



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL
ESPECIALIZAÇÃO GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DE INFRA
ESTRUTURA HIDRÁULICA**

**ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE QUIXERÉ –
CE BASEADO EM POÇOS EXISTENTES NA REGIÃO**

ORIENTADOR – Prof. Dr. Marco Aurélio Holanda de Castro

ALUNO – Lauriston Ferreira Gomes Neto

Fortaleza, Janeiro de 2008

LAURISTON FERREIRA GOMES NETO

**ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE QUIXERÉ – CE
BASEADO EM POÇOS EXISTENTES NA REGIÃO**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Hídricos e de Infra-Estrutura Hidráulica, da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos e de Infra Estrutura Hidráulica.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Holanda de Castro

FORTALEZA
2008

Esta Dissertação intitulada ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS DO MUNICÍPIO DE QUIXERÉ – CE BASEADO EM POÇOS EXISTENTES NA REGIÃO, foi submetida a defesa pública como parte dos requisitos necessários a obtenção do Grau de Especialista, na Área de Concentração Gestão de Recursos Hídricos e Infra Estrutura Hidráulica, do aluno Lauriston Ferreira Gomes Neto em 29 de Janeiro de 2008, outorgado pela Universidade Federal do Ceará e encontra-se à disposição dos interessados em sua Biblioteca Central.

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

LAURISTON FERREIRA GOMES NETO

Dissertação aprovada em 29 / 01 / 2008

Prof. Marco Aurélio Holanda de Castro, PhD

Profa. Ticiano Marinho de Carvalho Studart, Dra.

Prof. José Nilson Beserra Camnos, Dr.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – DEHA – UFC, como também funcionários e colaboradores.

Agradeço ao apoio recebido no início do curso pelo orientador Prof. Dr. Marco Aurélio Holanda de Castro.

À Profa. Ticiania Studart que brilhantemente conduziu a coordenação do curso com serenidade e competência.

Agradeço ao colega Geólogo Napoleão Quezado pelos dados e informações fornecidas para a realização da monografia.

Agradeço a todos os colegas do curso de especialização pela confraternização e pelo incentivo durante o mesmo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELA.....	VIII
LISTA DE SIGLAS.....	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Justificativa.....	3
1.3 Objetivos.....	5
1.4 Organização do Trabalho.....	5
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	6
3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	13
3.1 Localização e Acesso.....	13
3.2 Clima.....	15
3.3 Geomorfologia.....	15
3.4 Aspectos Hidrogeológicos	16
3.4.1 Geologia Estrutural e Regional.....	16
3.4.2 Sistema Cárstico.....	25
3.4.3 Hidrodinâmica da Água Subterrânea em Quixeré.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXO – BANCO DE DADOS – POÇOS EXISTENTES – QUIXERÉ – CE.....	42

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – Mapa de localização do município de Quixeré em relação aos domínios sedimentares e cristalino do estado do Ceará.....	14
FIGURA 3.2 – Mapa Geológico Simplificado da Bacia Potiguar.....	17
FIGURA 3.3 – Coluna Estratigráfica da Bacia Sedimentar Potiguar.....	22
FIGURA 3.4 – Componentes principais do Sistema Cárstico.....	25
FIGURA 3.5 – Dissolução de rochas carbonáticas – formação das cavernas.....	27
FIGURA 3.6 - Formas do relevo cárstico.....	32
FIGURA 3.7 – Evolução esquemática de dolinas e de subsidência lenta.....	34

LISTA DE TABELA

TABELA 5.1 – Tabela dos valores médios das informações técnicas dos poços.....	37
---	----

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará.

CONERH – Conselho Estadual dos Recursos Hídricos do Ceará.

DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica.

GVJ – Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe.

PLANERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

PROASIS – Programa de Água Subterrânea e Investigação do Subsolo do Estado do Ceará.

PROGERIRH – Projeto de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

PROURB – Programa de Desenvolvimento Urbano e Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

SERHID – Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte.

SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

RESUMO

A água é um recurso natural renovável essencial à vida, constituindo um fator fundamental na produção de alimentos na agricultura irrigada, depende tanto da qualidade quanto da quantidade desse recurso. No município de Quixeré/CE a crescente implantação de projetos produtivos de fruticultura irrigada tem aumentado sobremaneira a demanda de água subterrânea através da construção de poços tubulares profundos, principalmente no aquífero calcário Jandaíra. O presente trabalho mostra a importância do recurso hídrico subterrâneo de característica cárstica que sem dúvida é uma incógnita com relação a sua potencialidade e disponibilidade hídrica. A falta de dados consistente é o principal fator para dificultar a realização de trabalhos de cunho científico de maior relevância. O objetivo principal do estudo é apresentar os aspectos hidrogeológicos do município de Quixeré/CE na Chapada do Apodi, baseados em poços tubulares existentes na região. Observou-se que a reserva hídrica disponível atualmente para os projetos produtivos em Quixeré é principalmente o calcário Jandaíra. Economicamente os poços tubulares profundos são mais viáveis, considerando a facilidade de captação de água com a produção de grandes vazões aliado a pequenas profundidades. É fundamental a realização do cadastro de usuários e dos poços para a implantação imediata do monitoramento do aquífero no sentido de realizar um planejamento estratégico com relação o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos e oferecer aos produtores da região sustentabilidade na implantação e manutenção dos projetos produtivos existentes, dessa forma, gerando emprego e renda de maneira realmente sustentável.

ABSTRACT

The water is a renewable natural resource essential to the life, constituting a fundamental factor in the production of victuals in the irrigated agriculture, it depends so much of the quality as of the amount of that resource. In the municipal district of Quixeré/CE, the growing implantation of productive projects of irrigated horticulture has been increasing the demand of underground water excessively through the construction of deep tubular wells, mainly in the aquifer calcareous aquifer Jandaíra. The present work shows the importance of the water resource undergrounds of carstic characteristic that without a doubt it is an incognito one with relationship your potentiality and water readiness. The lack of data consistent is the principal factor to hinder the accomplishment of works of scientific stamp of larger relevance. The objective principal of the study is to present the hydrogeological aspects of the municipal district of Quixeré/CE in the Plated of Apodi, based on existent tubular wells in the area. It was observed that the water reservation available now for the productive projects in Quixeré is mainly the limestone Jandaíra. Economically the deep tubular wells are viable, considering the easiness of reception of water with the production of flows great formed an alliance with small depths. It is fundamental the accomplishment of the users' cadaster and of the wells for the immediate implantation of the monitoring of the aquifer in the sense of to accomplish a strategic planning with relationship the administration of the water resource undergrounds and to offer to the producing of the area sustainability in the implantation and maintenance of the existent productive projects, in that way, really generating employment and income of way maintainable.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Generalidades

Atualmente a busca crescente do homem e das nações pelo aproveitamento e gerenciamento dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) constitui, sem dúvida, um dos temas atuais de importância estratégica e de planejamento no cenário mundial.

As preocupações com o ambiente, em geral, notadamente com a água, adquirem especial importância, pois as demandas estão se tornando cada vez maiores, sob o impacto do crescimento acelerado da população e do maior uso da água, imposto pelos padrões de conforto e bem-estar da vida moderna. Entretanto, a quantidade e qualidade das águas em geral vem sendo degradadas de uma maneira alarmante, e esse processo pode logo ser irreversível, sobretudo, nas regiões mais densamente povoadas dos países emergentes, como o Brasil.

No Brasil inquestionáveis avanços já foram alcançados na construção do suporte político-institucional e jurídico-legal com a finalidade de estruturação do gerenciamento dos recursos hídricos, com decisões compartilhadas pelos representantes dos órgãos públicos estaduais, municipais, sociedade civil e usuários. Pode-se citar a Lei 9.433 de 08/01/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Lei 9.984 de 17/07/2000 que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA como importantes marcos deste processo no Brasil.

No Estado do Ceará, a fase atual de planejamento tem início no final da década de 70 e estabelece um novo estágio do desenvolvimento da política das águas, com a gestão participativa, integrada e descentralizada dos recursos hídricos. Suas datas mais significativas são:

1982: Criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH.

1987: Criação da Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH.

- 1989-1991:** Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLANERH.
- 1982:** Foi disciplinada a Lei 11.996 que trata da Política Estadual de Recursos Hídricos.
- 1993:** Criação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH do Estado do Ceará.
- 1994:** Implementação do Programa de Desenvolvimento Urbano e Gerenciamento dos Recursos Hídricos – PROURB.
- 1995:** Início das atividades de outorga e licenciamento.
- 1997:** Criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Curú – 1º Comitê do Norte / Nordeste.
- 1997:** Início da cobrança pelo uso de água bruta.
- 1997-1999:** Elaboração dos Planos de Bacias Hidrográficas.
- 2000:** Assinatura do contrato de financiamento do Projeto de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Estado do Ceará - PROGERIRH celebrado entre o Estado e Banco Mundial.
- 2002:** Inauguração do Açude Castanhão, o maior do Ceará.
- 2004:** Início do controle de qualidade da água bruta e a Construção do Trecho I do Canal da Integração, interligando o Açude Castanhão ao Açude Curral Velho.
- 2007:** Licitação para realização do Cadastro de todos os pontos de água da Chapada do Apodi no Estado do Ceará.
- 2008:** Início do monitoramento de 40 pontos de água estratégicos da Chapada do Apodi.

1.2 Justificativa

Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são bens vitais que assumem papel importante no abastecimento de água potável como também para suprir a demanda hídrica dos projetos de agricultura.

Em geral, as águas subterrâneas possuem uma excelente qualidade natural, e isso vem provocando desde as últimas décadas, uma procura exacerbada para atender a demanda do consumo desses projetos.

A Chapada do Apodi destaca-se pela atividade de fruticultura irrigada, pela disponibilidade de solos favoráveis, baixa média pluviométrica, baixa amplitude térmica, relevo tabular, alta insolação, localização estratégica para grandes metrópoles e portos para escoamento da produção, mão-de-obra abundante e barata, tudo isso aliado a grande disponibilidade de recursos hídricos subterrâneos.

Nessa área a principal fonte de água para irrigação é os aquíferos subterrâneos de forma relativamente barata sua exploração, proveniente principalmente dos calcários da formação jandaíra, uma vez que nas proximidades dos projetos não há rios e lagos estabelecidos nesta região de onde poderíamos retirar outras águas com a facilidade e praticidade que se pode retirar do calcário jandaíra.

O conhecimento sobre a dinâmica das águas deste aquífero se faz de forma bastante controversa, ou seja, no Estado do Ceará é praticamente inexistente os trabalhos técnicos – científicos na região

Na Chapada do Apodi no município de Quixeré onde se utiliza a água do Jandaíra, há sempre um debate sem cunho científico, que seja elucidativo do ciclo da água neste ambiente, tem-se muitas informações adquiridas pelo convívio e utilização deste recurso de forma bastante empírica. Muitos pensam que ela é armazenada em grandes cavernas ou lagos subterrâneos, outros acreditam que vem por meio de verdadeiros rios subterrâneos, dentre outras informações.

De acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte – SERHID (SERHID,2004), o aquífero Jandaíra apresenta variação litológica tanto vertical como horizontal sendo constituído basicamente por rochas calcárias onde a circulação das águas ocorre através de condutos, constituindo um sistema cárstico e que sua super-exploração se deve a facilidade de acesso que os produtores têm para captar suas águas.

A falta de parâmetros hidrodinâmicos, informações e estudos atualizados dificulta a obtenção do potencial hídrico do aquífero, isso proporciona a má gestão dos recursos hídricos na região.

A multiplicação de implantação de projetos de agricultura irrigada e construção de poços tubulares profundos tem chamado à atenção de ambientalistas, entidades e instituições dos mais diversos segmentos preocupados com a exploração indiscriminada do reservatório subterrâneo.

Diante do exposto se faz necessário a aplicação de estudos científicos para se conhecer a disponibilidade hídrica e estabelecer parâmetros para garantir no mínimo a sustentabilidade do agronegócio na Chapada do Apodi.

1.3 Objetivos

O objetivo principal do estudo é apresentar os aspectos hidrogeológicos do município de Quixeré / CE na chapada do Apodi, baseados em poços tubulares existentes na região.

Os principais objetivos específicos são:

- ❑ Conhecer a demanda de água subterrânea no município de Quixeré com projetos implantados de agricultura irrigada;
- ❑ Conhecer a qualidade de água dos poços em função dos sólidos totais dissolvidos (TDS);
- ❑ Proporcionar o conhecimento sobre a dinâmica do aquífero cárstico (Fm. Jandaíra) e permitir que a atividade da agricultura irrigada se desenvolva de forma sustentável na Chapada do Apodi através do conhecimento técnicos dos aquíferos subterrâneos .

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho compõe-se de 06 (seis) capítulos. No presente capítulo é procurado mostrar uma introdução ao tema desenvolvido, a justificativa e objetivos e descreve a maneira como a monografia foi desenvolvida.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura através da evolução do conhecimento histórico.

O capítulo 3 traz a Descrição da área de estudo, localização, clima, geomorfologia, geologia / hidrogeologia, geologia regional e estrutural e finalmente o sistema cárstico.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos e a discussão desses resultados.

O capítulo 5 apresenta as conclusões desta pesquisa e faz recomendações para tomadas de posições posteriores.

No anexo apresentamos o banco de dados dos poços tubulares existentes no município de Quixeré com as informações técnicas desses poços.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Apesar de estudos geológicos serem desenvolvidos desde o começo do Século XX, somente no decorrer da década de 60 foi realizado o primeiro estudo de cunho hidrogeológico pelo Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe – GVJ, no âmbito da Bacia Potiguar (REBOUÇAS et al, 1967).

REBOUÇAS (1964) realizou um extenso trabalho de eletrorresistividade, utilizando-se da técnica de sondagem elétrica vertical, em todo Baixo Jaguaribe, com finalidade hidrogeológica. As sondagens elétricas foram localizadas em diversos ambientes geológicos dentro da área do Projeto. Recentemente, FEITOSA (2000) realizou um trabalho de eletrorresistividade, através de caminhamentos elétricos, sobre terrenos do calcário Jandaíra, em uma área localizada no Município de Quixeré-CE, com objetivo de locação de poços para agricultura irrigada. Ressalta-se o trabalho histórico desenvolvido por SOPPER (1913), quando percorreu os Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte e publicou “Geologia e Suprimento de Água Subterrânea no Rio Grande do Norte e Parahyba” pela Inspectoria de Obras Contra as Seccas. Foram feitas considerações e proposições sobre as águas subterrâneas da Bacia Potiguar, com particularidades sobre a Chapada do Apodi, onde observou uma “*série notável de nascentes disseminadas em torno da chapada que, sendo mais ou menos perenes indicam uma provisão subterrânea*”. Em Mossoró, cita a perfuração de *um poço, “atravessando a pedra calcárea e uma camada de arenito, esta última dando um copioso suprimento d’água*”. Naquela época, duvidava-se da vocação hidrogeológica da Formação Açú, por não apresentar artesianismo regional.

No estudo do GVI, foram realizadas sondagens geofísicas utilizando eletrorresistividade nos aluviões, mostrando que estes possuem espessuras variáveis, porém chegando a 50,00 metros na região de Aracati. Neste trabalho foram desenvolvidos, ainda, testes de bombeamento que caracterizaram propriedades hidrodinâmicas das aluviões. Relacionada aos sedimentos do Grupo Apodi, a espessura da Formação Jandaíra oscila dentro de poucas dezenas de metros, chegando a 70,00 metros próximo a Limoeiro do Norte. Para a Formação Açú, o GVI utilizou observações de campo e geofísica para distinguir 3 níveis, calculando espessuras de 70,00m para o superior, 30,00 a 50,00m para o médio e não apresentando dados para o inferior.

REBOUÇAS & GASPARY em 1971, fizeram considerações regionais sobre as águas subterrâneas do Nordeste com estimativas preliminares de reservas. Ressaltaram a ocorrência de dois aquíferos na Bacia Potiguar – Calcário Jandaíra e Arenito Açú – para os quais consideraram uma espessura média saturada de 300 metros. Conjuntamente apresentaram reservas exploráveis de 75×10^7 m³/ano, com reservas permanentes de 75×10^9 m³, das quais cerca de 50×10^9 m³ possuem qualidade medíocre em função das influências das interfaces e dos terrenos calcários. Dentro da política de recursos hídricos da SUDENE, MANOEL FILHO (1971) desenvolveu a pesquisa que compôs a Folha n^o 10: Jaguaribe – NE do Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, constituindo um trabalho de importância ímpar para o contexto regional do Baixo Jaguaribe, particularmente para a Bacia Potiguar, desde Mossoró/RN até a Chapada do Apodi. Foram mostradas as situações hidrogeológicas e hidroquímicas, com o cadastramento de poços, balanço hídrico, hidroquímica e cálculo de reservas para as diversas unidades hidrogeológicas existentes. Trabalhou-se individualmente cada unidade, enfocando recarga, escoamento e exutórios, características hidrodinâmicas e reservas. Ressaltou-se que a Formação Jandaíra é um aquífero livre, captado, naquela época, por mais de 600 poços, cujas vazões chegam a 140 m³/h. A Formação Açú é confinada e apresenta condições de artesianismo, espessuras superiores a 400 metros, possuindo vazões acima de 500 m³/h e águas de boa qualidade.

REBOUÇAS em 1973, apresentou Tese de Doutorado na “*L'Université Louis Pasteur de Strasbourg*”, França, expondo sobre o problema hídrico da zona semi-árida do Brasil, com avaliação dos recursos hídricos e proposições para o uso racional. Descreve regionalmente a Bacia Potiguar, ressaltando sua condição de Área Piloto para a Bacia Escola da SUDENE,

enfocando, regionalmente, os aquíferos Jandaíra e Açú sob os aspectos hidrodinâmicos e hidroquímicos.

O Projeto RADAMBRASIL, Folhas SB.24/25 JAGUARIBE/NATAL (BRASIL, 1981) enfoca regionalmente as Bacias Hidrográficas do Rio Jaguaribe e do Rio Apodi, caracterizando o trecho Baixo Jaguaribe/Chapada do Apodi, fazendo considerações sobre as unidades aluvião, dunas, Barreiras, Jandaíra e Açú, ressaltando, através de matriz de determinação numérica, condições de potenciais hidrogeológicos para estas formações, que são, médio a bom (aluviões), médio a bom (dunas), médio (Barreiras), fraco (Jaguaribe) a médio (Apodi / Jandaíra) e médio a bom (Açú).

Em 1982 o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS implanta o Projeto “Recursos Hídricos da Região Baixo e Médio Jaguaribe – CE”, desenvolvido pela SEEBLA (BIANCHI,1982) e realiza um inventário de poços entre o trecho Fortim até Jaguaruana, tecendo considerações sobre a hidrogeologia, enfocando aluviões e a Formação Açú como aquíferos porosos. Ressalta-se que, na Formação Açú, foram cadastrados 5 poços com profundidade média de 97,0 metros, cujos perfis mostraram para este aquífero uma espessura média de 30,0 metros. Pelos dados de poços na Formação Açú, não foi recomendada a utilização destes para irrigação, reflexo de pequenas vazões (inferiores a 2 m³/h) e pequena capacidade específica (média de [0,061 m³/h)/m]. Não foram cadastrados poços na Formação Jandaíra.

CAMPOS & MENEZES (1982) publicaram um trabalho mostrando os aspectos gerais sobre a pesquisa e o aproveitamento das águas subterrâneas do aquífero Dunas na orla cearense, mostrando que Aracati possui uma bateria de 12 poços tubulares rasos (profundidade inferior a 20,0 metros), com vazão média de 10,83 m³/h/poço e vazão recomendada para exploração de 150 m³/h (41,65 L/s). O aquífero Dunas em Aracati possui os seguintes parâmetros médios: transmissividade (T) = 3,5 x 10⁻³ m²/s; condutividade hidráulica (K) = 5 x 10⁻⁴ m/s e, espessura saturada (Ho) = 7,0 metros.

No Projeto “Plano de Utilização Integrada dos Recursos Hídricos da Bacia do Jaguaribe” (DNAEE,1984), além de ser ressaltada a ocorrência de solos de alta fertilidade natural na Chapada do Apodi, fizeram-se correlações com as condições climáticas, sugerindo o investimento em irrigação para aumentar substancialmente a produção agropecuária.

Referente às águas, enfocou principalmente a parte de aqüedagem, enquanto que, para as águas subterrâneas da área Baixo Jaguaribe/Chapada do Apodi, foram feitas considerações somente para o potencial disponível nos aluviões da região de Limoeiro do Norte, mostrando que a espessura saturada média é de 12,0 metros, 10% de porosidade eficaz e transmissividade de $1,1 \times 10^{-3}$ m²/s, levando a uma reserva explotável de 15×10^6 m³/ano. No referido projeto, mencionou-se que não existem dados hidrogeológicos para nenhum ponto da área da Chapada do Apodi/Bacia do Jaguaribe. Porém, quanto à disponibilidade de água, referiu-se à Chapada do Apodi como sendo uma área em que não existe água superficial, havendo algum aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos, apenas para consumos humano e animal.

TEIXEIRA & PAIVA (1992) estudaram a faixa costeira do município de Icapuí, Estado do Ceará, enfocando a hidrogeologia e a hidroquímica e definiram 04 sistemas hidrogeológicos na área: Açú, Jandaíra, Barreiras e Dunas/Paleodunas, com um cadastramento de 56 obras de captação e 17 análises físico-químicas e bacteriológicas, mostrando a existência predominante de águas cloretadas sódicas e satisfatórias para o consumo humano.

Entre 1988 a 1990 foi desenvolvido o Plano Estadual de Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992), constando nos “Estudos de Base – Hidrogeologia da Bacia do Jaguaribe” a hidrogeologia das dunas, aluviões, Barreiras, Jandaíra e Açú onde, através dos dados de cadastramento de poços tubulares se faz considerações sobre os aspectos físicos e hidrodinâmicos dos aquíferos. Ressalta que, dentre outros aspectos, a Formação Jandaíra ocupa uma área aflorante no Ceará de 1,498 km², sendo pouco explorada por poços tubulares (12) cujas profundidades chegam a 110,0 metros (média de 65,2 m), vazão média de 9,2 m³/h e nível estático médio de 18,9 metros. O arenito Açú recobre uma extensão de 1,095 km² onde existem 30 poços com profundidades oscilando de 60 a 100 metros (média de 76,7 m), com dados médios de vazão (4,7 m³/h) e nível estático (39,9 m). Não foram realizados cálculos de reservas para Jandaíra e Açú.

No Programa “ÁGUAS DO CEARÁ: Programa de Água Subterrânea e Investigação do Subsolo do Estado do Ceará – PROASIS” (CEARÁ, 1995), um grupo de especialistas na área de recursos hídricos subterrâneos elaborou, juntamente com técnicos internacionais, um amplo programa voltado para o conhecimento das águas subterrâneas cearenses, propondo

estudos em áreas-piloto. Dentro do Programa foram propostos estudos hidrogeológicos para a “Área de Estudo da Bacia Apodi”, que deveria focar o custo da água subterrânea, projeto de poço, diretrizes para o gerenciamento do uso e da preservação das águas subterrâneas e proposições e implantação de modelo matemático dos aquíferos Jandaíra e Açu.

Em 1995 o “Projeto ÁRIDAS – Água Subterrânea e o Desenvolvimento Sustentável” (ANDRADE et al, 1995) apresentou um conhecimento regional das águas subterrâneas no Ceará, finalizando com apresentação de idéias, programas e prioridades ordenadas, objetivando a formulação de um programa estadual para os recursos hídricos subterrâneos. A Chapada do Apodi foi destacada, mostrando as características das Formações Jandaíra e Açu, sob os aspectos de ocorrência, capacidade específica e resíduo seco, culminando com a observação de que é necessário o breve estabelecimento de procedimentos racionais de gerenciamento das águas subterrâneas nesta área, sendo necessária uma avaliação hidrogeológica detalhada.

VERÍSSIMO et al (1996) desenvolveram e publicaram o Projeto “Avaliação das Potencialidades Hídrica e Mineral do Médio-Baixo Jaguaribe – CE” pela CPRM/REFO. Enfocaram esta região, subdividindo-a em 3 grandes domínios hidrogeológicos simplificados: sedimentar, ígneo e metamórfico. Mostraram que os municípios inseridos no Baixo Jaguaribe, com área em contato com os sedimentos do Grupo Apodi, são abastecidos por água subterrânea, a exemplo de Icapuí, Itaiçaba, Jaguaruana, Russas, Quixeré, Limoeiro do Norte e Tabuleiro do Norte.

NETO (1997) desenvolveu uma pesquisa hidroquímica para sua Dissertação de Mestrado no Departamento de Geologia, Centro de Ciências/UFC, objetivando verificar a correlação entre as águas superficiais e subterrâneas entre a localidade de Peixe Gordo, no município de Tabuleiro do Norte, e a cidade de Russas, todos no Ceará. Foram realizadas 102 análises físico-químicas e 40 análises isotópicas (Oxigênio-18 e Deutério). Dentre outras conclusões, verificou-se que as águas subterrâneas dos sedimentos do Grupo Apodi são mais salinizadas do que as dos aluviões, além da existência de contribuição das águas superficiais para o aquífero sedimentar do Apodi.

Em 1998, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil desenvolveu no Ceará, excluindo-se Fortaleza, um cadastramento de poços que totalizou cerca de 13000 obras de captação. O projeto foi desenvolvido com o intuito de ressaltar a distribuição dos poços no Estado, qualidade da água através de medidas de condutividade elétrica, características gerais dos poços, uso atual e situação geral da obra. Foi ressaltado que, para o Baixo Jaguaribe, os aluviões, dunas/paleodunas e a Formação Barreiras possuem poços com vazões predominantemente inferior a 5 m³/h e profundidades geralmente inferiores a 50,0 metros. Os poços que captam na Formação Jandaíra possuem profundidades normalmente inferiores a 150 metros, vazões normalmente inferiores a 50,0 m³/h, porém, em Quixeré encontram-se poços captando o edifício cárstico, produzindo vazões de até 200,0 m³/h. O produto é apresentado em CD ROM, permitindo a identificação dos poços através de georeferenciamento.

O “Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe” foi desenvolvido pela ENGESOFT - Engenharia e Consultoria Ltda para a COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (ENGESOFT, 1998), objetivando o planejamento e o gerenciamento, de forma sistêmica, dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos da Bacia do Rio Jaguaribe. As águas subterrâneas, especificamente, foram estudadas em todas as 5 sub-bacias, ressaltando-se, aqui, a Sub-Bacia do Baixo Jaguaribe englobando a Chapada do Apodi. Foram enfocados os aspectos quantitativos e qualitativos, estudos de demanda e oferta hídrica subterrânea, analisando a demanda para abastecimento humano, indústria, irrigação e agregada. A análise foi precedida de elaboração de uma base de sistemas aquíferos simplificados, obtenção de dados de poços e características básicas de demandas municipais.

No Projeto “Eixo de Integração Jaguaribe – Icapuí”, desenvolvido pelo Consórcio JAAKKO PÖYRY & AGUASOLOS para a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – SRH, em 1999 (JAAKKO PÖYRY & AGUASOLOS, 1999), que abrangeu áreas dos municípios de Jaguaruana, Aracati e Icapuí – Baixo Jaguaribe, as águas subterrâneas foram caracterizadas com base no Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1981), onde são apresentados os dados de transmissividade, permeabilidade, coeficiente de armazenamento e reservas para os aluviões, Barreiras e Açú.

CASTRO E COSTA (1999) apresentaram mapas gravimétricos do Estado do Ceará em escalas regionais e disponibilizaram, no banco de dados, estações de referência na área de estudo do Projeto. MARINHO et al. (1990a) realizaram um levantamento gravimétrico regional (escala 1:200.000), que abrangeu toda faixa costeira da área do Projeto; nesse trabalho, a borda oeste da bacia Potiguar foi bem delimitada. Estudos geofísicos por gravimetria e eletrorresistividade foram também realizados por MARINHO et al. (1990b) no extremo NW da área do Projeto, já fora da Bacia Potiguar, onde foi mapeada uma marcante estrutura geológica.

Com relação aos trabalhos hidro-estratigráficos de subsuperfície, destaca-se o trabalho da PETROBRÁS (1999). Contém perfil construtivo e coluna geológica para 6 poços localizados nos municípios de Aracati e Icapuí, indicando em cada poço os melhores aquíferos da Formação Açú. Constam também as análises químicas das águas dos referidos poços.

FEITOSA (2000) realizou um trabalho de eletrorresistividade, através de caminhamentos elétricos, sobre terrenos do calcário Jandaíra, em uma área localizada no Município de Quixeré-CE, com objetivo de locação de poços para agricultura irrigada.

CRISTIANO ROJAS & VERA LÚCIA CASTRO (2003), cita a construção e exploração indiscriminada de poços tubulares no município de Baraúna / RN tem chamado atenção de ambientalistas, entidades e instituições dos mais diversos segmentos preocupados com o possível esgotamento do reservatório natural.

A SERHID (2003) publica um Decreto em 15 de Abril 2003 – suspendendo qualquer perfuração de poço tubular no município de Baraúna / RN – exceto em casos para o abastecimento humano, até que estudos específicos sobre o comportamento hidrodinâmico do aquífero seja concluído.

FERNANDES & MARLÚCIA SANTIAGO (2004)- Estudou as águas do Calcário Jandaíra em Quixeré e concluiu que os cloretos (KCl) aplicados na fertiirrigação contribuem para o aumento da condutividade elétrica das águas deste aquífero, estes níveis devem ser monitorados ao longo do tempo para se evitar prejuízos a esta fonte hídrica.

SERHID / RN – SRH / CE (11 – Novembro - 2004) – Em Mossoró realizou-se a 1ª. Reunião sobre a Gestão Integrada do aquífero Jandaíra entre os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte.

SRH / SERHID / ANA (05 – Dezembro – 2006)- Em Fortaleza - 2ª. Reunião para discutir a Gestão Compartilhada pelos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará dos Aquíferos da Chapada do Apodi, como também, a elaboração de uma minuta de Marco Regulatório para a Gestão Compartilhada dos Aquíferos, situados na divisa dos dois Estados.

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização e Acesso

O município de Quixeré situa-se na região do Baixo Jaguaribe, porção nordeste do estado do Ceará (Fig.3.1), limitando-se com os municípios de Limoeiro do Norte, Jaguaruana e Russas, e com o Estado do Rio Grande do Norte. Compreende uma área de 600 km², localizada nas cartas topográficas Quixeré (SB.24-X-C-III), Aracati (SB.24-X-A-VI) E Limoeiro do Norte (SB.24-X-C-II).

O acesso ao município de Quixeré, a partir de Fortaleza, é feito pela BR-116, passando por Russas, e depois tomando-se estrada estadual passando por Limoeiro do Norte, até finalmente atingir a sede municipal. Demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis.

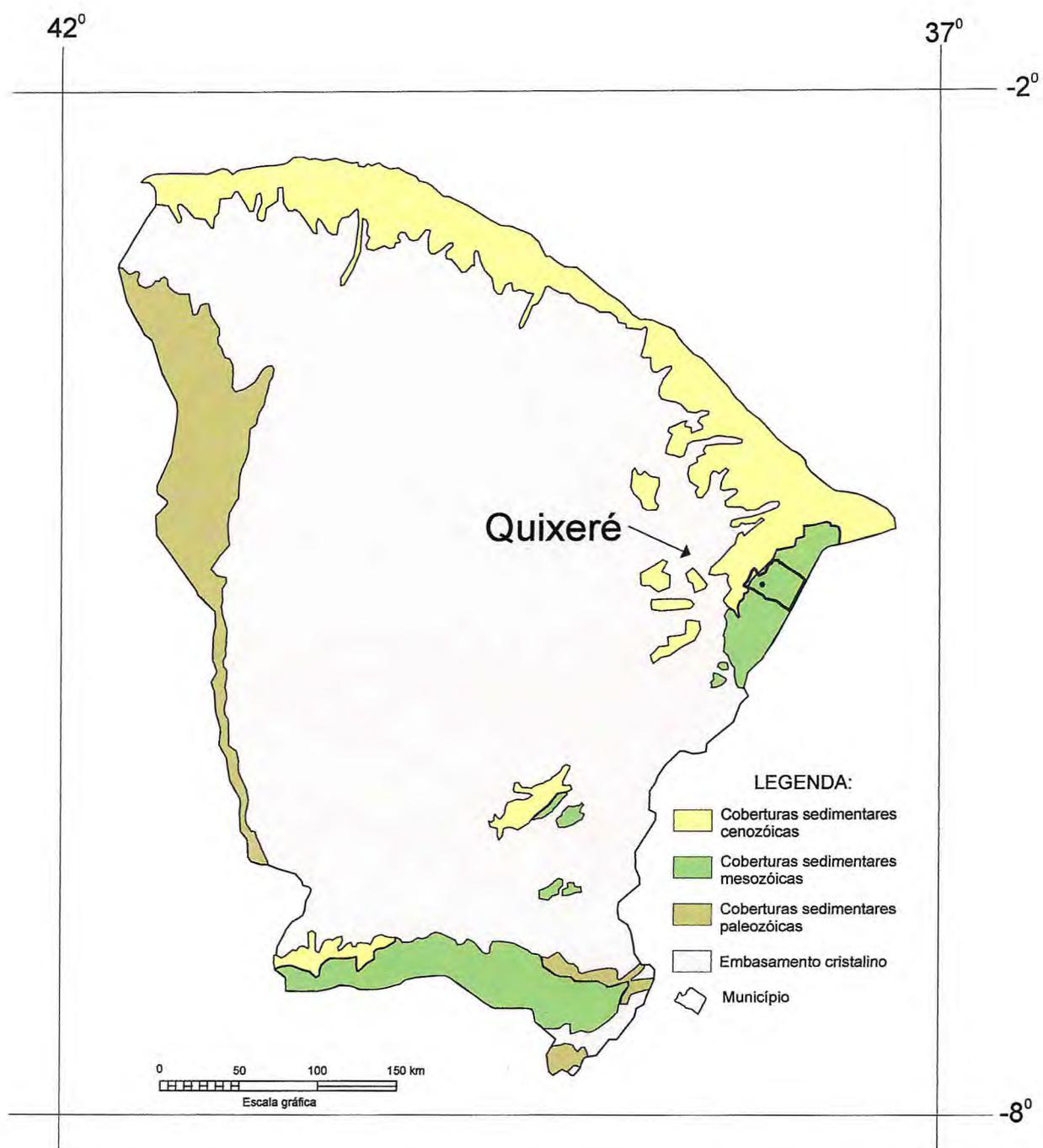


Figura 3.1 – Mapa de localização do município de Quixeré em relação aos domínios sedimentares e rochas cristalinas do Estado do Ceará.

Fonte: CPRM

3.2 Clima

O clima na região é tropical quente semi-árido, com chuvas concentradas no período de janeiro a abril, a seca estacional ocorre todos os anos, no segundo semestre, aproximadamente de maio a dezembro e faz parte do regime hidrológico da região, e a seca periódica que ocorre de tempos em tempos, impedindo a produção agrícola e prejudicando à pecuária. A precipitação de chuvas no município de Quixeré registra uma média anual de 857,7mm.

Conforme dados do Instituto de Planejamento do Ceará (1997) e da Secretaria de Recursos Hídricos – SRH (1992), o clima em Quixeré tem como características as temperaturas que variam, em média, de 26 °C a 28 °C.

3.3 Geomorfologia

Seguindo a Compartimentação Topográfica do Estado do Ceará, de acordo com Souza, M.J.N. (1979), o município de Quixeré faz parte da Chapada do Apodi e geomorfologicamente trata-se do mais rebaixado nível de planalto sedimentar do relevo cearense, com altimetria que não supera 250 metros. Desenvolvida em formações sedimentares do Grupo Apodi (Formação Jandaira e Açú, do Cretáceo), nota-se o suave mergulho estratigráfico no sentido NNE, o que contribui decisivamente para conferir ao relevo, uma certa dissimetria, face a um escarpamento mais íngreme em sentido contrário.

A morfologia, portanto, se assemelha mais a uma feição cuestiforme em que o “front” com declive mais íngreme se volta para o interior, enquanto o reverso mergulha de modo mais suave para o litoral através de declives não superiores a 5%.

Limitando a fronteira norte-oriental dos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará, a chapada do Apodi é capeada em sua quase totalidade por calcários pertencentes à Formação Jandaira. Em território cearense, a escarpa voltada para oeste, só chega a ser mais perceptível quando o Rio Jaguaribe se aproxima da mesma. Há então o contato das litologias do Grupo Apodi com as aluviões da planície fluvial elaborada pelo Jaguaribe.

A topografia da chapada é extremamente regular e sem qualquer indício dos processos de dissecação do relevo. Isto se deve à permeabilidade apresentada pelos terrenos calcários e areníticos que caracterizam o relevo. Por outro lado, a baixa altimetria da área não chega a favorecer a formação de chuvas orográficas, uma vez que os deslocamentos de ar não encontram maiores obstáculos que motivem condições ambientais análogas aquelas observadas na depressão sertaneja.

A dinâmica geomorfogenética, tem em consequência das condições precedentes referidas, uma evolução que em grande parte guarda semelhança com as superfícies de aplainamento sertanejas. O mesmo pode ser verificado do ponto de vista de utilização da terra.

3.4 Aspectos Hidrogeológicos

3.4.1 Geologia regional e estrutural

A Chapada do Apodi geologicamente caracteriza-se pela ocorrência de rochas sedimentares cretáceas da Bacia Potiguar e pelas Coberturas Cenozóicas, constituídas pela Formação Tibau, Grupo Barreiras, Paleodunas, Paleocascalheiras, Depósitos de Praias e Depósitos Aluvionares (Fig 3.2).

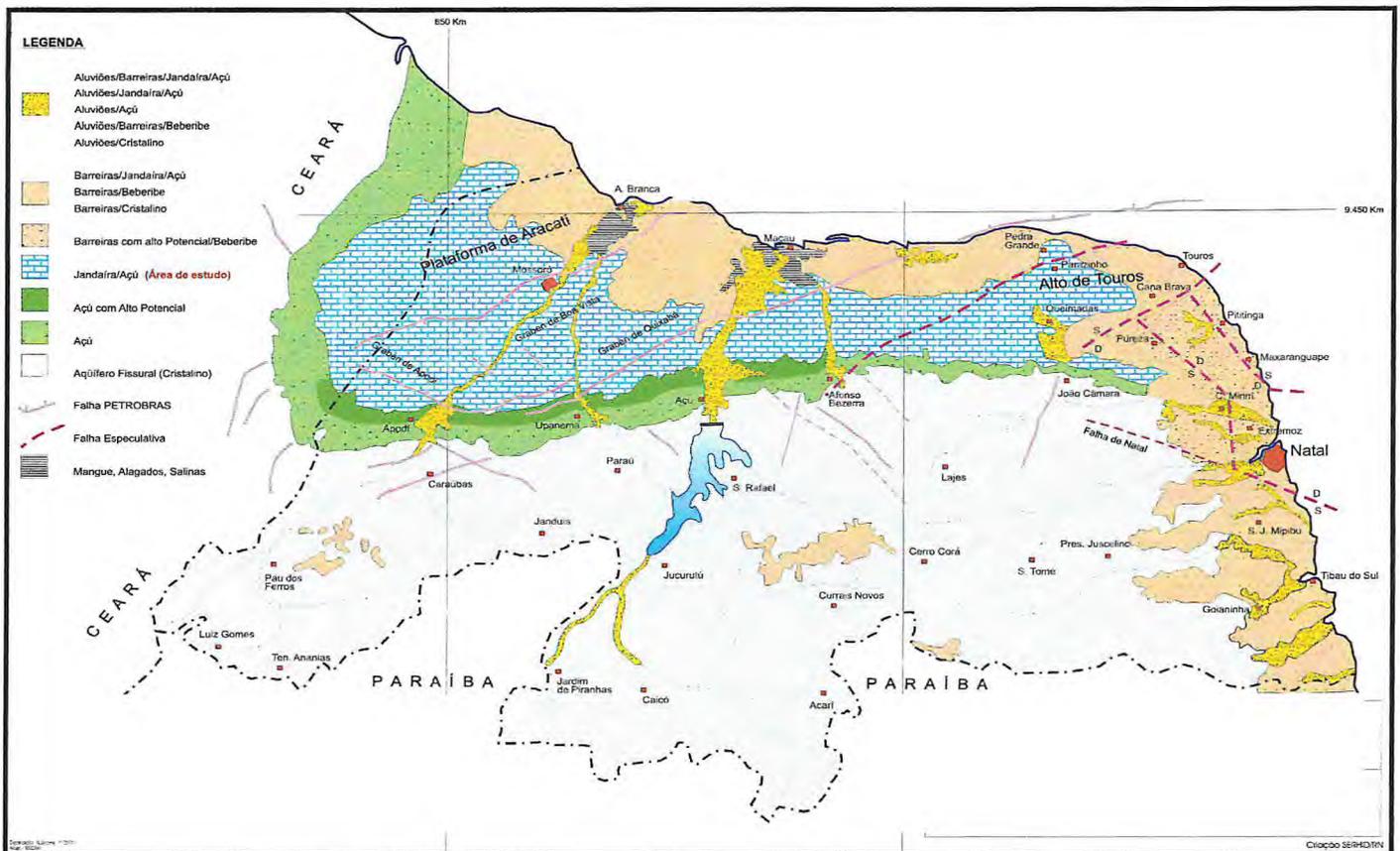


Figura 3.2 – Mapa Geológico simplificado da Bacia Potiguar

Fonte: Universidade Federal Rural do Semi-Áridos (UFERSA)

A Bacia Potiguar localiza-se no limite entre as margens leste e equatorial brasileiras, estando a sua origem diretamente ligada à evolução destes dois segmentos da Placa sul-americana. Engloba parte dos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará e suas respectivas plataformas continentais. Esta bacia tem limites a sul, leste e oeste com rochas do embasamento cristalino, ao norte com o Oceano Atlântico (acima da isóbata de 3.000m) e a noroeste com o alto de Fortaleza, que a separa da bacia do Ceará.

Segundo Geochemical Solutions International (2005), a Bacia Potiguar abrange uma área total de 119.295 km², sendo 33.200 km² (28%) correspondentes à porção emersa (*onshore*) e 86.095 km² (72%) à porção de plataforma e taludes continentais (*offshore*).

A arquitetura da Bacia Potiguar foi inicialmente gerada há 140 milhões de anos (Cretáceo Inferior – Neocomiano), momento em que o supercontinente Gondwana, formado entre o final do Proterozóico Superior e o início do Fanerozóico (800 – 500 Ma), apresentava-se em processo de princípio de fragmentação, que resultou na separação das porções continentais, constituindo, atualmente, a América do Sul e a África. Uma série de bacias sedimentares neocomianas intracontinentais foram geradas no Sistema de Riftes do Nordeste Brasileiro a partir deste processo, além da Bacia Potiguar, como as Bacias do Recôncavo, Tucano, Jatobá, Araripe, Rio do Peixe e Sergipe-Alagoas.

O arcabouço estrutural da Bacia Potiguar é determinado por três unidades básicas: grabens, altos internos e plataformas do embasamento, sendo sua delimitação orientada por falhas predominantemente na direção NE-SO. Segundo Souza (1982) *apud* Bertani *et al.* (1990), são também identificados nesta bacia, a partir do registro estratigráfico, três principais estágios tectônicos: rifte, transicional e drifte (deriva continental).

Fase Rifte (Neocomiano – Eoaptiano)

Esta fase caracteriza-se por um regime tectônico rúptil distensivo, com afinamento crustal e formação de grabens assimétricos controlados por grandes falhas normais e de transferência (Matos 1987, 1992) *apud* Bertani *et al.* Ao longo destes grabens, implantou-se uma sedimentação continental constituída de folhelhos lacustres, arenitos flúvio-deltaicos e depósitos de planície aluvial/planície de inundação. O preenchimento da bacia durante esta fase é representado pela megasseqüência continental, constituída pelos depósitos das formações Pendência e Pescada. Essa fase é síncrona em várias bacias do nordeste brasileiro, como demonstrado por Matos (1987, 1992) *apud* Bertani *et al.*, sendo caracterizada por um regime tectônico com altas taxas de subsidência e extensão litosférica (Chang & Kowsmann 1987, Chang *et al* 1992) *apud* Bertani *et al.* Na porção emersa da bacia, esta megasseqüência divide-se em quatro seqüências deposicionais de 3^a ordem (Della Fávera *et al.* 1994) *apud* Bertani *et al.*

Fase Transicional (Neoaptiano – Eoalbiano)

Este estágio foi marcado por um regime tectônico de relativa quietude, caracterizado por subsidência termal devido ao início do processo de resfriamento da litosfera previamente distendida e aquecida na fase rifte. Depositaram-se, nesta fase, os folhelhos e calcários lagunares com influência marinha, intercalados por arenitos deltaicos, que caracterizam a megasseqüência transicional representada pelos sedimentos da Formação Alagamar. A seção superior desta unidade representa a primeira entrada marinha na Bacia Potiguar, registrada nos calcilutitos algálicos e ostracoidais das Camadas Ponta do Tubarão (CPT) (Vasconcelos 1995) *apud* Bertani *et al.*

Fase Drifte ou Deriva Continental (Albiano – Holoceno)

Corresponde à fase de deriva continental, caracterizada por uma sedimentação marinha franca. O regime tectônico controlador desta fase é o de subsidência termal e compensação isostática (Chang & Kowsmann 1987, Chang *et al.* 1992) *apud* Bertani *et al.*, típico do contexto de margem passiva. O preenchimento sedimentar da bacia durante a deriva pode ser dividido em duas fases: transgressiva e regressiva. A fase transgressiva, que se estende Albiano ao Eocampaniano, é representada por sistemas fluviais, costeiros, plataformais, até marinho profundo. A fase regressiva é representada por sistemas deposicionais costeiros-plataforma-talude-bacia, instalados a partir do Neocampaniano, estendendo-se até o Holoceno. A megasseqüência marinha, que corresponde ao preenchimento sedimentar desta fase, compreende a maior parte da sedimentação ocorrida durante a fase de subsidência térmica plena da bacia, podendo ser dividida em dois conjuntos de seqüências de 2ª ordem: transgressivas e regressivas.

As seqüências transgressivas são caracterizadas por uma sedimentação de sistemas fluviais e de ambiente marinho profundo, passando por sistemas carbonáticos de plataforma, implantados entre o Albiano e o Eocampaniano. Estas seqüências englobam rochas das formações Açú, Ponta do Mel, Jandaíra e Quebradas, cujo máximo transgressivo corresponde aos folhelhos neocenomanianos conhecidos como Membro Porto do Mangue, da formação Quebradas.

As seqüências regressivas consistem de sistemas de leques costeiros e bancos carbonáticos progradantes, atuantes na bacia a a partir do Neocampaniano e que se estendem até os dias atuais. Individualizavam-se pelo menos três seqüências nesse intervalo, limitadas por discordâncias bem marcadas em seções sísmicas, quebras nos perfis elétricos e descontinuidades bioestratigráficas em poços.

A seqüência mais antiga, de idade Neocampaniano-Neopaleoceno, ainda preserva delgadas relíquias de uma plataforma carbonática e principalmente fácies de talude e bacia. Uma seqüência intermediária, de idade Neopaleoceno-Eomioceno, está representada em quase toda a bacia por uma cunha sedimentar, também composta de resquílios de plataforma carbonática, fácies de talude e bacia oceânica. Essa seqüência é limitada no topo por outro importante evento erosivo, datado como eomiocênico.

A partir deste evento (DMI) instala-se a última seqüência regressiva, objeto deste trabalho, que apresenta um grande deslocamento de fácies em direção à bacia oceânica, marcado pela implantação de carbonatos de plataforma rasa discordantemente sobre fácies de talude das seqüências pretéritas. Esta megasseqüência é reconhecida em quase todas as bacias da margem continental brasileira, cujos principais eventos erosivos são correlacionáveis em escala regional.

O preenchimento sedimentar da Bacia Potiguar está expresso na coluna estratigráfica adotada neste trabalho, modificada de Araripe & Feijó (1994) e Soares *et al.* (1999), a partir das unidades originalmente definidas por Souza (1982). As unidades litoestratigráficas que compreendem o registro da sedimentação mista neogênia enfocadas neste trabalho são as formações Tibau, Guamaré e Ubarana. As rochas correspondentes a estas unidades litoestratigráficas compõem um trato deposicional costeiro-plataforma-talude.

Ressalta-se que a configuração atual, obtida a partir da evolução tectono-sedimentar e estratigráfica da Bacia Potiguar, resulta em afloramentos apenas das Formações Açú, Jandaíra, Tibau e do Grupo Barreiras. A Figura 3.3 revela a evolução estratigráfica da Bacia Potiguar.

Formação Açú (Ka)

Segundo Pérez (2003), a Formação Açú foi definida por Kreidler & Andery (1949) e formalizada por Sampaio & Schaller (1968) para designar as camadas de arenitos finos a grossos de coloração esbranquiçada, intercaladas com folhelho, argilito verde claro e siltito castanho-avermelhado, os quais se sobrepõem discordantemente a Formação Alagamar e interdigitam-se lateralmente com as rochas das Formações Ponta do Mel e Quebradas, estando sotopostos concordantemente com as rochas carbonáticas da Formação Jandaíra. A partir da análise de perfis elétricos, descrição de afloramentos e testemunhos, as rochas da Formação Açú são classificadas informalmente em quatro unidades, denominadas de Açú I a Açú IV, associadas, respectivamente, aos sistemas deposicionais de leques aluviais, sistemas fluviais entrelaçados e meandranes, e estuarino em transgressão costeira, conforme Vasconcelos *et al.* (1990).

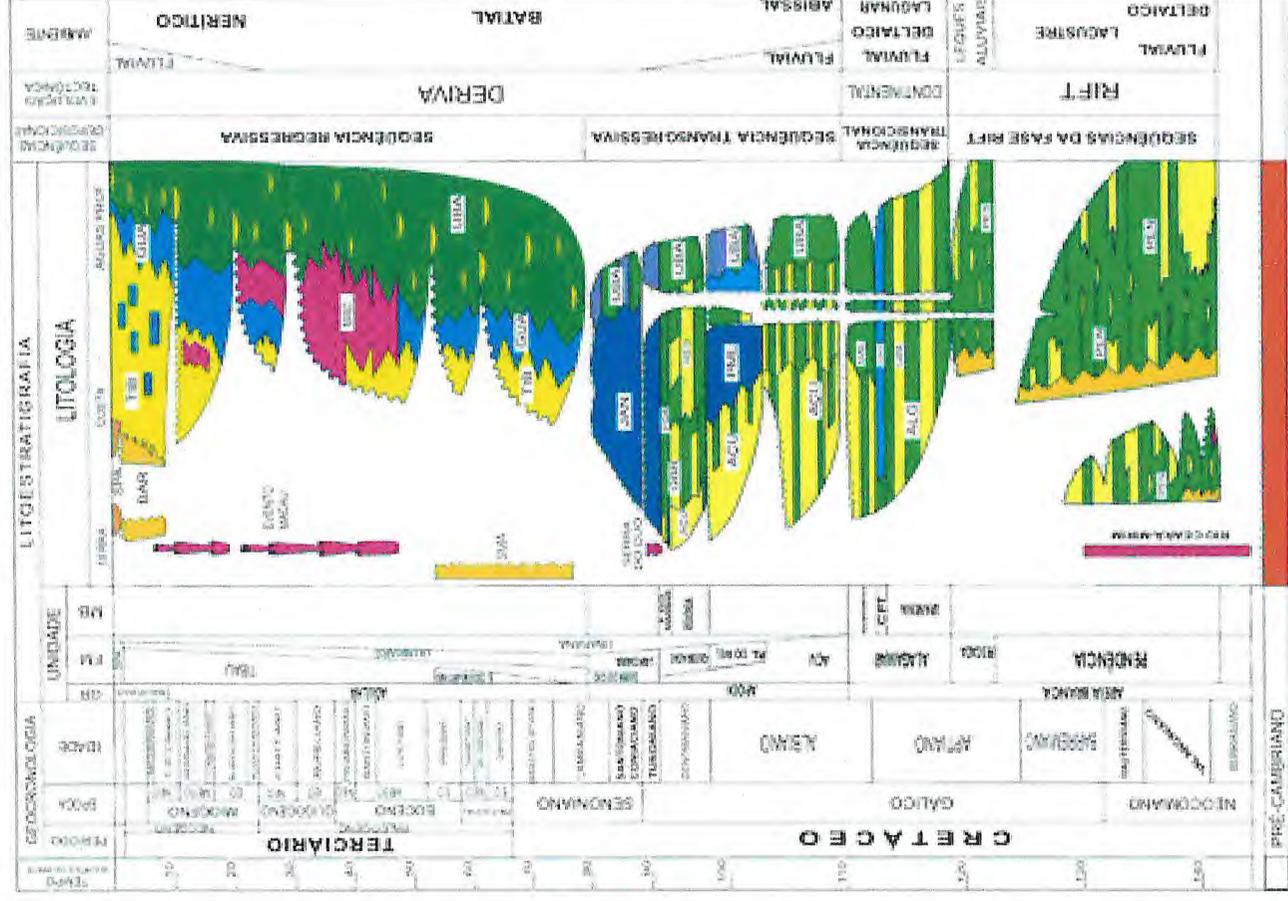


Figura 3.3 – Coluna Estratigráfica da Bacia Sedimentar Potiguar

Fonte: Soares et al (2003)

Formação Jandaíra (Kj)

A Formação Jandaíra apresenta um conjunto de fácies indicativo de um ambiente de prolífica rampa carbonática em que se registra o final de um pulso de subida do nível do mar, de ocorrência regional, que imprimiu à sedimentação condições de deposição em águas cada vez mais profundas. De um modo geral, acredita-se que sua deposição ocorreu em ambientes de planície de maré a plataforma rasa por calcarenitos bioclásticos, sendo também reconhecidos secundariamente calcilutitos com marcas de raízes, dismicrito e gretas de contração. Tal formação encontra-se sotoposta à Formação Açú e Quebradas de forma concordante. Lateralmente, apresenta-se em interdigitação com porção inferior da Formação Ubarana. O contato superior ocorre de modo discordante sob o Grupo Agulha e o Grupo Barreiras.

Formação Tibau (Tt)

A Formação Tibau é caracterizada pela presença de arenitos médios e conglomeráticos com intercalações de argilitos, material oriundo de ambientes de leques costeiros e do preenchimento de vales incisos. Tal formação interdigita-se lateralmente com as Formações Guamaré e Barreiras.

Grupo Barreiras (TQb)

O Grupo Barreiras é constituído por sedimentos continentais costeiros de idade Terciária (Mioceno-Plioceno), que formam extensos tabuleiros, freqüentemente cortados por falésias junto à linha de costa. Os principais constituintes litológicos costumam ser arenitos maduros que mostram cores variadas (predominantemente avermelhadas) com estratificação plano-paralela e secundariamente estratificação cruzada. A fração pelítica é representada por siltitos e argilitos intercalados aos arenitos em camadas de espessuras variáveis. O ambiente deposicional, atribuído aos sedimentos do Grupo Barreiras, varia de um sistema de leques aluviais a fluviais entrelaçados.

Paleodunas (Qd)

As Paleodunas no litoral do Rio Grande do Norte formam extensos cordões que, por vezes, se estendem por mais de 10 km continente adentro. Mais ao continente, estas dunas se apresentam arrasadas, podendo estar a cotas semelhantes às dos tabuleiros. As paleodunas são partes de uma geração de dunas mais antigas onde se desenvolvem processos pedogenéticos. Litologicamente, são constituídas predominantemente por areias quartzosas com coloração laranja-avermelhada, bem selecionadas (granulometria de fina a média) e com grãos arredondados.

Paleocascalheiras (TQc)

As Paleocascalheiras são compostas basicamente por depósitos sedimentares de paraconglomerados de seixos de quartzo, sílex e fragmentos líticos, matriz areno-argilosa avermelhada.

Depósitos de Praias (Qp)

Os Depósitos de Praias acompanham a faixa litorânea. Litologicamente, são constituídos por sedimentos areno-quartzosos (areias finas a grossas, com níveis de cascalho) associados às praias atuais e dunas móveis: arenitos e conglomerados com cimento carbonático, definindo cordões de *beach rocks*.

Depósitos Aluvionares (Qa)

Os Depósitos Aluvionares são compostos por areias e cascalhos, com intercalações de pelitos. Seu material sedimentar está associado a sistemas fluviais atuais no leito e nas margens da drenagem, incluindo as planícies de inundação com material mais fino.

3.4.2 Sistema Cárstico

Carste é a tradução do termo alemão *Karst*, originado da palavra *Krasz*, denominação dada pelos camponeses a uma paisagem da atual Croácia e Eslovênia (antiga Iugoslávia), marcada por rios subterrâneos com cavernas e superfície acidentada dominada por depressões com paredões rochosos e torres de pedra.

Do ponto de vista hidrológico e geomorfológico sistemas cársticos são constituídos por três componentes principais (Fig. 3.4), que se desenvolvem de maneira conjunta e interdependente:

1. sistemas de cavernas – formas subterrâneas acessíveis à exploração;
2. aquífero de condutos – formas condutoras da água subterrânea;
3. relevo cárstico – formas superficiais

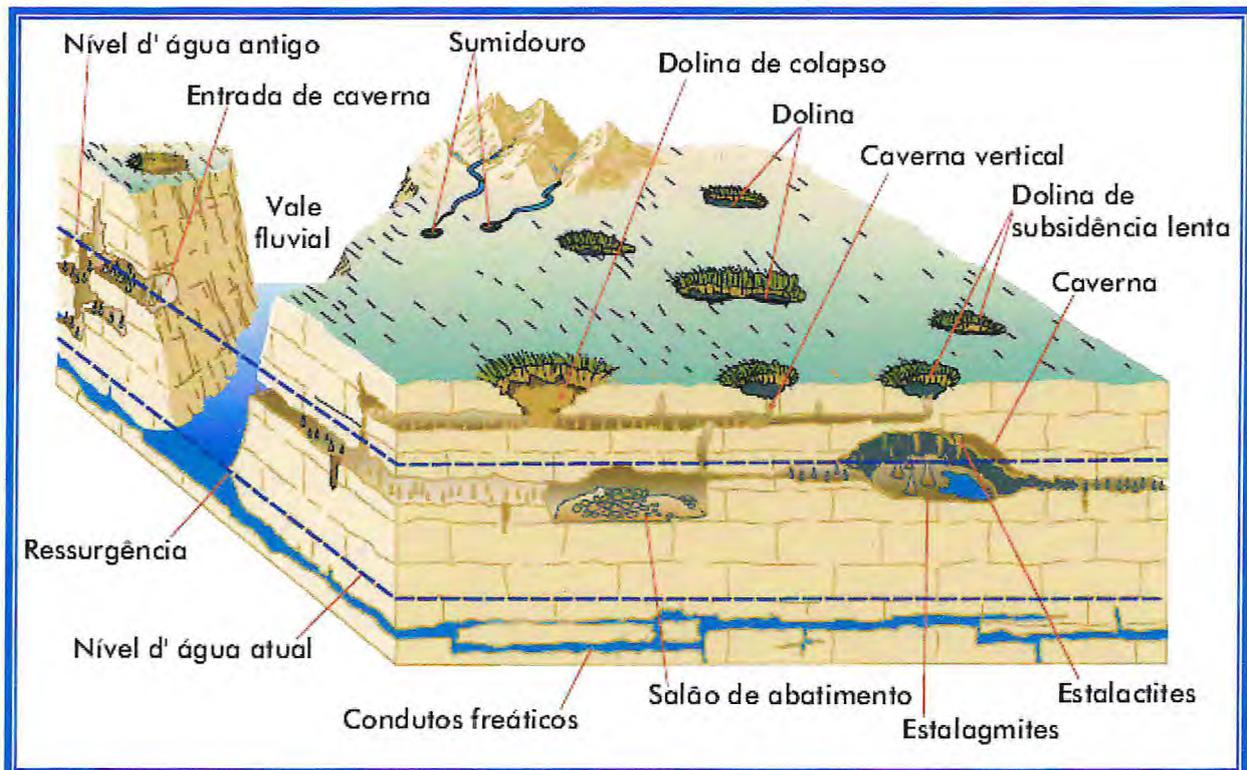


Figura 3.4 – Componentes principais do Sistema Cárstico

Fonte: Decifrando a Terra (2003)

Rochas carstificáveis

Sistemas cársticos são formados pela dissolução de certos tipos de rochas pela água subterrânea. Considera-se rocha solúvel aquela após sofrer intemperismo químico produz pouco resíduo insolúvel. Entre as rochas mais favoráveis à carstificação, encontram-se as carbonáticas (calcários, mármore e dolomitos, por exemplo), cujo principal mineral calcita (e/ou dolomita), dissocia-se nos íons Ca^{2+} e/ou Mg^{2+} e CO_3^{2-} pela ação da água. Os calcários são mais solúveis que os dolomitos, pois a solubilidade da calcita é maior que a dolomita.

Rochas evaporíticas constituídas por halita e/ou gipsita (exemplo sal gema), apesar de sua altíssima solubilidade, originam sistemas cársticos somente em situações especiais, como em áreas áridas ou semi-áridas, pois seu intemperismo sob clima úmido é tão rápido que não permite o pleno desenvolvimento do carste.

Como exemplo de rocha considerada insolúvel, pode-se citar os granitos, nos quais feldspatos e micas submetidos ao intemperismo originam argilominerais, estáveis em superfície, produzindo muito resíduo insolúvel em comparação ao volume inicial de rocha, o que impede o aumento da porosidade secundária.

Um caso especial, pouco comum, são os quartzitos. Apesar da baixa solubilidade do quartzo em águas naturais, quartzitos com baixo teor de resíduos insolúveis podem desenvolver sistemas cársticos, quando sofrem longos períodos de exposição à ação da água subterrânea.

Dissolução de rochas carbonáticas – formação das cavernas

O mineral calcita é quase insolúvel em água pura, produzindo concentrações máximas em Ca^{2+} de cerca de 8 mg/L, ao passo, que em águas naturais é bastante solúvel, como é evidenciado em nascentes cársticas, cujas águas são chamadas de “duras”, devido ao alto teor de Ca e Mg (até 250 mg/L). Este fato deve-se à dissolução ácida do carbonato de cálcio (CaCO_3) pelo ácido carbônico (H_2CO_3), gerado pela reação entre água e gás carbônico (Fig. 3.5).

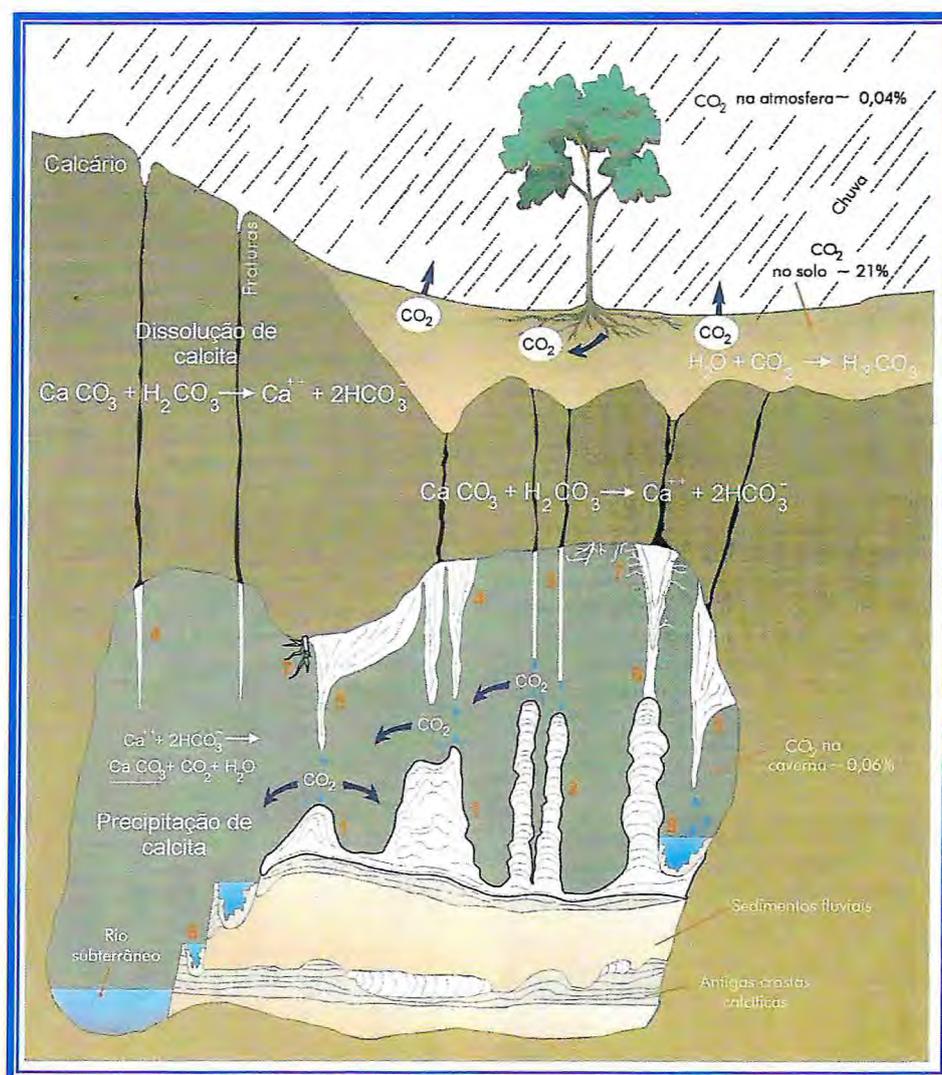


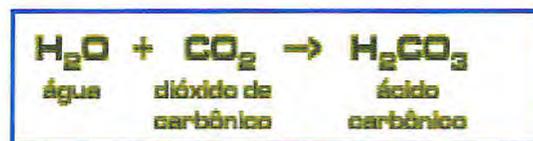
Figura 3.5 – Dissolução de rochas carbonáticas e formação de cavernas

Fonte: Decifrando a Terra (2003)

A formação das cavernas

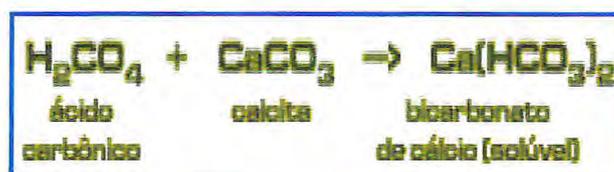
É fácil perceber que uma caverna se forma quando a água "cava" um buraco na rocha. Mas, devido às características químicas da calcita, a grande maioria das cavernas se forma por dissolução química do calcário. A calcita é praticamente insolúvel na água pura. Isso significa que se deixarmos que a água pura aja sobre o calcário durante milhares de anos, pouca ou nenhuma dissolução irá ocorrer. Por outro lado, uma pequena adição de ácido a esta água e teremos o poder de dissolução da água sobre o calcário aumentado centenas de vezes. E é isto que faz com que as cavernas existam.

A água de chuva ou dos rios dissolve pequenas quantidades de um gás chamado dióxido de carbono (CO₂) formando um ácido conhecido como ácido carbônico. Deste modo, a água torna-se fracamente ácida, como pode ser demonstrado pela reação abaixo:



O dióxido de carbono é o produto natural do metabolismo das plantas e por isto está sempre presente na atmosfera terrestre. Como resultado, a água de chuva torna-se levemente ácida ao absorver pequenas quantidades de CO₂ durante seu percurso rumo ao solo. Já no solo, esta água é enriquecida ainda mais com o CO₂ liberado pelo húmus, a matéria orgânica derivada da decomposição de restos de vegetais e pequenos animais.

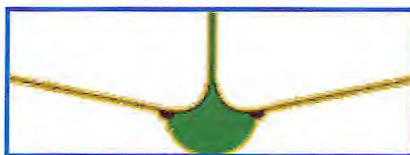
Sendo a calcita bastante solúvel no ácido carbônico, o calcário será continuamente corroído pelas águas de chuva acidificada. Veja a reação abaixo:



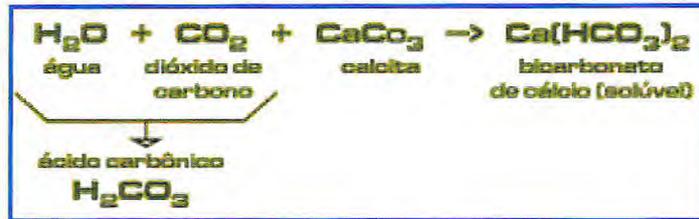
Como o bicarbonato de cálcio formado é solúvel, ele será levado pela água. Desta forma, a rocha vai se dissolvendo aos poucos. Uma das características marcantes do calcário é a presença de inúmeras fraturas que servem de "caminho" para a água, facilitando, assim, seu trabalho de penetração na rocha. Uma vez que a água penetre numa fratura, ela iniciará o processo de dissolução das paredes desta fratura, alargando-a lentamente. À medida que esta fenda vai sendo ampliada, mais água pode ser captada, aumentando cada vez mais o poder de dissolução sobre suas paredes. Cria-se então um processo auto-alimentado de dissolução que culminará no aparecimento de um grande vazio e que poderá ser chamado de caverna se for grande o suficiente para permitir a entrada de uma pessoa.

A formação dos espeleotemas

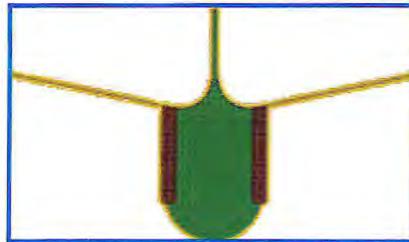
Entretanto, a reação de dissolução apresentada anteriormente pode ser revertida em alguns casos e a água ácida, em vez de dissolver a calcita do calcário, pode recristalizá-la, formando-se assim os espeleotemas. O termo espeleotema tem origem grega e significa depósito mineral. Os depósitos minerais mais conhecidos nas cavernas são as estalactites e as estalagmites. Entretanto existem centenas de outros tipos de espeleotemas formados por processos diversos e, em alguns casos, bastante complexos.



As estalactites se formam quando uma gota de água atinge o teto de uma caverna vindo da superfície através das fraturas do calcário. Se esta gota foi acidificada na superfície pela absorção de CO_2 , ela, muito provavelmente, veio dissolvendo o calcário das paredes da fenda e se saturando de bicarbonato de cálcio. Podemos resumir as reações deste processo numa única reação:



Quando a gota atinge o teto da caverna ela nada mais é que uma associação de água, gás carbônico e calcita, num delicado equilíbrio que pode ser rompido a qualquer momento. Como a quantidade de CO_2 presente na atmosfera da caverna tende a ser menor que a quantidade de CO_2 existente na gota, o estado de equilíbrio tenderá a ser desfeito, pois o CO_2 da gota migrará para a atmosfera da caverna. Esse fenômeno ocorre na superfície da gota, onde há o contato com o ar.



Após a liberação do gás carbônico, restarão na gota apenas a água e a calcita. Como a calcita é insolúvel em água pura, a calcita se cristalizará formando um anel em volta da gota. Este processo tende a se repetir enquanto houver água penetrando pela fratura da rocha e cada nova gota desenvolverá um novo anel de microcristais de calcita sobre o anterior. Com o passar do tempo, essa sucessão de anéis será vista como uma estalactite. Um maior fluxo de água ou o entupimento deste canal central acarretará no escoamento de água pelas paredes externas da estalactite, conferindo-lhe sua tradicional forma cônica.



Após a gota despencar do teto, o impacto com o chão pode provocar novo desequilíbrio na estabilidade do bicarbonato. Parte do CO_2 restante na gota será retirado para a atmosfera e haverá precipitação de novos cristais de calcita, desta vez sobre o solo da caverna. A sucessão de gotas fará com que apareça um monte formado por calcita denominado estalagmite.

Os espeleotemas podem ser formados por outros processos e por outros minerais diferentes da calcita resultando formas e cores indescritíveis. O tempo de formação dessas obras de arte da natureza pode ser bastante variado, pois dependem de inúmeros fatores como suprimento de água, velocidade de gotejamento, teor de CO_2 dissolvido na água, pureza do calcário, temperatura ambiente, altura do teto, etc.

Formas do relevo cárstico

A característica principal de superfícies cársticas é a substituição da rede de drenagem fluvial, com seus vales e canais organizados por bacias de drenagem centrípeta, que a primeira vista formam um quadro de drenagem caótico. Essas bacias conduzem a água superficial para sumidouros, que conectam a superfície com a drenagem subterrânea (Fig 3.6).

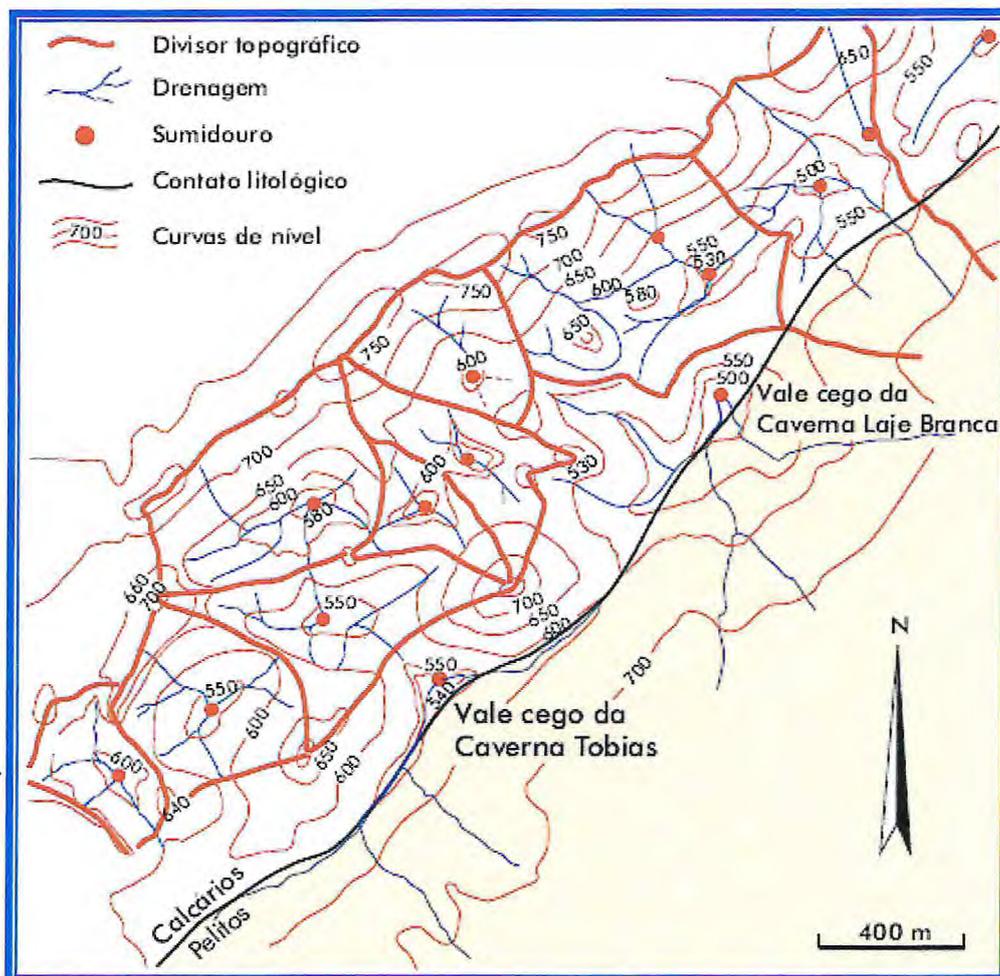


Figura 3.6 - Formas do relevo cárstico

Fonte: Decifrando a Terra (2003)

Quanto mais desenvolvido o sistema cárstico, maior sua permeabilidade secundária, o que aumenta o número de sumidouros e respectivas bacias de drenagem centrípeta. Isto, por sua vez, condiciona um forte incremento no volume de infiltração e diminuição no volume de água do escoamento superficial.

Associadas às drenagens centrípetas, desenvolvem-se *dolinas*, que representam uma das feições de relevo mais freqüentes e típicas de paisagens cársticas, com tamanhos que variam entre uma banheira e um estádio de futebol. Dolinas são depressões cônicas, circulares na superfície, lembrando a forma de um funil. Dolinas de dissolução formam-se com a dissolução a partir um ponto de infiltração na superfície da rocha (zona de cruzamento de fraturas). Crescem em profundidade e diâmetro, conforme a rocha e o material residual são levados pela água subterrânea (Fig. 3.7) .

Dolinas de colapso (Fig. 3.7) são aquelas geradas a partir do colapso da superfície devido ao abatimento do teto de cavernas ou outras cavidades em profundidade. No primeiro tipo de dolina a subsidência do terreno é lenta, enquanto no segundo é rápida, freqüentemente dando acesso a cavernas.

Um dos processos que desencadeia o abatimento de cavidades em profundidade é a perda da sustentação que a água subterrânea exerce sobre as paredes desses vazios, pelo rebaixamento do nível freático e exposição das cavidades na zona vadosa.

Pode-se citar outros tipos de relevo cárstico como: vales cegos, vales cársticos, lágias e cones cársticos.

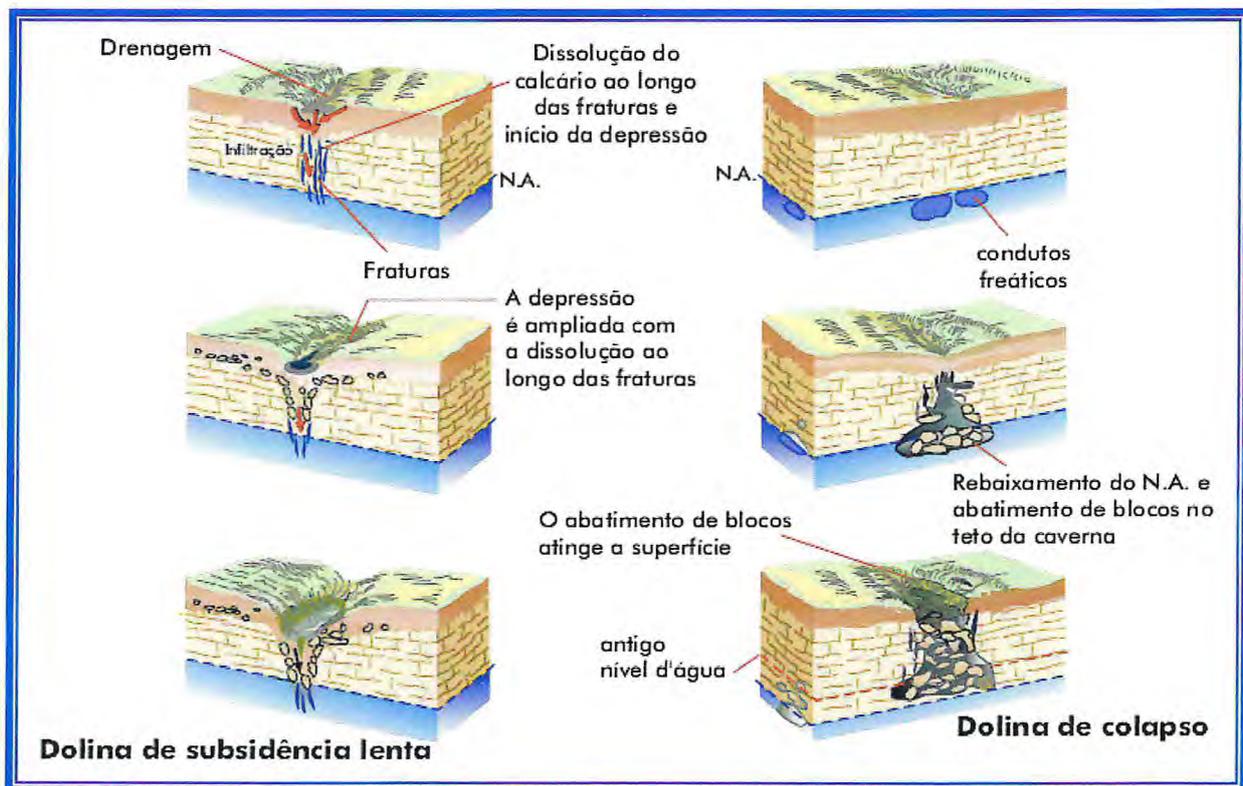


Figura 3.7 – Evolução esquemática de dolinas e de subsidência lenta

Fonte: Decifrando a Terra (2003)

3.4.3 Hidrodinâmica da Água Subterrânea em Quixeré – Calcário Jandaíra

A Chapada do Apodi onde predomina o aquífero cárstico do Calcário Jandaíra apresenta uma área de 5.200 km² sendo que isto equivale a 10% do Estado do Rio Grande do Norte e 1.000 km² estão situados no Estado do Ceará, sendo um dos municípios de sua abrangência o município de Quixeré, esta área ocupada pela Chapada do Apodi no Ceará representa apenas 0,67% do seu território e no município de Quixeré ela ocupa boa parte de sua área territorial.

Em Quixeré onde se utiliza principalmente a água do aquífero Jandaíra, há sempre um debate *sem cunho científico*, que seja elucidativo do ciclo da água neste ambiente, tem-se muitas informações adquiridas pelo convívio e utilização de forma bastante empírica e controversa. O aquífero Jandaíra localiza-se na porção superior das seqüências carbonáticas da formação Jandaíra. Estes calcários frequentemente apresentam indícios de carstificação.

Segundo a SERHID/RN (2004), o aquífero do Calcário Jandaíra tem profundidades que variam de 50 – 250 metros de espessura, é um aquífero livre e de fácil exploração justamente por estar muito próximo da superfície do solo. Esta facilidade de bombeamento e o número exagerado de poços sendo todos muito próximos uns dos outros o que levou o aquífero a apresentar sinais de exaustão de suas reservas em Baraúnas no Rio Grande do Norte.

Servindo de exemplo o que aconteceu em Baraúnas / RN em 2003 e noticiado pela imprensa local, neste tipo de aquífero (cárstico) é comum e apresentado pela literatura que em anos de seca sucessivas pode haver esgotamento das reservas, que em função da diminuição da infiltração ficam com suas reservas restringidas, estes aquíferos são de características de reservas plurianuais (SILVA, 1985).

O Aquífero Calcário Jandaíra não apresenta rios que nasçam fora da sua área de abrangência e que em seus percursos passem por ele com a possibilidade de haver recarga por água extra, que não seja originada de águas pluviais.

O Aquífero do Calcário Jandaíra em Quixeré / CE assim como o restante da Chapada do Apodi, região de domínio do Jandaíra, apresenta altitude média de 120 metros enquanto que os rios que margeiam a Chapada do Apodi estão situados em altitude média de 22 metros, por outro lado os poços que retiram água do Jandaíra em Quixeré apresentam profundidade média de 70 metros. Então, os rios Mossoró e Jaguaribe não podem alimentar o Jandaíra em Quixeré, exatamente pelo fato do potencial ser contrário a esta recarga.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos baseados em 110 poços tubulares existentes de produtores e proprietários que utilizam água do calcário Jandaíra, no município de Quixeré/CE, dados fornecidos e adquiridos através de bancos de dados da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - COGERH, que nos permitiu chegar as seguintes resultados relevantes que vamos expor a seguir:

- Observou-se que a única fonte hídrica disponível para os produtores em Quixeré são os poços tubulares profundos, devido a inexistência de água superficial na região, determinada pela geologia e geomorfologia da Chapada do Apodi.
- Sob o ponto de vista econômico os poços são os mais viáveis e considerando a facilidade de obtenção das águas dos poços que produzem grandes vazões com pequenas profundidades estes tornam mais importante.
- Observou-se a falta de cadastro com dados consistentes nos órgãos públicos e também informações técnicas junto aos proprietários dos poços.
- Verificou-se que a maioria das propriedades não protegem as lagoas temporárias, sumidouros e demais áreas de interesse.

De acordo com o banco de dados (anexo) analisamos que os poços tubulares no município de Quixeré possuem profundidade média de 53,78 metros, vazão média aproximadamente de 74,69 m³/h, nível estático médio 10,48 metros, nível dinâmico 14,22 metros e TDS com 1.039 mg/L de média. (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Tabela dos valores médios das informações técnicas dos poços

Informações técnicas dos poços	Média	Unidade
Profundidade	53,78	metros
Vazão	74,69	m ³ /h
Nível Estático	10,48	metros
Nível Dinâmico	14,22	metros
Sólidos totais dissolvidos	1.039	mg/L

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As principais conclusões relativas aos aspectos hidrogeológicos no município de Quixeré, descreveremos a seguir algumas que destacam-se para o melhor aproveitamento e preservação do complexo ambiente cárstico existente na área de estudo:

- Na Chapada do Apodi se faz necessário a aplicação de modelos matemáticos de fluxo hídrico subterrâneo direcionados para ambientes cársticos e conhecer a disponibilidade hídrica e estabelecer parâmetros hidrodinâmicos para garantir a sustentabilidade hídrica do agronegócio na região.
- A falta dessas informações atualizadas dificulta a análise de recarga e capacidade do aquífero como forma de evitar a utilização da água indiscriminada e diminuir inclusive a construção indiscriminada de poços tubulares profundos no município.
- É importante ressaltar, que é necessário conhecer as regiões onde existem os processos de formação de dolinas e sumidouros para preservar a região, da possibilidade de ocorrências de desabamentos e afundamentos dos solos e provocar acidentes pela perda de sustentação do calcário que ao ser dissolvido pela água e estar suspenso em uma caverna subterrânea poderá ruir e provocar a descida do solo.
- sob o ponto de vista econômico os poços são os mais viáveis e considerando a facilidade de captação de água que produzem relativamente grandes vazões com pequenas profundidades.

A seguir mostraremos as recomendações desse trabalho, que direcionamos principalmente aos órgãos públicos, responsáveis pela política, planejamento e gestão dos recursos hídricos do estado do Ceará.

- Inicialmente recomendamos elaborar uma cartilha educativa de forma simples e objetiva com a finalidade de apresentar e conscientizar o cidadão e as empresas privadas, que utilizam a água do aquífero jandaíra, a situação da realidade do principal recurso hídrico da região, onde o mesmo é utilizado para gerar emprego e renda como também é aproveitado para o abastecimento humano e dessedentação dos animais;

- Cadastrar todos os poços existentes na região, para posteriormente selecionar pontos estratégicos de monitoramento permanente de qualidade e demanda de água;
- Obter parâmetros hidrodinâmicos para aplicar e validar modelos de matemáticos de fluxo subterrâneo para realizar cenários futuros e conseqüentemente, gerenciar o recurso hídrico subterrâneo de forma sustentável, tanto para o agronegócio como para o abastecimento humano.
- Realizar planejamento estratégico de gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos na região através da construção de poços tubulares profundos direcionando a captação de água de determinado aquífero (jandaíra ou açu) dependendo da finalidade da demanda da água, sendo para atividades de irrigação e pecuária, captação no calcário jandaíra, sendo para abastecimento humano captação no arenito açu.
- Criar uma Comissão de Usuários de água da Chapada do Apodi para discutir a situação dos recursos hídricos existentes e conseqüentemente difundir através de reuniões a realidade da água subterrânea na região.
- Com relação a qualidade da água recomenda-se cumprir a Lei Federal nº 9.974 de 06/06/2000 e o Decreto nº 3.550 de 27/07/2000 que disciplina sobre o destino das embalagens vazias de agrotóxicos e determina as responsabilidades para o produtor rural, revendas de pesticidas e fabricante/formulador.
- Estudar a possibilidade de recarga artificial do aquífero utilizando sumidouros e dolinas, garantindo água no período de estiagens.
- Finalizamos também que é de fundamental importância o monitoramento da qualidade da água, pois o aquífero Jandaíra localizado em áreas onde a presença de intensa atividade agrícola, aliado ao abastecimento doméstico, sendo o aquífero bastante vulnerável à contaminação decorrente de defensivos agrícolas e resíduos de fertilizantes é necessário o cuidado permanente no que concerne o abastecimento humano na região dessa forma garantindo o verdadeiro desenvolvimento sustentável.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTANI, R.T., COSTA, I.G. & MATOS, R.M.D. (1990). Evolução Tectonossedimentar, Estilo Estrutural e Hábitat do Petróleo na Bacia Potiguar. In: RAJA GABAGLIA, G.P. & MILANI, E.J. *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares*. Rio de Janeiro, PETROBRAS. 1990. p.291-310.

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.

CARVALHO JÚNIOR, E.R. & MELO, J.G. Comportamento hidrogeológico do aquífero Açú na região de Apodi – RN. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2000. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH, 2000. CD-ROM.

Decifrando à Terra / organizadores: Wilson Teixeira et al. – São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568 pp.

DINIZ FILHO, J.B.; MELO, J.G.; BARROSO, T.T.; DUARTE, U. Potencialidades e consumo de águas subterrâneas no médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Ceará-Mirim/RN. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2000. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH, 2000. CD-ROM.

FORTES, F. - 1987 - Mapa Geológico da Bacia Potiguar - Relatório PETROBRÁS, 1987, Inédito, 116 p.

GOMES, J.R. da C; GATTO, C.M.P.P.; SOUZA, G.M.C. da; PIRES, J de L; TEXEIRA, W.. – 1981 – Geologia. In: RADAMBRASIL, 1981. Projeto RADAMBRASIL, vol. 23. p27-301.

KREIDLER W.L., ANDERY P.A. 1949. Mapa Geológico da área sedimentar costeira do estado do Rio Grande do Norte e parte do Ceará. Rio de Janeiro, Conselho Nacional do Petróleo. p. 86-90.

PRATES, M.; GATTO, L. C. S. & COSTA, M. I. P. – 1981 – Geomorfologia. *In*: RADAMBRASIL, 1981. Projeto RADAMBRASIL, vol. 23. p301-348.

REBOUÇAS, A.; FILHO, M.; BERNOIT, H.; Bacia Potiguar – Estudo Hidrogeológico. Recife. SUDENE – Divisão de Documentação, 1967.

SANTIAGO, M.M.F.; FRISCHKORN, H.; MENDES FILHO, J. Mecanismos de salinização em águas do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí. *In*: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., e CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 11., Fortaleza, 2000. Fortaleza: ABAS/AHLSUD/IAH, 2000. CD-ROM.

Sampaio A.V., Schaller H. 1968. Introdução à Estratigrafia da Bacia Potiguar. Rio de Janeiro, Boletim Técnico PETROBRÁS, 11(1):19-44.

SERHID – Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos – Programa de Recuperação e Controle do Nível das Águas do Aquífero Jandaíra / RN, Natal: 2004.

SERHID – Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte, www.serhid.rn.gov.br, acessado em janeiro de 2008.

SOARES U.M., Goulart J.P.M., Brito A.F., Cremonini O.A., Ramos M.A. 1999. Projeto de integração geológica-geofísica da porção submersa da Bacia Potiguar, Natal, Petrobras (Relatório interno).

SOUZA S.M. 1982. Atualização da litoestratigrafia da Bacia Potiguar. *In*: SBG, Congr. Bras.Geol., 31, Salvador, Anais, 5: 2392 - 2406.

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, www.esam.br, acessado em abril de 2006.

VASCONCELOS, E. P.; LIMA NETO, F. F.; ROOS, S. – 1990 – Unidade de Correlação da Formação Açú / Bacia Potiguar. *In*: Anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, vol. 1, p. 227 – 240, Natal/RN.

BANCO DE DADOS - POÇOS QUIXERÉ / CE

nº	TIPO	LOCAL	PROPRIETÁRIO	LAT.	LONG.	PROF. (m)	VAZÃO (m³/h)	NE (m)	ND (m)	TDS (mg/l)
1	PA	MACACOS	TALES RIBEIRO DE OLIVEIRA	9427294	619437	38,00	1,50			1502
2	PT	MACACOS	TALES RIBEIRO DE OLIVEIRA	9427294	619437	100,00				741
3	PT	MACACOS	PREFEITURA	9428265	619002	60,00	1,32	16,00	48,00	681
4	PT	BAIXA DO MAXIXE	GERARDO PEREIRA DE OLIVEIRA	9430144	634294	100,00	10,00			942
5	PA	TOMÉ	PREFEITURA	9431891	616307	18,00	6,00			917
6	PT	LAGOA DA CASCA	PREFEITURA	9432667	618813	60,00	9,90	18,60	21,00	1053
7	PA	LAGOA DA CASCA	PREFEITURA	9432690	618623	22,00	2,20			1255
8	PT	LAGOA DA CASCA	MIGUEL HOLANDA CAMPEIRO	9432791	617973					1151
9	PT	CARNAÚBA	RAIMUNDO LOPES DE LIMA	9433160	620023	60,00	35,00			982
10	PT	CARNAÚBA	JOSÉ GADELHA	9433441	620702					1398
11	PT	CARNAÚBA	JOSÉ CLELTON MENDES VIANA	9433510	620747					1372
12	PT	UBAIA	PREFEITURA	9433512	633978	82,00	1,00			832
13	PT	CARNAÚBA	PREFEITURA	9433890	621113	58,00	17,60	14,60	17,00	
14	PT	QUEIMADAS	PAULO	9434064	622637	84,00				
15	PA	CARNAÚBA	PREFEITURA	9434404	621647	18,00	2,30			1293
16	PA	CERCADO DO MEIO	MANOEL SEBASTIÃO DE ARAÚJO	9434473	615386	13,00	10,00			559
17	PA	CERCADO DO MEIO	PREFEITURA	9434527	615525	19,80	2,50			624
18	PA	CERCADO DO MEIO	JOSÉ ERIVALDO DE SOUSA	9434655	615446	90,00	5,00			579
19	PA	QUEIMADAS	MANOEL MARTINS VIEIRA	9435522	622782	20,00				1248
20	PT	FAZENDA CARNAÚBA	JOSÉ ORLANDI MENEZES	9435821	618705	60,00	40,00			
21	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9435826	636784	60,00	100,00	13,37	13,98	
22	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9435974	636475	79,00	10,00	12,24	35,33	
23	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9435999	636925	60,00	120,00	10,35	10,83	
24	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9436119	636142	79,00	200,00	11,55	15,19	
25	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9436210	637088	60,00	150,00	11,29	12,47	
26	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9436210	635932	80,00	200,00	11,21	15,23	
27	PA	QUEIMADAS	PREFEITURA	9436257	622862	11,00	1,00			1144
28	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9436389	637225	60,00	150,00	11,53	11,58	
29	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9436398	635518	60,00	60,00	10,52	11,37	

30	PT	MORADA NOVA	EDLEUDO SOUSA ALVES	9436447	620983	60,00				1016
31	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9436731	636396	80,00				
32	PT	CABEÇA DA SERRA	PREFEITURA	9436742	615858	80,00	2,00			
33	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9436844	632914	60,00	25,00			
34	PT	TAITINGA	JOSÉ SIPRIANO DE BRITO	9436918	622693	40,00	35,00			1131
35	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9436993	635747	80,00				
36	PA	TAITINGA	MANOEL ANORATO	9437020	622750	15,00	0,80			1053
37	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9437103	633990	60,00	30,00	10,60	15,89	
38	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9437231	634045	32,00				
39	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9437294	635031	80,00				
40	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9437692	631357	60,00	60,00	9,97	11,91	
41	PT	FAZENDA BOA ESPERANÇA	FRANCISCO RAIMUNDO SANTIAGO	9437723	626834	56,00				949
42	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9437739	634002	79,00				
43	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9437739	631269	68,00	50,00	8,62	10,53	
44	PT	LAGOINHA	ELIEZER RAIMUNDO DE OLIVEIRA	9437742	621863	50,00				935
45	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9437799	631164	60,00	80,00	9,51	10,26	
46	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9437861	631063	60,00	80,00	10,1	11,25	
47	PT	LAGOINHA	PREFEITURA	9437867	621294	55,00				1209
48	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9437892	631010	60,00	5,00	9,87	13,66	
49	PT	LAGOINHA	PREFEITURA	9437903	621203	55,00				
50	PA	MARIA PRETA	JOÃO RODRIGUES DE MATOS	9437916	623019	17,60	2,00			1235
51	PT	FAZENDA BOA ESPERANÇA	FRANCISCO RAIMUNDO SANTIAGO	9437925	626766	55,00				1118
52	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9437956	630910	80,00	9,00	12,0	42,0	
53	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9438008	630825	59,00				
54	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9438041	631354	60,00				
55	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9438050	631450	30,00				
56	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9438082	630704	30,00				
57	PT	FAZENDA BOA ESPERANÇA	FRANCISCO RAIMUNDO SANTIAGO	9438126	626801	56,00	25,00			1034
58	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9438158	630586	79,00	25,00	9,12	11,71	
59	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9438198	631072	30,00				
60	PT	SÍTIO LAGOINHA	RAIMUNDO NONATO DE BRITO	9438205	620269	50,00	42,00			882
61	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9438214	631355	60,00				
62	PT	FAZENDA CHAPADA DO APODI	JOÃO TEIXEIRA JÚNIOR	9438214	626588	40,00	170,00	12,00	12,50	1189
63	PT	FAZENDA BOA ESPERANÇA	FRANCISCO RAIMUNDO SANTIAGO	9438229	626811	56,00	30,00			
64	PT	LAGOINHA	JOSÉ RODRIGUES NETO	9438238	623267	56,00	32,00			1236
65	PT	LAGOINHA	JAIME LOPES DA COSTA	9438243	621620	30,80				

66	PT	FAZENDA CHAPADA DO APODI	JOÃO TEIXEIRA JÚNIOR	9438303	625331	40,00	170,00	12,00	12,50	
67	PT	LAGOINHA	JOÃO	9438311	620203					
68	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9438533	632049	63,00				
69	PA	RASTEIRA / MACAÇA	PREFEITURA	9438544	618397	12,00				585
70	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9438585	633561	80,00	15,00	2,61	3,04	
71	PT	FAZENDA CHAPADA DO APODI	JOÃO TEIXEIRA JÚNIOR	9438632	625247	40,00				
72	PT	FAZENDA BOA ESPERANÇA	FRANCISCO RAIMUNDO SANTIAGO	9438826	626614	56,00				
73	PT	FAZENDA CHAPADA DO APODI	JOÃO TEIXEIRA JÚNIOR	9438843	626501	40,00	170,00	12,00	12,50	
74	PA	VILA NOVA	PREFEITURA	9439037	621030	13,20				650
75	PA	VILA NOVA	ALOÍZIO RAMOS DE LIMA	9439053	620915	11,60				611
76	PA	VILA NOVA	MARIA ROSA DE JESUS	9439122	621458	17,60				819
77	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9439173	630974	66,00				
78	PT	FAZENDA CHAPADA DO APODI	JOÃO TEIXEIRA JÚNIOR	9439272	625345	40,00	170,00	12,00	12,50	
79	PA	VILA NOVA	MARIA DO SOCORRO DE SOUSA	9439280	620819	13,00				592
80	PT	FAZENDA CHAPADA DO APODI	JOÃO TEIXEIRA JÚNIOR	9439303	626270	40,00				
81	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9439613	630174	59,00				
82	PT	FAZENDA BOA ESPERANÇA	FRANCISCO RAIMUNDO SANTIAGO	9439624	626403	56,00	30,00			
83	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9439845	630856	60,00	150,00	7,74	7,86	
84	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9439878	630759	60,00	150,00	6,54	6,92	
85	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9439958	629531	60,00	80,00	11,38	11,43	
86	PT	OITICICA DO MIRANDA	JOSÉ JOÃO SANTIAGO	9439977	622153	32,00	60,00			1008
87	PT	NOLEM	ALEXANDRE ROLA	9439980	626320	40,00	150,00	10,00	10,00	962
88	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9439990	630504	60,00	150,00	8,47	8,90	
89	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9440035	630393	60,00	150,00	8,33	8,48	
90	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9440128	630193	60,00	150,00	7,95	8,01	
91	PT	NOLEM	ALEXANDRE ROLA	9440146	626177	40,00	150,00	10,00	10,00	1066
92	PT	FAZENDA ÁGUA	DEL MONTE	9440335	629694	60,00	150,00	10,72	11,06	
93	PT	NOLEM	ALEXANDRE ROLA	9440655	627174	40,00	150,00	10,00	10,00	
94	PT	FAZENDA CERRADO	WAGNER P. JUCÁ	9440753	627194	45,00	250,00	10,00	10,00	904
95	PT	FAZENDA CERRADO	WAGNER P. JUCÁ	9440806	627136	45,00	250,00	10,00	10,00	904
96	PT	FAZENDA FJF	FERNANDO JORDÃO DA FROTA	9440829	628323	52,00	85,00	10,00	10,00	
97	PT	FAZENDA CERRADO	WAGNER P. JUCÁ	9440846	627091	45,00	250,00	10,00	10,00	904
98	PT		JAIME VIEIRA	9440913	628837	52,00	85,00	10,00	10,00	
99	PM	FAZENDA FROTA	CARLOS VIEIRA PINHEIRO NETO	9440940	628389	40,00	20,00	10,00	10,00	924
100	PT	FAZENDA FROTA	CARLOS VIEIRA PINHEIRO NETO	9440949	628381	52,00	85,00	10,00	10,00	924
101	PT	SANTA TEREZINHA	PREFEITURA	9440955	619160	90,00				

102	PT	FAZENDA FROTA	CARLOS VIEIRA PINHEIRO NETO	9440984	628153	50,00	20,00	10,00	10,00	924
103	PT	BOM SUCESSO	FRANCISCO PEREIRA DE SOUSA	9441827	635130	70,00				644
104	PT	BOM SUCESSO	FRANCISCO PEREIRA DE SOUSA	9441827	635130					1059
105	PT	LEÃO	PREFEITURA	9442088	614772	90,00				1339
106	PT	BOM SUCESSO	PREFEITURA	9442100	635183	60,00	1,46	7,80	46,70	3867
107	PT	BOQUEIRÃO	PREFEITURA	9442296	614356	94,00				1372
108	PT	BOM SUCESSO	PREFEITURA	9442361	635144	77,00				994
109	PT	BOM SUCESSO	ATÍLIA LIMA SILVA	9442671	635620	70,00				884
110	PT	ALTO DO BAGRE	PREFEITURA	9444244	616393	64,00				832
TOTAL						5.646,60	4.929,58	450,59	611,59	54.028
MÉDIA						53,78	74,69	10,48	14,22	1.039