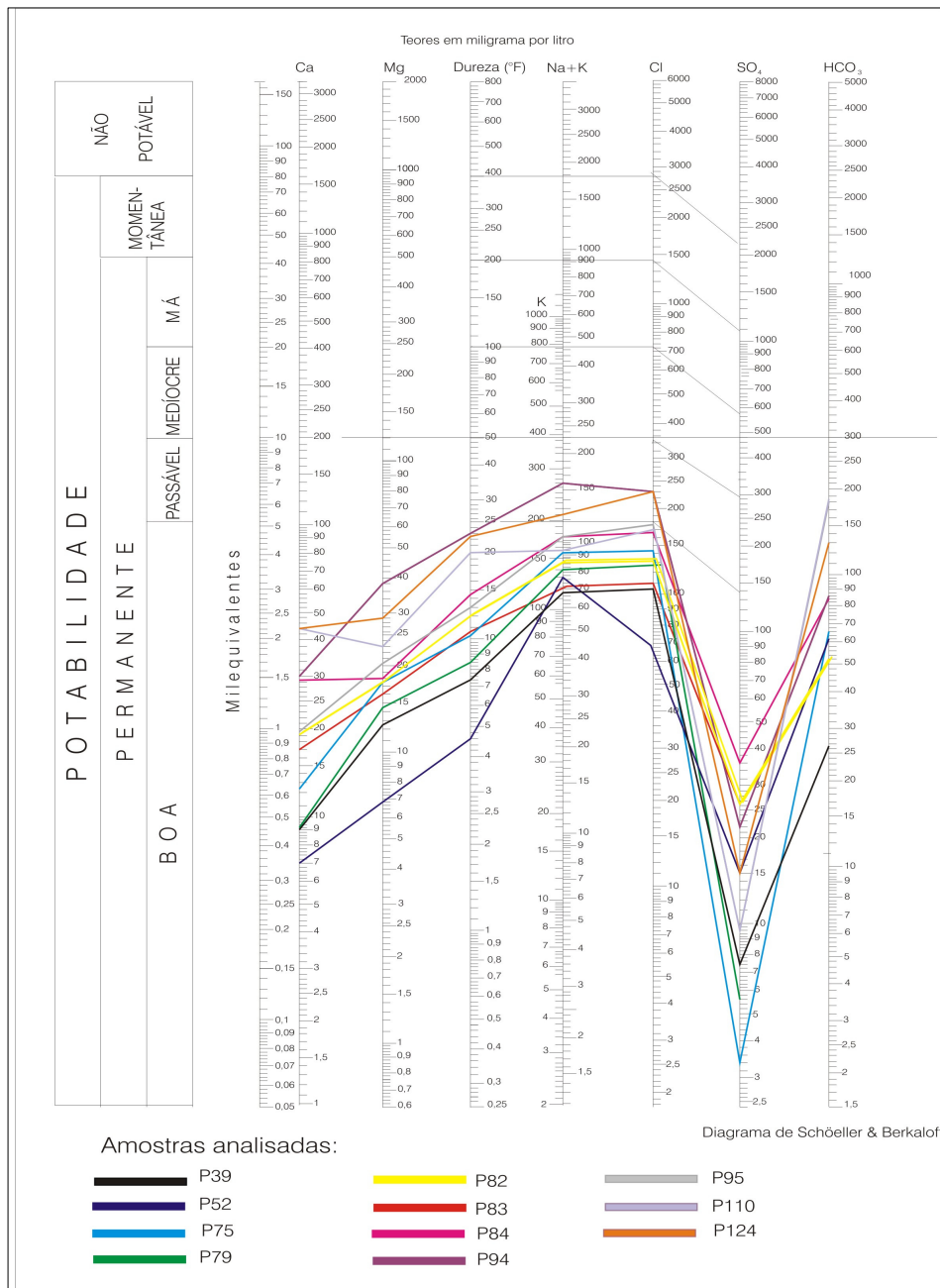


Figura 5.21 - Diagrama de Schöeller & Berkaloff para potabilidade das águas subterrâneas da porção centro-norte de Maracanaú



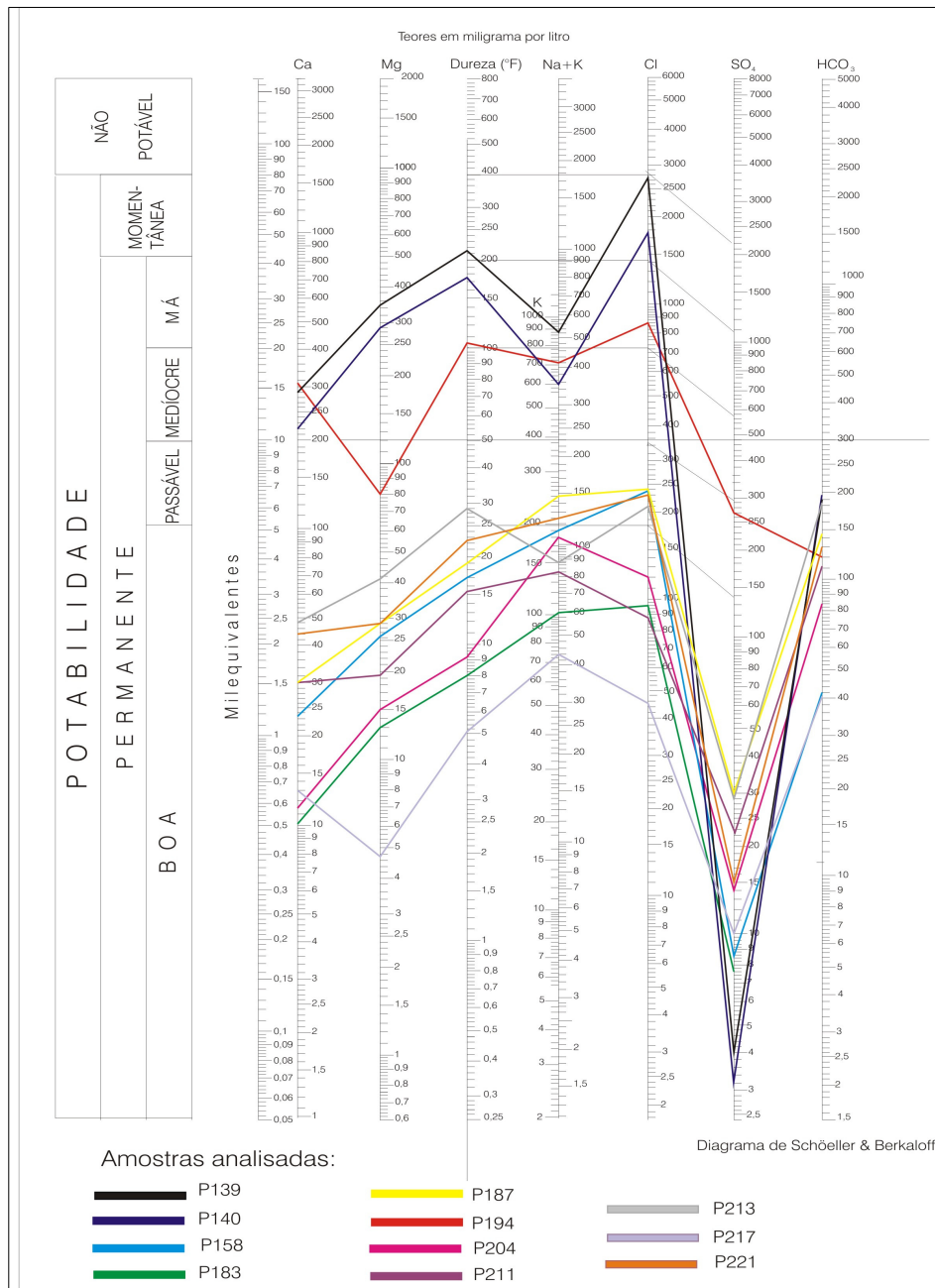


Figura 5.22 - Diagrama de Schöeller & Berkaloff para potabilidade das águas subterrâneas da porção centro-norte de Maracanaú

De maneira geral, nos sistemas aquíferos estudados predominam águas com índices *aceitáveis* do ponto de vista físico-químico, porém, algumas amostras apresentaram valores para cloretos que desqualificam estas águas para o consumo humano. A média geral dos demais parâmetros ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), variou entre “Boa” a “Passável”, qualificando

as águas subterrâneas locais quanto à potabilidade físico-química.

Além dos elementos analisados pelo gráfico de Schoeller & Berkaloff, as 22 análises contidas no Apêndice 02 ainda revelam que, para o íon ferro, 87% das análises encontram-se dentro dos padrões de potabilidade da portaria N° 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde ( $<0,3$  mg/L). A tendência à baixa concentração do íon ferro nas águas subterrâneas locais (14% das amostras) reflete a influência da lateritas contidas na Formação Barreiras, originadas pela reação do óxido de ferro com o oxigênio atmosférico oxidando-se para hidróxido férrico (RIBEIRO, 2001).

Sabe-se que a elevada concentração de ferro, mesmo que pontual, pode causar problemas ao consumo humano, favorecendo a incidência de problemas cardíacos e diabetes. MONMANEY (1992) aponta que estudos recentes sobre o aspecto de intoxicação por ferro (hemocromatose), originada de distúrbios genéticos, é agravada pela ingestão de compostos com elevadas concentrações de ferro, contemplam aspectos sobre águas ferruginosas.

Segundo CAVALCANTE (1998), no Estado do Ceará é comum se encontrar elevadas concentrações (2 a 15 mg/L) do elemento ferro nas águas das aluviões, cujos poços chegam a ceder vazões de até  $150 \text{ m}^3/\text{h}/\text{poço}$ , explotadas para abastecimento público. Nestes casos, se recomendam um tratamento preliminar através de filtros de areia, aeração e filtros com carvão ativado, a fim de se obter uma água potável.

O nitrato, que representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica, provém de resíduos da atividade humana e encontra-se presente acima dos limites permitidos pela portaria 518 do MS ( $10 \text{ mg/L N-NO}_3$ ) em 68% das amostras analisadas variando de  $0,51 \text{ mg/L}$  a  $73,48 \text{ mg/L}$ , independente do sistema aquífero. As concentrações elevadas do nitrato são

explicadas na medida em que se tem a disposição de efluentes líquidos (esgotos domésticos e industriais) nas águas superficiais que podem interagir com as águas subterrâneas, a existência de fossas negras, ausência de saneamento básico e um posicionamento do nível estático muito raso, quase sempre inferior a 10 m, com predominância de 0 a 5 m e a mercê da variação sazonal.

No sistema digestivo, o nitrato é transformado em nitrosaminas, que são substâncias carcinógenas. Daí alguns cientistas advertirem que o excesso de íons nitrato na água e no alimento pode levar a um aumento na incidência de câncer de estômago.

#### 5.4.3.2 - USO INDUSTRIAL

Os parâmetros que determinam a qualidade da água para o uso industrial são por demais complexos, devido aos diversos ramos do segmento industrial que exigem um número de especificações de acordo com as diferentes necessidades da água para cada finalidade.

As impurezas presentes nas águas encontram-se, normalmente, dissolvidas ou em suspensão. As técnicas industriais, entretanto, permitem que essas águas de composição diferenciadas possam ser utilizadas em qualquer ramo industrial, dependendo, logicamente, de técnicas adequadas no tratamento e das características exigidas na obtenção do produto final. Os principais problemas causados pelas impurezas presentes nas águas naturais, quando usadas no setor industrial são a corrosão e as incrustações.

Usos específicos das águas podem ter diferentes requisitos de qualidade. Assim, a tabela 5.9. mostra os principais elementos a serem analisados e as concentrações aceitáveis em função do uso.

Tomando-se como base os valores obtidos nas análises físico-químicas encontradas no Apêndice 02 e confrontando-as com os da tabela 5.7, verificou-se que a grande maioria das águas subterrâneas naturais dos pontos cadastrados encontra-se “fora” dos limites aconselháveis para uso na indústria, com ressalto para valores de pH, dureza, STD, magnésio, nitrato e cloretos, bem acima dos valores de referência, em mais de 85% das análises.

Tabela 5.7 - Padrões de qualidade d'água para indústria

Parâmetro	Unidade	1	2	3	4	5	6
pH	-	-	-	6,5-7,0	-	-	8
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	50	180	50-75	25	50	50
Alcalinidade	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	128	-	135
Cálcio	mg/L	-	-	200	-	10	-
Magnésio	mg/L	-	-	30	-	-	-
Cloretos	mg/L	-	30	100	250	100	-
Sulfatos	mg/L	-	60	-	250	100	-
Nitrato	mg/L	-	30	10	-	-	-
Ferro	mg/L	0,5	0,3	0,1	0,2	0,25	0,2
Manganês	mg/L	0,5	0,1	0,1	0,2	0,25	0,2
Amônia	mg/L	-	Traços	-	-	-	-
STD	mg/L	-	500	1000	850	-	-
<b>1</b> - Águas de refrigeração <b>2</b> - Ind. Laticínios <b>3</b> - Cervejaria <b>4</b> - Ind. de bebidas e sucos de frutas <b>5</b> - Ind. Têxtil <b>6</b> - Curtumes							

Fonte: modificada de Santos, 1997

#### 5.4.3.3 - USO NA IRRIGAÇÃO

Na classificação da água para fins de irrigação utiliza-se o SAR (Razão de Adsorção de Sódio) juntamente com a condutividade elétrica, o que indica se a água é apropriada ou

não para esta finalidade. Quanto maior o SAR, menos apropriada será a água para uso na agricultura.

O SAR é uma razão que indica a porcentagem de sódio contida numa água que pode ser adsorvida pelo solo e é calculada através da equação 01:

EQUAÇÃO 01

$$\text{SAR} = \frac{r\text{Na}}{\sqrt{\frac{r\text{Ca} + r\text{Mg}}{2}}}$$

onde  $r = \text{meq/L}$

A concentração de sódio é importante, pois ele substitui o cálcio na estrutura do solo e caso encontre-se com concentração excessiva, irá reduzir a permeabilidade e levar a uma situação de esterilidade (FREEZE & CHERRY, 1979).

A classificação das águas subterrâneas da porção centro-norte do município de Maracanaú para irrigação utiliza o gráfico proposto pelo *United States Salinity Laboratory* (Figura 5.23), que tem por base os parâmetros descritos acima.

De acordo com a classificação do diagrama proposto, elas estão inseridas preponderantemente na classe  $S_1$  e  $S_2$  que denota um baixo a médio risco de sódio, e nas classes  $C_2$  e  $C_3$  denotando um risco médio a alto de salinidade (86% nas classes  $C_2-S_1$  e  $C_3-S_1$ ).

De uma maneira geral, no que diz respeito ao uso na irrigação, as águas subterrâneas apresentam certas restrições, haja vista que são extremamente sódicas, o que exige um tratamento especial do solo (boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica). Apesar do risco de salinidade apresentado não ser tão alto, na área de estudo 07 poços apresentaram águas salinizadas. Assim sendo, apenas os

vegetais que apresentam tolerância salina são indicados a serem cultivados com essas águas.

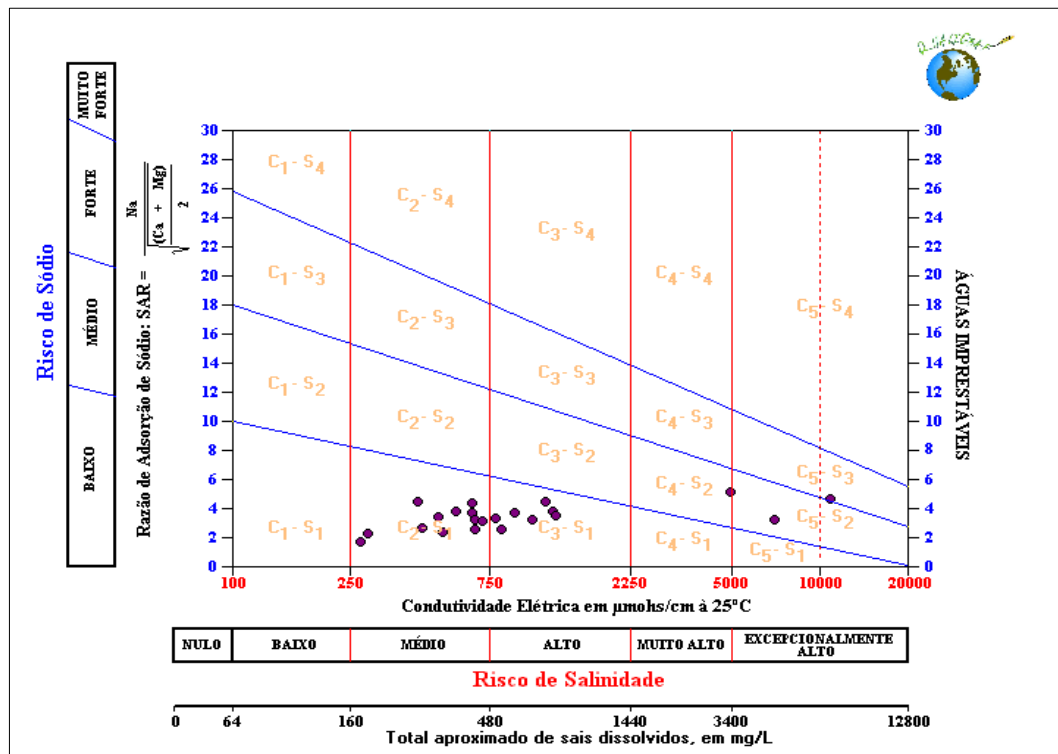


Figura 5.23 - Classificação das águas subterrâneas da porção centro-norte do município de Maracanaú para irrigação segundo diagrama do *U.S. Salinity Laboratory*.

## CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES

Na porção sudoeste da Região Metropolitana de Fortaleza, onde está localizado o município de Maracanaú com área total de 106 km<sup>2</sup>, ocorrem sedimentos cenozóicos representados pelos clásticos terciários da Formação Barreiras e das Coberturas Colúvio-Eluviais, depósitos quaternários formados pelas aluviões, além de afloramentos dos Complexos Granitóide-Migmatítico e Gnáissico-Migmatítico que, interpretados em termos de recursos hídricos subterrâneos definem quatro sistemas hidrogeológicos distintos: Aluvionar, Barreiras, Cristalino e Misto.

As variáveis climatológicas e de balanço hídrico da área, em um período compreendido entre 1998 e 2007, demonstram que a precipitação média anual é de 1153 mm. Entre os meses de fevereiro a maio ocorrem as maiores precipitações com média mensal de 206,38 mm e nos meses de agosto a dezembro ocorrem as menores precipitações, com média mensal de 10,14 mm

Os poços sobre o Sistema Cristalino possuem profundidades oscilando predominantemente entre 50 e 60 metros, cedendo vazões que variam, no geral, entre 0,20 a 10 m<sup>3</sup>/h, com média de 1,95 m<sup>3</sup>/h correlacionando-se com os valores de vazão no contexto do meio cristalino no âmbito da Região Metropolitana de Fortaleza, implicando em baixa vocação hídrica subterrânea desse sistema.

No contexto hidrogeológico da RMF os poços do Sistema Barreiras apresentam vazão média de 2,8 m<sup>3</sup>/h e a espessura média local dos clásticos Barreiras é de 11 metros (pequena em

relação à média regional - 50 m), configurando-se como um importante manancial hídrico apesar da pequena extensão na área de estudo, porém, são utilizadas por muitos núcleos populacionais, para captação de água a pequenas profundidades.

O Sistema Hidrogeológico Misto corresponde às áreas ocupadas pela Formação Barreiras assentada sobre o embasamento cristalino cujos poços captam água de ambas as unidades. As vazões alcançaram uma média de  $1,87 \text{ m}^3/\text{h}$  com capacidade específica normalmente inferior a  $1,0 [(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}]$ , semelhante ao que ocorre com os poços do meio cristalino. As profundidades alcançadas variam entre 25 e 123 metros. O Sistema Misto também apresentou baixa vocação hídrica subterrânea, assemelhando-se aos valores de vazão do meio cristalino, provavelmente devido à pequena espessura do Barreiras local (11 m, em média), juntamente com a forte influência de seus níveis argilosos.

O Sistema Hidrogeológico Aluvionar corresponde aos depósitos arenosos e argilosos que ocorrem margeando os baixos cursos dos principais rios e riachos da área (Maranguapinho e Timbó), ocupando uma área de  $0,791 \text{ km}^2$ . Trata-se de um sistema que capta água através de poços construídos manualmente, com profundidade média de 6 metros. Constituem um aquífero descontínuo, de pequena importância local devido à baixa permeabilidade e o caráter salino de suas águas.

As reservas reguladoras dos Sistemas Hidrogeológicos Barreiras e Aluvionar foram estimadas em  $216.500 \text{ m}^3/\text{ano}$  e  $3.982 \text{ m}^3/\text{ano}$ , respectivamente, e as reservas permanentes em  $3.031.000 \text{ m}^3$  e  $276.500 \text{ m}^3$ , respectivamente, enquanto que as reservas totais desses dois sistemas somaram  $3.527.982 \text{ m}^3$ .

A disponibilidade efetiva dos poços em funcionamento foi calculada em  $167.097 \text{ m}^3/\text{ano}$ , que representa  $76,15\%$  da soma das reservas renováveis dos Sistemas Barreiras e Aluvionar, ou somente  $5,07\%$  das reservas permanentes.



A falta de um banco de dados com informações disponíveis sobre perfis litológicos, perfis construtivos, análises físico-químicas, parâmetros hidrodinâmicos e coordenadas, de um mesmo poço, não permite diferenciar com exatidão a água subterrânea proveniente dos sedimentos terciários da água proveniente do embasamento.

Segundo o Diagrama de Piper, as águas subterrâneas na área de estudo foram classificadas como cloretadas-sódicas (68,1%), seguidas das cloretadas mistas (18,2%) e as cloretadas-cálcicas ou magnesianas (13,7%) e cloretadas-magnesianas (9%).

De acordo com o diagrama de Schoöller & Berkaloff observou-se que as águas subterrâneas apresentam restrições para cloretos, do ponto de vista físico-químico, porém predominam águas com *índices aceitáveis* para o consumo humano.

Para o uso industrial, a grande maioria das águas subterrâneas naturais da área encontra-se fora dos limites aconselháveis para uso na indústria, com ressalto para valores de pH, dureza, STD, magnésio, nitrato e cloretos, bem acima dos valores de referência, em mais de 85% das análises. Quanto ao uso na agricultura, os resultados analíticos indicam a predominância das classes C<sub>2</sub>-S<sub>2</sub> e C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>, implicando em certas restrições das águas subterrâneas locais para irrigação.

Tendo em vista o posicionamento estratégico dos Sistemas Hidrogeológicos Barreiras e Aluvionar, recomenda-se a execução de estudos geofísicos (eletrorresistividade ou VLF, por exemplo) nas áreas de ocorrência dos mesmos, visando à determinação da espessura real desses sedimentos, bem como, da espessura saturada a fim de balizar os cálculos de reservas e potencialidade para este sistema aquífero, uma vez que as condições hidrogeológicas não são uniformes.

Recomenda-se a execução de testes de bombeamento nos poços da área, por sistemas aquíferos no sentido de uma melhor

compreensão das condições de eficiência dos poços e dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos.

Os dados e informações presentes nessa dissertação sintetizam a hidrogeologia da porção centro-norte do município de Maracanaú, porção sudoeste da Região Metropolitana de Fortaleza, auxiliando no conhecimento hídrico direcionado para planos diretores municipais e decisões maiores dos órgãos gestores estaduais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. Q. de - 2005 - Análise Geoambiental como Subsídio ao Planejamento Territorial do Município de Maracanaú-CE. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia; Universidade Estadual do Ceará, 2005. 223p.

ARAÚJO, A.L & LEAL, S.E.C. - 1990. Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas do Município de Fortaleza-CE. Relatório de Graduação. Universidade Federal do Ceará/Departamento de Geologia. 123p.

ARTHAUD, M. H., VASCONCELOS, A. M., NOGUEIRA NETO, J. A. - 1998 - Províncias Estruturais Brasileiras. In: VIII Simpósio de Geologia do Nordeste. Vol 8. Campo Grande - PB. SBG. P 363-391.

BARROS, M. J. G; RIBEIRO, A. G; LIMA, E. A. de; FONSECA, R. A. da. - 1991 - Potencial dos Recursos Hídricos. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia - Projeto RADAMBRASIL - 1981 - Levantamento de Recursos Naturais. Folha Jaguaribe. SB 24/25. Jaguaribe/Natal; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro.

BELTRÃO, A. E. & MANOEL FILHO, J. - 1973 - Abastecimento de Água da Área Metropolitana da Cidade de Fortaleza - CE. SUDENE. Série Hidrogeológica 44, Recife - PE. 294p.

BIANCHI, L; PADILHA, M. W. M; TEIXEIRA, J. E. M. - 1984 - Recursos de Água Subterrânea na RMF. Fatores Condicionantes.

In: Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da RMF - Fase I. Fortaleza. SEPLAN - AUMEF, v. 1, 139p.

BRAGA, A. de L; PASSOS, C. A. B; SOUZA, E. M. de; FRANÇA, J. B. de; MEDEIROS, M. de F. - 1977 - Projeto Fortaleza. Relatório Final. DNPM/CPRM. v. 1, 339p.

BRAGA, A. P. G; PASSOS, C. A. B; SOUZA, E. M; FRANÇA, J. B; MEDEIROS, M. F.& ANDRADE, V. A. - 1981 - Geologia da Região Nordeste do Ceará - Projeto Fortaleza. MME-DNPM/CPRM. Recife - PE. Escala 1:500.000

BRANDÃO, R. de L.;CAVALCANTE, I.N.; SOUSA, M.N. - 1995. Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Projeto SINFOR. Informações Básicas para Gestão territorial. CPRM.Fortaleza-CE. 88p.

BRANDÃO, R. de L. - 1995 - Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Escala 1:100.000. Texto Explicativo. Programa Gestão e Administração Territorial - GATE/CPRM/REFO - Fortaleza - CE, 34p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia - Projeto RADAMBRASIL - 1981 - Levantamento de Recursos Naturais. Folha Jaguaribe. SB 24/25. Jaguaribe/Natal. Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro.

CAVALCANTE, I. N. & FRANGIPANNI, A. - 2000 - Gestão das Águas - Uma política de Sobrevivência. In: I Congresso Mundial Integrado das Águas Subterrâneas, Resumos. Fortaleza: ABAS/ALSHUD.

CAVALCANTE, I.N. - 1998. Fundamentos hidrogeológicos para gestão integrada de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, estado de Ceará. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências/USP. São Paulo-SP. 164p.

CAVALCANTE, I.N.; VASCONCELOS, S.M.S; ARAÚJO, A.L.de; LEAL, S.E.C.; BIANCHI, L. - 1990. Qualidade das águas Subterrâneas de Fortaleza. In: Revista de Geologia, volume 3, p 89-97, Edições UFC. Fortaleza.

CAVALCANTE, I. N. - 1993 - Qualidade das Águas do Município de Fortaleza - CE. GEOPLAN - Geologia e Planejamento Ltda. PROJETO SANEAR I. Fortaleza - CE. 22p.

CAVALCANTE, I. N. - 1997 - Hidrogeologia de Meios Fissurados. III Curso de Especialização em Hidrogeologia Aplicada - CEHA. IG/UFPA. 25p.

CAVALCANTE, J. C; FERREIRA, V. A; ARMESTO, R. C. |G; MEDEIROS, M. de F; RAMALHO, R; BRAUN, O. P. G; BAPTISTA, M. B; CUNHA, H. C. da S. - 1993 - Mapa Geológico do Estado do Ceará. Escala 1:500.000. MME/DNPM/MI - SUDENE/Governo do Estado do Ceará.

CEARÁ - 1992 - Secretária de Recursos Hídricos, Plano Estadual de Recursos Hídricos: Atlas Fortaleza, 1992. v. 4 v. 1.

CEARÁ - 2004 - Secretária do Planejamento e Coordenação (SEPLAN). Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Perfil Básico Municipal: Maracanaú.

COLARES, J. Q. S. - 1996 - Mapeamento Geotécnico preliminar da Região Metropolitana de Fortaleza. Dissertação de Mestrado. UNESP. Inédita. Rio Claro - SP. Mapas.

COSTA, W. D. - 1997 - Estudo da Disponibilidade Hídrica da Lagoa do Bonfim no Município de Nísia Floresta - RN. SERHID/COSTA. Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda. Natal/RN. 83p.

COSTA, W.D. - 1998 - Avaliação de Reservas e Potencialidade de Aqüíferos. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 10, 1998, São Paulo. Anais do...São Paulo: ABAS, 1998.

COSTA, W.D. & SILVA, A.B. - 2000 - Hidrogeologia dos Meios Anisotrópicos. In: FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. HIDROGEOLOGIA: Conceitos e Aplicações. CPRM-REFO. Fortaleza-CE, cap 7, p 133-135, 2ªEdição.

DA SILVA, F.J.A. - 2005 - Perda de Água em Sistemas Públicos de Abastecimento no Ceará. Ver.Tecn. v.26, n.1, p 1-11, jun-2005.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. 1998 - Plano Diretor de Mineração para Região Metropolitana de Fortaleza. Ministério das Minas e Energia. Brasília.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.

FERNANDES, M.A.B. - 2007 - Análise Estatística R-modal e Modelo Geoquímico Inverso no Estudo da Qualidade das Águas Subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza-CE. Tese de Doutorado. Departamento de Física/UFC. 150p.

FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. (ORGS) - 2000 - HIDROGEOLOGIA: Conceitos e Aplicações. CPRM. 2ª Ed., 269p.

IPLANCE - 1995 - Secretária do Planejamento e Coordenação. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. Atlas do Ceará. Fortaleza-CE. 64p.

LOGAN, J. - 1965 - Interpretação de Análises Químicas da Água. U.S.Agency for International Developement. Tradução de Araknéa Martins de Lemos. Recife.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - 2004. Portaria 518/GM de 25/03/2004. Dispõe sobre padrões de potabilidade das águas para consumo humano. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de Março de 2004. Seção I, Página 266/270.

MÖBUS, G. - 2003 - Qualigraf:Software para Interpretação de Análises Físico-Químicas, versão Beta. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. Fortaleza-CE. Download do Programa a partir da página:[www.funceme.br](http://www.funceme.br).

MORAIS, J.B.A; SAMPAIO, T. de Q; SALES, J.W.M. - 1984 - PROJETO FORTALEZA.Hidrogeologia e Controle Tecnológico nas Perfurações de Poços Tubulares no Município de Fortaleza-CE. Relatório Final. Fortaleza-CE. DNPM/CPRM, vol.1, 208p.

RIBEIRO, J.A.F. - 2001 - Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas da Faixa Costeira Leste da Região Metropolitana de Fortaleza-CE. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia/UFC. Fortaleza. 112p.

SANTOS, A.C. - 2000 - Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. HIDROGEOLOGIA: Conceitos e Aplicações. CPRM - REFO. Fortaleza-CE. Cap.5, p. 81-108, 2ªed.

TAJRA, A. A - 2001. Aspectos Técnico-Construtivos dos Poços Tubulares e a Legislação Pertinente - Área Piloto de Fortaleza

- CE. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia/UFC. 110p.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, Jr. - 1995 - The Water Balance. Centron, N.J. Laboratory of Climatology.

VERÍSSIMO, L.S. - 1999 - Importância das Águas Subterrâneas para o Desenvolvimento Socioeconômico do Eixo CRAJUBAR, Cariri Ocidental - CE. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia/UFC.

VIANA, N. de O. - 2005 - Aspectos Hidrogeológicos na Região de Maranguape - CE. Relatório de Graduação. Departamento de Geologia/UFC. 87p.



APÊNDICE I - INVENTÁRIO DOS POÇOS DA PORÇÃO CENTRO - NORTE DO  
MUNICÍPIO DE MARACANAÚ

Nº DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-01	JORGE ALBERTO STUDART GOMES	9572415	542917	CRISTALINO	58,00	4,00	50,00	0,28	EM USO		PRIVADO		
P-02	ADAUTO CLÁUDIO MOTA	9577071	543813	CRISTALINO	55,00				EM USO		PRIVADO		10296,00
P-03	FRANCISCO XIMENES	9577160	543693	CRISTALINO	30,00				EM USO		PRIVADO		4439,00
P-04	PROJETO MINHA CASA - BETESDA	9575990	543014	CRISTALINO					EM USO		PRIVADO		1094,00
P-05	PREFEITURA	9571237	541927	CRISTALINO	55,00	5,00	35,00	3,60	EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	589,00	382,85
P-06	PREFEITURA	9571191	542373	CRISTALINO	60,00	2,00	48,00	0,48	EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	2750,00	1787,50
P-07	PREFEITURA	9572686	540345	CRISTALINO	40,00	3,00	23,00	6,00	EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	794,00	516,10
P-08	VICENTE DE PAULA ALMEIDA LOPES	9576554	544220	CRISTALINO	60,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	918,00	596,70
P-09	NAIR BATISTA	9575823	545322	CRISTALINO	25,00				EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO	714,00	464,10
P-10	ALADIN MOREIRA ALVES - FRIOZEM	9575372	545691	CRISTALINO	48,00			1,20	EM USO		PRIVADO		505,00
P-11	ALADIM MOREIRA ALVES	9575336	545659	CRISTALINO	54,00			10,00	EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	734,00	477,10
P-12	GRANDES CURTUMES CEARENSE S.A - CURCEL	9574763	544131	CRISTALINO	50,00	7,50	16,00	5,66	EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	4240,00	2756,00
P-13	LAMINÇÃO DE ALUMÍNIO FORTALEZA	9575306	547080	CRISTALINO	60,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	408,00	265,20
P-14	POSTO COLINA	9574012	545744	CRISTALINO	70,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	1120,00	728,00
P-15	COTECE S/A (ADMINISTRAÇÃO)	9572784	544853	CRISTALINO	70,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	996,00	647,40
P-16	DAFERRO S/A - ALUMINIO E AÇO	9573165	545022	SEDIMENTAR	15,00	9,00			EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	535,00	347,75
P-17	TEXTIL JANGADEIRO S.A.	9575161	545524	CRISTALINO	45,00	6,00	21,00	4,50	EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	9130,00	5934,50
P-18	YOSHIDA NORDESTE S/A	9574580	545373	CRISTALINO	60,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	582,00	378,30
P-19	M.M. MOREIRA	9575247	544727	CRISTALINO	60,00	6,00	32,00		EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	1604,00	1042,60
P-20	POCELANE S.A.	9573985	544395	CRISTALINO	60,00	7,00	39,00		EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	1693,00	1100,45
P-21	INAP	9572537	542534	CRISTALINO	60,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	453,00	294,45
P-22	PELÁGIO OLIVEIRA S/N	9572903	543534	CRISTALINO	50,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	586,00	380,90
P-23	PELÁGIO OLIVEIRA S/A	9573002	543600	CRISTALINO	60,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	2980,00	1937,00
P-24	JOSIMERE MARTINS OLIVEIRA	9575285	547419	SEDIMENTAR	7,00	2,30			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	650,00	422,50
P-25	JOSÉ JÚNIOR PESSOA	9575579	546531	CRISTALINO	40,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	415,00	269,75
P-26	ERONDINA DE OLIVEIRA	9574493	547049	CRISTALINO	66,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	2810,00	1826,50

Fonte: COGERH/GOLGER PIVOT 2002

º DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-27	ELAINE	9573869	538362	CRISTALINO	92,00			0,20	EM USO		PRIVADO		917,00
P-28	ANTÔNIO VIANA	9573969	539210	CRISTALINO	46,00	4,50	41,00	0,60	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	1128,00	733,20
P-29	MARIA DAS GRAÇAS DE MEDEIROS - ME	9573015	545439	CRISTALINO	30,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	844,00	548,60
P-30	POLÍCIA RODOVIÁRIA	9573884	538764	CRISTALINO					EM USO		PRIVADO		326,00
P-31	PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A.	9574615	545725	CRISTALINO	70,00	8,00	50,00	1,10	EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	638,00	414,70
P-32	CIALNE - FCO DE ARAUJO CARNEIRO	9572695	545365	CRISTALINO	70,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	1163,00	755,95
P-33	ROBERTO EVARISTO	9573965	539506	CRISTALINO	60,00				EM USO		PRIVADO		338,00
P-34	SESI	9574594	544850	CRISTALINO	33,00	10,00	23,50	2,03	EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO	1482,00	963,30
P-35	SESI	9574489	544674	CRISTALINO	60,00	8,00	20,00	3,30	EM USO		PRIVADO		864,00
P-36	SESI	9574420	544656	CRISTALINO	60,00	4,00	28,00	2,00	EM USO		PRIVADO		
P-37	PREFEITURA	9574812	542149	CRISTALINO	58,00	4,00	43,00	1,71	EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	190,00	123,50
P-38	PREFEITURA	9576480	542750	CRISTALINO	50,00	37,00	42,00	0,07	EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	185,00	120,25
P-39	LIDIANE COELHO DA COSTA	9575432	546303	SEDIMENTAR	7,00	4,10			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	565,00	367,25
P-40	DNOCS	9572686	540345	CRISTALINO	61,00	2,00	32,00	0,40	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	575,00	373,75
P-41	ANTONIO ANJO	9572678	546077	SEDIMENTAR	12,00	1,20			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	925,00	601,25
P-42	GOTARDO BASI RODRIGUES	9575494	541113	CRISTALINO	60,00	12,70	50,00	0,30	EM USO	DOM./ANIMAL	PRIVADO	628,00	408,20
P-43	GOVERNO DO ESTADO	9572032	540037	CRISTALINO	39,00	3,80	29,00	1,02	EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	562,00	365,30
P-44	GRUPO HAPIVIDA	9574422	544822	CRISTALINO	59,00			2,00	EM USO		PRIVADO		729,00
P-45	GRUPO HAPIVIDA	9574385	544983	CRISTALINO	61,00			1,80	EM USO		PRIVADO		1071,00
P-46	MIGUEL DIAS	9575360	538308	CRISTALINO	33,00			0,50	EM USO		PRIVADO		722,00
P-47	PREFEITURA	9576580	541421	CRISTALINO	60,00			2,00	EM USO		PÚBLICO		729,00
P-48	SARA MONTEIRO	9576120	540272	CRISTALINO	60,00			1,00	EM USO		PRIVADO		997,00
P-49	TARGINO	9576743	540155	CRISTALINO	55,00			0,50	EM USO		PRIVADO		316,00
P-50	LUCILENE DE ABREU NUNES	9576958	539871	CRISTALINO	58,00	7,50	40,00	0,87	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	183,00	118,95
P-51	VAGNER	9575697	540059	CRISTALINO	60,00			0,50	EM USO		PRIVADO		3718,00
P-52	LUIS HOLANDA PINTO	9576196	540446	CRISTALINO	60,00			1,00	EM USO		PRIVADO		332,00

Fonte: COGERH/GOLDER PIVOT - 2002

Nº DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-53	COMUNIDADE	9577555	541882	CRISTALINO	60,00			1,00	EM USO		PÚBLICO		916,00
P-54	ANTONIO SENA	9577178	540974	CRISTALINO	60,00			1,00	EM USO		PRIVADO		466,00
P-55	ELDER FEITOSA/MATADOURO	9578109	541118	CRISTALINO	60,00			1,00	EM USO		PRIVADO		652,00
P-56	MINISTÉRIO DA SAÚDE	9572728	541431	CRISTALINO	21,10	0,40	7,00	3,20	EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	184,00	119,60
P-57	COMUNIDADE	9575236	538066	CRISTALINO	60,00			0,50	EM USO		PÚBLICO		885,00
P-58	PAULO COI	9574074	537838	CRISTALINO	72,00			0,40	EM USO		PRIVADO		2431,00
P-59	GOTARDO BASTOS	9574268	536520	CRISTALINO	60,00			1,00	EM USO		PRIVADO		677,00
P-60	RAUL CARNEIRO	9574092	537052	CRISTALINO	60,00			0,50	EM USO		PRIVADO		588,00
P-61	AURIGÉLIA	9574370	537650	CRISTALINO	60,00			1,00	EM USO		PRIVADO		663,00
P-62	FRANCISCO RODRIGUES	9574267	537754	CRISTALINO	84,00			1,00	EM USO		PRIVADO		337,00
P-63	JOSÉ ISAIAS	9574340	537717	CRISTALINO				1,00	EM USO		PRIVADO		373,00
P-64	ROBERTO MOREIRA	9574074	537514	CRISTALINO	82,00			1,50	EM USO		PRIVADO		907,00
P-65	ANTONIO RECAMONDE	9575112	546100	CRISTALINO	65,00			4,50	EM USO		PRIVADO		954,00
P-66	BETH	9573031	545736	CRISTALINO	60,00				EM USO		PRIVADO		
P-67	COLÉGIO 7 DE SETEMBRO	9573021	545915	CRISTALINO	48,00			1,80	EM USO		PRIVADO		376,00
P-68	CIALNE	9572659	545375	CRISTALINO	60,00				EM USO		PRIVADO		693,00
P-69	CIALNE	9572086	545425	CRISTALINO	60,00				EM USO		PRIVADO		
P-70	DIONÍSIO LAPA	9572998	545875	CRISTALINO	60,00				EM USO		PRIVADO		
P-71	ANTONIO RECAMONDE	9575009	546517	CRISTALINO					EM USO		PRIVADO		
P-72	ANTÔNIO PAIVA RECAMONDE ( POSTO )	9575102	546090	CRISTALINO	65,00			4,50	EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	1366,00	887,90
P-73	NUNES DE MELO	9573743	539487	CRISTALINO	72,00			0,10	EM USO		PRIVADO		
P-74	IRMÃS MIS. DE N.SRA. DAS DORES	9572528	541453	CRISTALINO	60,00				EM USO		PRIVADO		2879,00
P-75	PETROBRAS DISTRIBUIDORA S.A.	9574847	545921	CRISTALINO	65,00	13,00	34,00	0,79	EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	672,00	436,80
P-76	TRANSPACK TRANSPORTES RODOVIÁRIOS	9575131	546616	CRISTALINO	30,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	576,00	374,40
P-77	JOSÉ IVAN DÓTE DE OLIVEIRA	9575143	546233	CRISTALINO	40,00				EM USO	ANIMAL	PRIVADO	861,00	559,65
P-78	CEASA (COELCE) - ASSUCECE	9574837	545882	CRISTALINO	100,00	6,00	31,00	4,00	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	783,00	508,95

Fonte: JOGERH/GOLDER PIVOT - 2002

Nº DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDRÓG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-79	CEASA (MILHO) - ASSUCECE	9574850	545891	CRISTALINO	123,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	781,00	507,65
P-80	ANTÔNIO PAIVA RECAMONDE ( POSTO )	9575035	546513	CRISTALINO	42,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	905,00	588,25
P-81	MESSIAS ANASTÁCIO DE SOUZA	9575673	545329	SEDIMENTAR	12,00	2,30			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	848,00	551,20
P-82	MARIA DOS PRAZERES NASCIMENTO	9575680	545347	SEDIMENTAR	7,00	1,90			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	850,00	552,50
P-83	IVALDO GADELHA DE ABREU	9575899	545004	SEDIMENTAR	6,00	2,40			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	770,00	500,50
P-84	PREFEITURA	9575889	544889	SEDIMENTAR	15,00	3,20			EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	726,00	471,90
P-85	SÍTIO SÃO JOÃO BATISTA	9576493	543961	SEDIMENTAR	12,00	1,20			EM USO	AGRICULTURA	PRIVADO	5130,00	3334,50
P-86	FRANCISCO NILTON GADELHA SOARES	9575468	545899	SEDIMENTAR	10,00	3,90			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	677,00	440,05
P-87	MANOEL NAZARENO BARBOSA	9575889	545820	SEDIMENTAR	10,00	3,20			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	378,00	245,70
P-88	MANOEL NAZARENO BARBOSA	9575871	545804	SEDIMENTAR	10,00	3,00			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	528,00	343,20
P-89	MARIA GORETE BARBOSA	9575862	545812	SEDIMENTAR	7,00	3,00			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	630,00	409,50
P-90	SERVTEXTIL INDUSTRIAL S/A	9572760	544561	CRISTALINO	80,00	16,00	53,00	1,20	EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	660,00	429,00
P-91	IBRAN - IND. BRASILEIRA DE ALIMENTOS NATURAIS	9574116	544435	CRISTALINO	60,00	5,00	43,00		EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	2090,00	1358,50
P-92	MARIA MOREIRA DA SILVA	9575268	547407	SEDIMENTAR	8,00	2,00			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	559,00	363,35
P-93	GEMON - A SERVIÇO DA COELCE	9575326	546425	SEDIMENTAR	13,00	9,00			EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	557,00	362,05
P-94	LUIS FRANCISCO DOS SANTOS	9572710	545981	SEDIMENTAR	12,00	1,30			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	918,00	596,70
P-95	NICOLAU CORREIA FILHO	9572740	546085	SEDIMENTAR	8,00	1,80			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	858,00	557,70
P-96	MARLEIDE BARBOSA	9574391	546471	SEDIMENTAR	12,00	5,25			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	494,00	321,10
P-97	AGROMIX PRODUTOS E SERVIÇOS AGROPECUÁRIOS	9573051	544949	SEDIMENTAR	11,00	9,00			EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	430,00	279,50
P-98	CARLOS BRUNE MARTINS	9574182	545937	CRISTALINO	30,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	1070,00	695,50
P-99	ETIM REFEIÇÕES COLETIVAS LTDA	9574135	546102	CRISTALINO	20,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	935,00	607,75
P-100	CARLOS ESTELI JUNIOR	9574159	546181	CRISTALINO	60,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	698,00	453,70
P-101	FRANCISCO ALVES CAVALCANTE	9573884	546570	CRISTALINO	50,00				EM USO	ANIMAL	PRIVADO	1330,00	864,50
P-102	OZETE FERREIRA GOMES	9573837	547159	CRISTALINO	25,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	536,00	348,40
P-103	OZETE FERREIRA GOMES	9573789	547122	CRISTALINO	25,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	997,00	648,05
P-104	OZETE FERREIRA GOMES	9573818	547031	CRISTALINO	30,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	818,00	531,70

Fonte: COGERH/GOLDER PIVOT - 2002

Nº DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-105	EMPRESA SANTO ANTONIO LTDA	9572685	540335	CRISTALINO	60,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	505,00	328,25
P-106	PREFEITURA	9575937	545441	CRISTALINO	60,00				EM USO	RECREAÇÃO	PÚBLICO	686,00	445,90
P-107	SECRETARIA DE PLANEJAMENTO	9577196	540351	CRISTALINO	60,00	4,30	56,00		EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	573,00	372,45
P-108	SIDERÚRGICA CEARENSE S.A	9573816	543732	CRISTALINO	60,00	4,00	15,00	4,97	EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	738,00	479,70
P-109	CIBEC ASFALPO S/A IPIRANGA	9574412	544056	CRISTALINO	60,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	3600,00	2340,00
P-110	MOTEL LAPASION	9574617	546839	SEDIMENTAR	10,00	3,20			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	832,00	540,80
P-111	MIGUEL CORREIA SANTOS	9573818	546197	CRISTALINO	65,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	637,00	414,05
P-112	IMAPE ALIMENTOS LTDA	9571614	542563	CRISTALINO	70,00				EM USO	ANIMAL	PRIVADO	612,00	397,80
P-113	IMAPE ALIMENTOS LTDA	9571613	542565	CRISTALINO	60,00	6,00	50,00	0,32	EM USO	ANIMAL	PRIVADO	494,00	321,10
P-114	MARIA DE JESUS SEVERO BARBOSA	9575839	545600	SEDIMENTAR	13,00	1,55			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	1380,00	897,00
P-115	MANOEL NAZARENO BARBOSA	9575831	545642	SEDIMENTAR	10,00	2,00			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	719,00	467,35
P-116	MERCADO PÚBLICO JOSÉ BENTO DA SILVA	9573017	545551	SEDIMENTAR	12,00	1,00			EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	598,00	388,70
P-117	GLAUBA REGINA AMORIM CORREIA	9575367	546306	SEDIMENTAR	10,00	5,00			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	828,00	538,20
P-118	JOELINA CRISTOVÃO NUNES	9575385	546309	SEDIMENTAR	7,00	4,55			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	654,00	425,10
P-119	VALNAR DOS SANTOS FERREIRA	9575390	546290	SEDIMENTAR	10,00	5,00			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	782,00	508,30
P-120	LUIS ANTÔNIO BRESAN	9575501	546358	SEDIMENTAR	12,00	4,80			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	1010,00	656,50
P-121	JOSÉ OLITO DE SOUSA	9575377	546338	SEDIMENTAR	8,00	5,20			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	545,00	354,25
P-122	LUIS ANTÔNIO BRESAN	9575502	546391	SEDIMENTAR	12,00	6,10			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	638,00	414,70
P-123	DR. FERNANDO BACELAR	9575434	540138	CRISTALINO	60,00	6,00	45,00	0,40	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	912,00	592,80
P-124	EDNA BENTO DA SILVA	9574184	546753	SEDIMENTAR	11,00	2,10			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	1015,00	659,75
P-125	CARLOS BENEVIDES CAMPOS	9575315	540273	SEDIMENTAR	20,00	4,00			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	230,00	149,50
P-126	RAIMUNDO LOPES PONTE	9573663	538820	CRISTALINO					EM USO		PRIVADO		309,00
P-127	FERNANDO A BARBOSA PONTES	9575387	540161	SEDIMENTAR	12,00	2,00			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	100,00	65,00
P-128	JOSÉ PINHEIRO DE MEDEIROS	9577196	539992	CRISTALINO	60,00	10,00	38,00	1,10	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	424,00	275,60
P-129	WALTER DA SILVA BARBOSA	9572470	538731	CRISTALINO					EM USO		PRIVADO		8034,00
P-130	RICARDO XAVIER DE LIMA	9573902	539475	CRISTALINO	50,00			1,60	EM USO		PRIVADO		315,00

Fonte: COGERH/GOLDER PIVOT - 2002

Nº DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-131	TIA CONTRUÇÕES PREMOLDADOS	9574105	549325	CRISTALINO	60,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	904,00	587,60
P-132	TIA CONTRUÇÕES PREMOLDADOS	9574014	549324	CRISTALINO	70,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	1150,00	747,50
P-133	JOSÉ PESSOA DE HOLANDA	9575121	546917	CRISTALINO	62,00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	2910,00	1891,50
P-134	CEARÁ RÁDIO CLUBE	9574527	547203	CRISTALINO	60,00				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	4500,00	2925,00
P-135	BENJAMIM STEINBRUCH	9572016	544943	CRISTALINO	58,00	1,60	13,50	8,00	EM USO		PRIVADO		1424,00
P-136	GRUPO VINCUNHA - ELISABETH	9573552	544453	CRISTALINO	108,00				EM USO		PRIVADO		
P-137	PREFEITURA	9571096	543332	CRISTALINO	60,00	1,00	50,00	0,43	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	620,00	403,00
P-138	PREFEITURA	9571616	542564	CRISTALINO	60,00	2,00	51,00	0,24	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-139	BRACAURO II (DENTRO DA FABRICA)	9574321	544984	CRISTALINO	66,00		50,00	0,22	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-140	BRACAURO II (DENTRO DA FABRICA)	9571619	542559	CRISTALINO	60,00	9,50	42,00	2,70	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-141	PREFEITURA	9571254	543492	CRISTALINO	60,00	4,00	48,00	0,50	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-142	DANONE S.A	9574207	545084	CRISTALINO	60,00	6,00	38,00	1,80	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-143	IDEAL INDUSTRIA DE ALIMENTO	9574851	544010	CRISTALINO	60,00				DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-144	IDEAL INDUSTRIA DE ALIMENTO	9574621	543770	CRISTALINO	54,00	6,30	29,80		DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-145	CEC - COMONHIA EXTORTADORA DE CASTANHA	9574046	544641	CRISTALINO	58,00	8,00	45,00		DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-146	METALONITA	9574048	545321	CRISTALINO	96,00				DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-147	INELSA - INDUSTRIAL ELETRICAS EITE S.A	9573726	545205	CRISTALINO	58,00	6,00	44,00	0,93	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-148	TEXTIL JANGADEIRO S.A.	9575186	545458	CRISTALINO	50,00				DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-149	TEXTIL JANGADEIRO S.A.	9575013	545398	CRISTALINO	50,00	7,00	36,00	1,89	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-150	SERMEC DO NORDESTE S.A.	9575329	544792	CRISTALINO	60,00	4,00	15,00		DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-151	SERMEC DO NORDESTE S.A.	9575275	544785	CRISTALINO	60,00	2,00	37,00		DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-152	TROPICAL RÁFIA INDUSTRIA E COMERCIO S/A	9573080	543374	CRISTALINO	60,00	6,00	28,00	5,50	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-153	PELÁGIO OLIVEIRA S/A	9572934	543518	CRISTALINO	48,00				DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-154	BSH NORDESTE LTDA	9572341	543110	CRISTALINO	60,00				DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-155	CIMPEX	9573404	543251	CRISTALINO	60,00	6,50	41,50	3,30	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-156	AGUANABI INDUSTRIA S/A	9573244	543682	SEDIMENTAR		0,70			DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		

Fonte: COGERH/GOLDER PIVOT - 2002

Nº DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-157	METALONITA	9574167	545306	CRISTALINO	60,00	3,00	36,00	1,20	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-158	TETRA CONSTRUÇÕES LTDA	9574035	539531	CRISTALINO	78,00		35,00		DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-159	ANTONIO VIANA	9574478	539403	CRISTALINO	46,00	4,50	41,00	0,60	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-160	COMUNIDADE CÁGADO	9574093	538909	CRISTALINO					DESATIVADO		PÚBLICO		527,00
P-161	ASFALTO NORDESTE LTDA	9572340	542917	CRISTALINO	60,00				DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-162	QUIMINDUSTRIA S.A.	9573540	545370	CRISTALINO	54,00	2,00	43,00	0,49	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		1000,00
P-163	QUIMINDUSTRIA S.A.	9573583	545390	CRISTALINO	60,00	1,80	49,00	1,60	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-164	PREFEITURA	9574105	538959	CRISTALINO	66,00		39,40		DESATIVADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-165	PREFEITURA	9573967	539208	CRISTALINO	66,00		39,40		DESATIVADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-166	ASSUCECE - ROD. DR. M. S. - GP7 - 1.8.	9574755	545857	CRISTALINO	100,00	5,00	45,00	1,00	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-167	ASSUCECE - ROD. DR. M. STEIB GP7 L. 8 (D. ÁGUA)	9574863	545865	CRISTALINO	138,00				DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-168	ADALBERTO BENEVIDES M. FILHO	9573709	545496	CRISTALINO	60,00	4,00	48,00	0,28	DESATIVADO		PRIVADO		
P-169	ERNANI VIANA	9573921	545637	CRISTALINO	78,00	1,50	62,00	0,60	DESATIVADO		PRIVADO		
P-170	ERNANI VIANA	9573857	545897	CRISTALINO	66,00	6,60	52,00	2,51	DESATIVADO		PRIVADO		
P-171	SESI	9574577	544889	CRISTALINO	54,00	10,00	37,00	2,20	DESATIVADO	RECREAÇÃO	PRIVADO		
P-172	SESI	9574365	544660	CRISTALINO	70,00	7,00	42,00	1,20	DESATIVADO		PRIVADO		
P-173	TASSO JEREISSATI	9573922	544586	CRISTALINO	60,00				DESATIVADO		PRIVADO		291,00
P-174	MARIA ONÓRIO DE OLIVEIRA	9576237	541737	CRISTALINO	60,00	4,25		0,04	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-175	PREFEITURA	9571613	542566	CRISTALINO	78,00		39,40	0,20	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-176	GIL FERREIRA DA PONTE	9573898	539197	CRISTALINO	56,00			0,15	DESATIVADO		PRIVADO		
P-177	EDUARDO MACHADO	9572786	543287	CRISTALINO	70,00			0,80	DESATIVADO		PRIVADO		
P-178	EDUARDO MACHADO	9572709	543492	CRISTALINO	70,00			0,40	DESATIVADO		PRIVADO		
P-179	GRUPO HAPIVIDA	9574365	544822	CRISTALINO	61,00			0,80	DESATIVADO		PRIVADO		263,00
P-180	JOSÉ FREDERICO TOMÉ S. E SILVA	9573857	545158	CRISTALINO	70,00			0,90	DESATIVADO		PRIVADO		925,00
P-181	PREFEITURA	9575690	539764	CRISTALINO	72,00			0,50	DESATIVADO		PÚBLICO		
P-182	COMUNIDADE	9575308	539546	CRISTALINO	72,00			0,50	DESATIVADO		PÚBLICO		

Fonte: COGERH/GOLDER PIVOT - 2002.



Nº DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-183	LUIS HOLANDA PINTO	9576190	540198	CRISTALINO	60,00			1,00	DESATIVADO		PRIVADO		
P-184	HENRIQUE JORGE	9576786	541462	CRISTALINO	60,00			1,00	DESATIVADO		PRIVADO		587,00
P-185	GOVERNO DO ESTADO	9571745	542602	CRISTALINO					DESATIVADO		PRIVADO		135,00
P-186	ROBERTO	9574269	537675	CRISTALINO	70,00			0,50	DESATIVADO		PRIVADO		648,00
P-187	COMUNIDADE	9574151	536843	CRISTALINO	60,00			1,00	DESATIVADO		PÚBLICO		1002,00
P-188	GOTARDO BASTOS	9574044	536661	CRISTALINO	60,00			1,00	DESATIVADO		PRIVADO		
P-189	LUCIANO FROTA	9573807	536717	CRISTALINO	80,00			0,20	DESATIVADO		PRIVADO		435,00
P-190	LUCIANO FROTA	9573711	537453	CRISTALINO	60,00			0,50	DESATIVADO		PRIVADO		431,00
P-191	PREFEITURA	9574219	536814	CRISTALINO	70,00			0,50	DESATIVADO		PÚBLICO		
P-192	RAUL CARNEIRO	9573918	537336	CRISTALINO	60,00			0,50	DESATIVADO		PRIVADO		1638,00
P-193	LEONARDO SOUZA	9574820	538152	CRISTALINO	60,00	6,50	49,00	0,33	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-194	AMADEU ARRAIS ARAÚJO	9574983	538602	CRISTALINO	74,00			1,50	DESATIVADO		PRIVADO		
P-195	PREFEITURA	9575494	541111	CRISTALINO	78,00		39,40	0,20	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-196	TEXTIL JANGADEIRO S.A.	9574186	545388	CRISTALINO	50,00	6,00	22,00	8,00	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-197	COMUNIDADE	9578363	541431	CRISTALINO	60,00			1,50	DESATIVADO		PÚBLICO		
P-198	FERNANDO A BARBOSA PONTES	9575363	540147	CRISTALINO	52,00	4,20	22,00	3,00	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		0,00
P-199	SECRETARIA DE PLANEJAMENTO	9574817	538141	CRISTALINO	60,00	6,50	49,00	0,30	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-200	GOVERNO DO ESTADO	9573906	540825	CRISTALINO	21,30	5,20	19,80	0,50	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-201	CERAMICA BRASILEIRA CERBRAS (TOPOZIO)	9573742	550136	CRISTALINO	70,00	11,00	57,00		DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-202	NIVARDO MENDES GUEDES	9575507	546340	SEDIMENTAR	12,00	4,10			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-203	TROPICAL RÁFIA INDUSTRIA E COMERCIO S/A	9574811	545871	CRISTALINO	66,00	4,00	43,00	19,30	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-204	CEASA (CAMPO) - ASSUCECE	9574729	545950	CRISTALINO	69,00			0,00	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-205	CEASA - ASSUCECE - 267 1456	9574771	545823	CRISTALINO	126,00			6,60	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-206	CEASA - ASSUCECE	9574883	545847	CRISTALINO	106,00	5,00	80,00	8,60	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-207	CEASA (GORAGEM) - ASSUCECE	9574862	545826	CRISTALINO	132,00	6,00	44,00	6,00	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-208	MULTIPOLIPETRUS S/A	9573906	540823	CRISTALINO	59,50	11,00	29,50	2,50	DESATIVADO	DOM./INDÚSTRIA	PRIVADO		

Fonte: COGERH/GOLDER PIVOT - 2002.

Nº DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-209	JOAQUIM MURILO SEVERO BARBOSA	9575856	545871	SEDIMENTAR	8,00	2,10			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-210	ICON - INSTALAÇÕES CONT. E COMERCIO	9572486	541407	CRISTALINO	60,00	2,50	47,50	0,55	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-211	CLOVES FERNANDES DE OLIVEIRA	9577667	539895	SEDIMENTAR	10,00	9,00			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-212	ANTÔNIO DE OLIVEIRA	9575450	539337	SEDIMENTAR	8,00	7,00			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-213	CLOVES FERNANDES	9575640	539496	SEDIMENTAR	8,00	4,50			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-214	CLOVES FERNANDES	9571586	542540	SEDIMENTAR	6,00	5,00			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-215	SERVTEXTIL INDUSTRIAL S/A	9572761	544561	CRISTALINO	80,00	3,00	53,00	0,40	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-216	PREFEITURA	9573239	540631	CRISTALINO	52,00	1,00	29,00	0,68	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-217	JOSÉ SEVERINO GOMES	9577387	539776	SEDIMENTAR	10,00	8,00			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-218	MA. LIONETE BEZERRA	9577267	539776	SEDIMENTAR	7,00	6,00			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-219	FERNANDO ANTONIO QUEIROZ	9577268	539776	SEDIMENTAR	5,00				DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-220	CENTRO DE TREINAMENTO	9573984	544984	CRISTALINO	72,00			0,00	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-221	CENTRO DE FORMAÇÃO E APERF. DE PRAÇAS II	9573984	545543	CRISTALINO	60,00	16,00	46,50	1,35	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-222	C. DE FORMAÇÃO E APERFEIÇOAMENTO DE PRAÇAS I	9572730	541431	CRISTALINO	30,00				DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-223	PEDRO SALES NUNES	9574395	546464	SEDIMENTAR	11,00	9,30			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-224	PEDRO SALES NUNES	9574428	546451	SEDIMENTAR	13,00	5,30			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-225	PREFEITURA	9573640	547665	CRISTALINO	60,00				DESATIVADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-226	REFRESCOS CEARENSES	9573902	544540	CRISTALINO	70,00	10,00	26,30	4,20	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-227	FRUTOP	9573895	544540	CRISTALINO	60,00	12,40	29,70		DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-228	FRUTOP	9573872	544470	CRISTALINO	70,00	7,50	20,00		DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-229	SIDERÚRGICA CEARENSE S.A	9573668	543683	CRISTALINO	60,00	3,00	26,00	4,00	DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-230	MARIA VIANA QUIZERME	9574001	546215	CRISTALINO	30,00				DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-231	ANTO SOUSA LANDIM	9571621	542563	SEDIMENTAR	12,00	10,00			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-232	PAULO UCHÔA	9573558	546734	SEDIMENTAR	16,00	2,65			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO	1200,00	780,00
P-233	MARIA HELENA DUARTE	9573604	546696	CRISTALINO	60,00				DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		

Fonte: COGERH/GOLDER PIVOT - 2002.

Nº DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-234	IRES ROSANA	9575640	539496	SEDIMENTAR	8,00	7,00			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		
P-235	SECRETARIA DE PLANEJAMENTO	9571614	542567	CRISTALINO	60,00	2,10	56,00	0,10	DESATIVADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-236	JOSÉ TERCEIRO FALANGA	9573597	539300	SEDIMENTAR	12,00				DESATIVADO		PRIVADO		268,00
P-237	MIRIAM	9575288	540245	SEDIMENTAR	17,00	6,00			DESATIVADO	DOMÉSTICO	PRIVADO		0,00
P-238	GRUPO VINCUNHA - ELISABETH	9573663	544082	CRISTALINO	58,00	5,00	15,00	7,58	DESATIVADO		PRIVADO		
P-239	ORCEU MACHADO	9575103	539682	CRISTALINO	60,00			5,00	DESATIVADO		PRIVADO		
P-240	INAP-IND.NACIONAL DE ACESSÓRIOS PARA IRRIGAÇÃO	9572736	542609	CRISTALINO	100,00				DESATIVADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-241	CLÓVIS VIANA	9574169	539603	CRISTALINO					ABANDONADO		PRIVADO		
P-242	CLÓVIS VIANA	9574164	539755	CRISTALINO					ABANDONADO		PRIVADO		
P-243	COMUNIDADE	9574675	542856	CRISTALINO					ABANDONADO		PÚBLICO		
P-244	ESCOLA CESAR CAIS FILHO	9574097	543828	CRISTALINO	50,00	3,00	36,00	0,75	ABANDONADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-245	COMUNIDADE	9570057	541789	CRISTALINO					ABANDONADO		PÚBLICO		
P-246	TETRA CONSTRUÇÕES LTDA	9574506	539391	CRISTALINO	78,00		35,00		ABANDONADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-247	BRITO	9573650	538700	CRISTALINO	36,00				ABANDONADO		PRIVADO		
P-248	FRANCISCO PINTO JÚNIOR	9572411	543626	CRISTALINO	36,00	3,50	18,50	3,00	ABANDONADO		PRIVADO		
P-249	GOVERNO DO ESTADO	9571547	541534	CRISTALINO	61,00	2,00	32,00		ABANDONADO	RECREAÇÃO	PÚBLICO		
P-250	GOTARDO BRASIL RODRIGUES	9572564	541162	CRISTALINO	60,00	12,70	50,00		ABANDONADO	ANIMAL	PRIVADO		
P-251	COMUNIDADE	9575613	540394	CRISTALINO	60,00				ABANDONADO		PÚBLICO		
P-252	ZEQUINHA FINELDO	9576093	540780	CRISTALINO	60,00			2,00	ABANDONADO		PRIVADO		372,00
P-253	IVAN MOREIRA DE CASTRO ALVES	9572366	543351	CRISTALINO	60,00				ABANDONADO		PRIVADO		
P-254	COMUNIDADE	9573053	541620	CRISTALINO					ABANDONADO		PÚBLICO		
P-255	COMUNIDADE	9572906	541912	CRISTALINO					ABANDONADO		PÚBLICO		
P-256	COMUNIDADE	9574961	543007	CRISTALINO					ABANDONADO		PÚBLICO		
P-257	COMUNIDADE	9574875	543105	CRISTALINO	52,00				ABANDONADO		PÚBLICO		
P-258	PREFEITURA	9572811	546072	CRISTALINO					ABANDONADO		PÚBLICO		
P-259	COMUNIDADE	9573531	539020	CRISTALINO					ABANDONADO		PÚBLICO		

Fonte: COGERH/GOLDER PIVOT - 2002.

Nº DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-260	COMUNIDADE	9571820	541346	CRISTALINO					ABANDONADO		PÚBLICO		
P-261	MUTIPOL PETROS S/N	9573334	542637	CRISTALINO	59,50	11,00	29,50	2,50	ABANDONADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-262	CENTRO DE TREINAMENTO	9571195	541953	CRISTALINO	60,00				ABANDONADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		
P-263	SIDERÚRGICA CEARENSE S.A	9573728	543697	CRISTALINO	60,00	9,00	41,00	1,00	ABANDONADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-264	SIDERÚRGICA CEARENSE S.A	9573682	543685	CRISTALINO	66,00	1,00	52,20	1,02	ABANDONADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-265	SIDERÚRGICA CEARENSE S.A	9573668	543683	CRISTALINO	56,00	5,00	41,00	0,63	ABANDONADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-266	SIDERÚRGICA CEARENSE S.A	9573926	543660	CRISTALINO	60,00	3,00	27,00	3,50	ABANDONADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-267	SIDERÚRGICA CEARENSE S.A	9573696	543509	CRISTALINO	60,00	5,00	36,00	2,77	ABANDONADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-268	COMUNIDADE	9571733	541650	CRISTALINO					ABANDONADO		PÚBLICO		
P-269	COMUNIDADE	9571407	541788	CRISTALINO					ABANDONADO		PRIVADO		
P-270	COMUNIDADE	9570383	542593	CRISTALINO					ABANDONADO		PÚBLICO		1625,00
P-271	PAULO MORAES	9573292	542628	CRISTALINO	59,00			0,40	ABANDONADO		PRIVADO		530,00
P-272	BENJAMIM STEINBRUCH	9571841	544518	CRISTALINO					ABANDONADO		PRIVADO		
P-273	METALONITA	9574094	545361	CRISTALINO	60,00	15,00	50,00	0,30	ABANDONADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-274	PREFEITURA	9571590	545262	CRISTALINO					ABANDONADO		PÚBLICO		
P-275	SIDERÚRGICA CEARENSE S.A	9573948	543760	CRISTALINO	60,00	2,50	32,00	2,00	ABANDONADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-276	SIDERÚRGICA CEARENSE S.A	9573800	543473	CRISTALINO	50,00	7,00	26,00	4,00	ABANDONADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-277	ALADIN MOREIRA ALVES - FRIOZEM	9575367	545556	CRISTALINO					NÃO INSTALADO		PRIVADO		463,00
P-278	ALADIN MOREIRA ALVES - FRIOZEM	9575383	545626	CRISTALINO					NÃO INSTALADO		PRIVADO		638,00
P-279	TEXTIL JANGADEIRO S.A.	9575152	545541	CRISTALINO	60,00				NÃO INSTALADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-280	TEXTIL JANGADEIRO S.A.	9575178	545579	CRISTALINO	43,00	6,00	32,00	4,00	NÃO INSTALADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-281	TEXTIL JANGADEIRO S.A.	9575185	545503	CRISTALINO	50,00	6,00	24,00	2,40	NÃO INSTALADO	INDÚSTRIA	PRIVADO		
P-282	ERNANI VIANA	9574077	545555	CRISTALINO	60,00	4,50	31,50	1,03	NÃO INSTALADO		PRIVADO		
P-283	ERNANI VIANA	9574003	545529	CRISTALINO	95,00	5,10	75,00	0,77	NÃO INSTALADO		PRIVADO		
P-284	SESI	9574294	544944	CRISTALINO	66,00	12,00	43,00	0,80	NÃO INSTALADO		PRIVADO		

Fonte:COGERH/GOLDER PIVOT - 2002.

Nº DE ORDEM	PROPRIETÁRIO	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	NE (m)	ND (m)	VAZÃO (m³/h)	SITUAÇÃO	FINALIDADE	USO	C. E (uS/cm) a 25°C	STD (mg/l)
P-284	SESI	9574294	544944	CRISTALINO	66,00	12,00	43,00	0,80	NÃO INSTALADO		PRIVADO		
P-285	COMUNIDADE CONJ. INDUSTRIAL	9575474	545289	CRISTALINO	60,00	1,00	37,00	0,96	NÃO INSTALADO		PÚBLICO		
P-286	EDUARDO MACHADO	9572791	543590	CRISTALINO	70,00			0,20	NÃO INSTALADO		PRIVADO		1950,00
P-287	GRUPO HAPIVIDA	9574377	544732	CRISTALINO	66,00			0,15	NÃO INSTALADO		PRIVADO		1482,00
P-288	LIRA	9576085	540263	CRISTALINO	80,00			1,20	NÃO INSTALADO		PRIVADO		
P-289	SARA MONTEIRO	9576017	540369	CRISTALINO	60,00				NÃO INSTALADO		PRIVADO		
P-290	VAGNER	9575076	539986	CRISTALINO	60,00				NÃO INSTALADO		PRIVADO		4121,00
P-291	PREFEITURA	9574719	543439	CRISTALINO	60,00				NÃO INSTALADO		PÚBLICO		16120,00
P-292	ANTONIO FÉLIX	9573905	539850	CRISTALINO	80,00				NÃO INSTALADO		PRIVADO		
P-293	BENJAMIM STEINBRUCH	9572150	544911	CRISTALINO	61,00	3,00	43,00	2,57	NÃO INSTALADO		PRIVADO		
P-294	PREFEITURA	9571245	543780	CRISTALINO	60,00	1,00	50,00	0,43	NÃO INSTALADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		1500,00
P-295	ICON-INSTALAÇÕES CONT. E COMÉRCIO	9573032	539552	CRISTALINO	60,00	2,50	47,50	0,55	NÃO INSTALADO	DOMÉSTICO	PRIVADO	872,00	566,80
P-296	PREFEITURA	9573556	540712	CRISTALINO	60,00	2,00	46,00	1,76	NÃO INSTALADO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	450	292,5

Fonte:COGERH/GOLDER PIVOT - 2002.

**APÊNDICE II - ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS  
DOS POÇOS DA PORÇÃO CENTRO - NORTE DO MUNICÍPIO DE MARACANAÚ**

Amostras		Concentração (mg/L)															
Poços	C.E (µS/cm)	STD	pH	Dureza	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	NH <sup>4+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
P39	501,00	263,23	5,37	75,54	9,42	12,63	67,92	1,94	0,05	0,15	1,03	113,78	7,44	26,85	0,00	22,03	0,06
P52	427,00	277,55	5,69	46,11	7,06	6,91	70,50	8,89	0,07	0,00	0,76	74,25	15,06	61,01	0,00	18,51	0,02
P75	655,00	359,85	6,45	103,99	12,56	17,64	87,87	4,88	0,04	0,00	1,03	141,74	3,40	68,34	0,00	22,33	0,07
P79	577,00	330,62	5,84	83,39	9,42	14,54	79,72	5,88	1,47	0,02	0,62	123,42	5,67	58,58	0,00	31,23	0,09
P82	665,00	381,17	6,24	121,64	19,62	17,64	81,07	5,88	0,04	0,00	0,76	132,10	32,02	73,22	0,00	18,79	0,07
P83	521,00	289,46	6,01	107,91	17,27	15,73	56,60	3,90	0,13	0,00	0,55	102,82	26,48	51,25	0,00	4,68	0,08
P84	784,00	447,73	6,41	147,15	29,43	17,88	93,42	7,88	0,18	0,01	0,90	166,81	34,35	85,42	0,00	11,43	0,07
P94	1225,00	638,00	6,06	231,52	29,82	38,14	132,86	11,95	0,01	0,02	0,76	246,85	21,37	85,42	0,00	70,77	0,08
P95	706,00	404,14	6,20	132,44	19,62	20,26	83,77	7,88	0,12	0,02	0,62	128,24	25,21	78,10	0,00	40,30	0,03
P110	826,00	517,96	6,78	209,93	45,13	23,60	86,50	5,88	0,06	0,01	0,90	155,24	9,78	178,17	0,00	12,73	0,02
P124	1043,00	597,96	6,55	231,52	45,13	28,84	113,63	6,88	1,46	0,03	0,55	247,81	15,06	131,8	0,00	6,75	0,05
P139	10786,00	5608,00	7,59	2115,00	298,00	328,80	490,00	19,90	1,47	0,00	0,02	2601,00	4,10	190,00	0,00	0,85	0,14
P140	6982,00	3630,00	7,70	1750,00	226,00	284,40	313,00	12,90	0,21	0,00	0,02	1555,00	3,51	197,00	0,00	1,10	0,06
P158	908,00	590,20	6,84	166,77	23,54	26,22	109,2	8,89	0,12	0,00	1,38	238,17	8,65	46,37	0,00	6,75	0,03
P183	443,00	287,85	6,21	80,44	10,20	13,35	55,38	4,88	1,19	0,00	1,24	95,94	7,54	51,25	0,00	8,92	0,03
P187	1156,00	741,40	6,74	196,20	30,61	29,08	142,81	5,88	1,56	0,00	1,31	240,10	30,54	148,88	0,00	13,53	0,08
P194	272,00	176,35	5,70	52,97	7,85	8,11	28,85	7,88	0,26	0,00	1,10	36,64	23,58	48,81	0,00	13,26	0,07
P204	656,00	368,29	6,19	91,23	11,77	15,02	96,24	4,88	0,05	0,00	0,76	124,39	13,95	82,98	0,00	18,22	0,07
P211	668,00	434,20	6,81	154,02	29,04	19,79	73,10	8,89	0,10	0,01	1,51	89,67	22,83	111,05	0,00	43,24	0,15
P213	1261,00	819,65	7,10	291,36	48,66	41,24	138,41	11,95	0,07	0,00	1,24	208,28	29,22	187,93	4,80	73,48	0,06
P217	287,00	172,28	5,70	51,01	12,56	4,77	37,71	1,94	0,23	0,01	0,62	45,32	10,51	41,49	0,00	17,09	0,08
P221	4966,00	2582,00	7,83	1110,00	303,20	84,20	396,00	11,70	0,11	0,00	0,02	865,00	253,54	122,00	0,00	0,51	0,06

Fonte: Laboratório do Carbono/Departamento de Física /Universidade Federal do Ceará

**APÊNDICE III - MAPA DOS POÇOS NOS SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS DA  
PORÇÃO CENTRO - NORTE DO MUNICÍPIO DE MARACANAÚ**