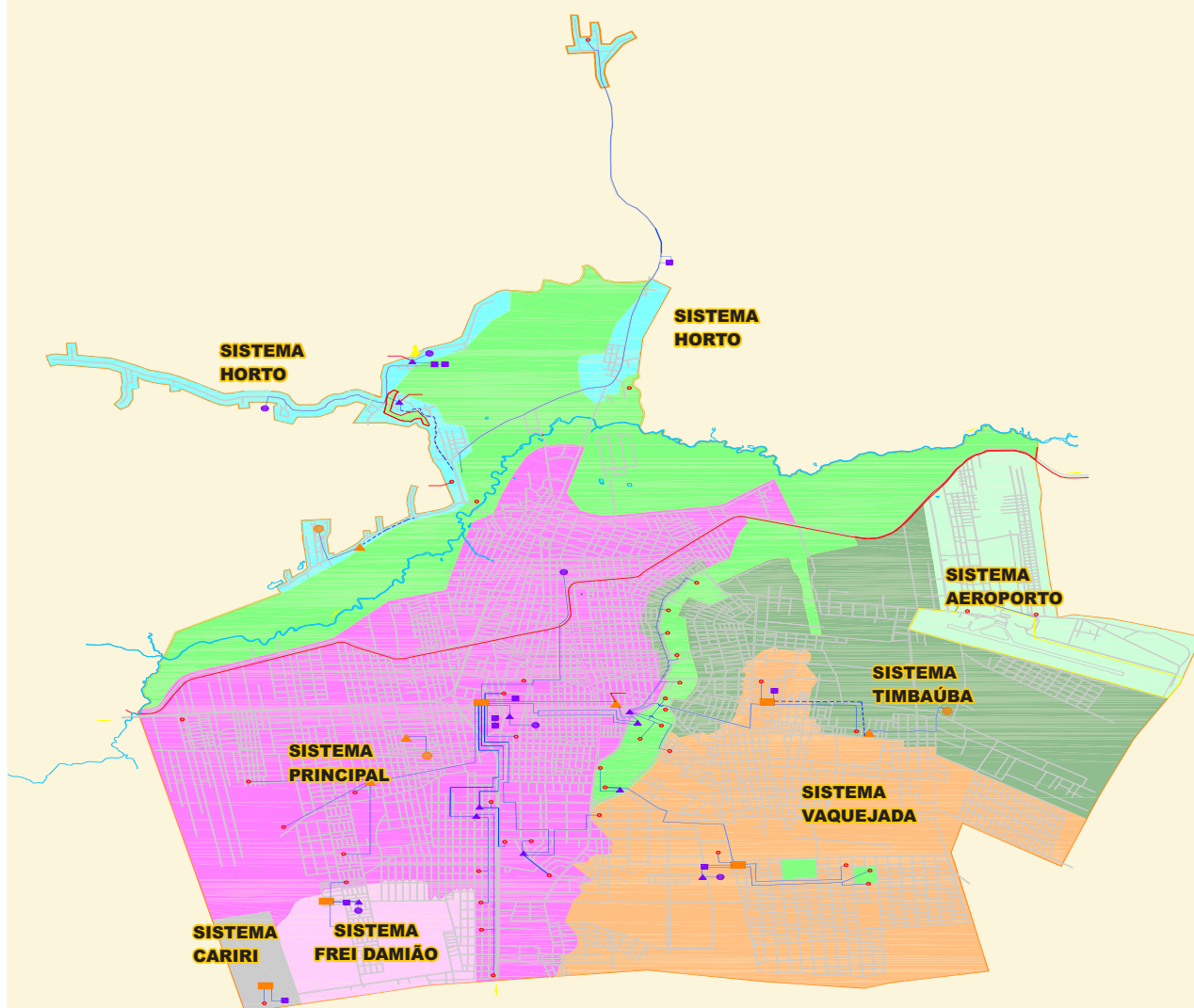


PLANO DIRETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DOS MUNICÍPIOS DE JUAZEIRO DO NORTE E BARBALHA PDAA - JUABAR

**2º RELATÓRIO - ESTUDO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA,
AVALIAÇÃO DOS POÇOS TUBULARES EXISTENTES E AVALIAÇÃO
DAS DEMANDAS A SEREM ATENDIDAS
TOMO II - ESTUDO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS
DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE**



PLANO DIRETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DOS MUNICÍPIOS DE JUAZEIRO DO NORTE E BARBALHA PDAA - JUABAR

**2º RELATÓRIO - ESTUDO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA,
AVALIAÇÃO DOS POÇOS TUBULARES EXISTENTES E AVALIAÇÃO
DAS DEMANDAS A SEREM ATENDIDAS
TOMO II - ESTUDO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS
DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE**

CAGECE - COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ

DIRETORIA DA PRESIDÊNCIA

Diretor Presidente Gotardo Gurgel Junior

DIRETORIA COMERCIAL

Diretor Antônio Alves Filho

DIRETORIA DE GESTÃO EMPRESARIAL

Diretor José Alberto Alves de Albuquerque Junior

DIRETORIA DE OPERAÇÕES

Diretor André Macedo Facó

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE

Diretor Francied Assis de Mesquita Ciriaco

GERÊNCIA DE PLANEJAMENTO DE EXPANSÃO

Anal. Sist. José Ricardo Carneiro da Cunha Meira

SUPERVISÃO DE ESTUDOS TÉCNICOS

Engº Victor Hugo Cabral de Moraes

EQUIPE TÉCNICA

Engº Alysson César Azevedo da Silva

Engª Almira dos Santos França

Engº Cláudio Pacheco Barbosa

Engº Expedito Galba Batista

Téc. Francisco Jocélio Pinheiro Veras

Téc. Francisco Maurício Barbosa

Engº Leonaldo da Silva Gomes

Engº Lúcio Sampaio Castro

Engº Luiz Celso Braga Pinto

Engº Márcio Normando Borges Coelho

Geól. Maria Amélia Souza Menezes

Engº Paulo Sérgio Silva do Amaral

Anal. Sist. Sávio Capistrano Costa

Téc. Renato de Sousa Silva

Téc. Rivelino Cardoso Xavier Teles

Adm. Vanessa Ribeiro Campos

**PLANO DIRETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DOS MUNICÍPIOS DE
JUAZEIRO DO NORTE E BARBALHA - PDAA-JUABAR**

2º RELATÓRIO

**ESTUDO AMBIENTAL DAS ÁREA DE INFLUÊNCIA,
AVALIAÇÃO DOS POÇOS TUBULARES EXISTENTES E AVALIAÇÃO
DAS DEMANDAS A SEREM ATENDIDAS**

**TOMO II - ESTUDO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS
DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE**

HYDROS ENGENHARIA E PLANEJAMENTO / TECMINAS ENGENHARIA

DIRETORIA GERAL

Silvio Humberto Vieira Regis

DIRETORIA DE ENGENHARIA

Ulysses Fontes Lima

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Ruyter Carlos da Silva

GERÊNCIA DE CONTRATO

Durval Curvelo Almeida Filho

Luiz Fernando Peralva Furiati

Antônio Silva Girão

EQUIPE TÉCNICA

Anne Kattarine Magalhães Bandeira

Carlos Augusto de Moraes

César Ricardo Almeida Requião

Claudia Miranda Freitas

Frederico Luciano dos Santos

Guilherme Requião Radel

Irabson Mota Cavalcante

Jardel Almeida Oliveira

Jorge Almério Sousa Moreira

José Eustáquio de Ávila Machado

José Henrique de Queiroz

José Vitoriano de Brito Melo

Larissa Dantas de Melo Britto

Marco Antônio Del Cantoni Baldo

Marco Antônio Ferreira de Castro

Marco Aurélio Holanda de Castro

Mariano da Franca Alencar Neto

Patrícia Aparecida Caxito

Raquel Arantes Braga

Ricardo Alexandrino Garcia

Rogério Araújo de Andrade Brandão

APOIO TÉCNICO E ADMINISTRATIVO

Ana Kelvia Gomes Mariano (Secretária)

Anderson Santana Araújo (Desenhista)

Bruno Andrade (Cadista)

Diana D'arc de Miranda (Cadista)

Flavia da Silva Lopes (Secretária)

Ícaro Teixeira Cruz (Digitador)

Jandira Costa (Secretária)

Jaybene Mendes Cruz (Cadista)

Lúcia Maria Bacellar Reis (Digitadora)

Silvana Aparecida Romano Fernandes (Secretária)

Valter Roberto Alves de Andrade (Desenhista)

Viviane Suarez Dantas (Digitadora)

Waldirene Barbosa (Cadista)

APRESENTAÇÃO

Este documento, intitulado **2º RELATÓRIO - ESTUDO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA, AVALIAÇÃO DOS POÇOS TUBULARES EXISTENTES E AVALIAÇÃO DAS DEMANDAS A SEREM ATENDIDAS - MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE** é parte integrante da versão final do PLANO DIRETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DOS MUNICÍPIOS DE JUAZEIRO DO NORTE E BARBALHA, PDAA-JUABAR, elaborado para a Cagece - Companhia de Água e Esgotos do Ceará pelo Consórcio Hydros Engenharia e Planejamento Ltda e Tecminas Engenharia Ltda, através do contrato nº 108/07 - Proju/Cagece.

Conforme os Termos de Referência - TDR, o PDAA-JUABAR foi elaborado segundo uma metodologia em que produtos intermediários (ou relatórios) foram entregues à Cagece para sua apreciação, análise e aprovação, de modo a se ter um acompanhamento contínuo dos trabalhos (8º Relatório). Este penúltimo relatório, 9º Relatório, contém, então, a versão final do Plano Diretor e o último, o 10º Relatório, contera sua sinopse.

Os relatórios finais que compõe o PDAA-JUABAR são os seguintes:

- 1º Relatório: Estudos Populacionais e de Uso e Ocupação do Solo;
- 2º Relatório: Estudo Ambiental das Áreas de Influência, Avaliação dos Poços Tubulares Existentes e Avaliação das Demandas a Serem Atendidas;
- 3º Relatório: Diagnóstico do Sistema Existente e Análise Hidráulica do Macrossistema de Distribuição;
- 4º Relatório: Avaliação Técnica do Sistema de Controle e Automação;
- 5º Relatório: Avaliação Técnica dos Níveis de Perdas dos Sistemas Existentes de Produção e de Distribuição;
- 6º Relatório: Prognóstico - Planejamento e Programa de Projetos e Obras / Implantação, Ampliação e/ou Melhorias;
- 7º Relatório: Desenvolvimento e Entrega de Modelo (*Softwares*) de Planejamento e Gestão do PDAA;
- 8º Relatório: Versão Preliminar do PDAA;
- 9º Relatório: Versão Final do PDAA;
- 10º Relatório: Sinopse do PDAA.

Este 2º Relatório está dividido em três Tomos:

Tomo I: Avaliação das Demandas a Serem Atendidas

Tomo II: Estudo Ambiental das Áreas de Influência dos Sistemas de Abastecimento de Água

Tomo III: Avaliação dos Poços Tubulares e das Disponibilidades do Sistema de Abastecimento

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| APRESENTAÇÃO | i |
| 1 ESTUDO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE JUAZEIRO DO NORTE..... | 1 |
| 1.1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.2 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 1 |
| 1.2.1 <u>Localização Geográfica do Município de Juazeiro do Norte</u> | 1 |
| 1.2.2 <u>Área de Abrangência do Sistema de Abastecimento de Água de Juazeiro do Norte</u> | 3 |
| 1.3 METODOLOGIA..... | 3 |
| 2 ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS E O MEIO AMBIENTE | 4 |
| 3 ASPECTOS GEOAMBIENTAIS | 10 |
| 3.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA..... | 10 |
| 3.2 TEMPERATURA..... | 10 |
| 3.3 UMIDADE RELATIVA DO AR, EVAPORAÇÃO, INSOLAÇÃO, EVAPOTRANSPIRAÇÃO E EXCEDENTE HÍDRICO | 11 |
| 3.4 CLIMA | 12 |
| 3.5 GEOMORFOLOGIA | 13 |
| 3.6 SOLOS | 14 |
| 3.7 VEGETAÇÃO..... | 16 |
| 4 GEOLOGIA REGIONAL | 17 |
| 4.1 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS | 17 |
| 4.2 SEQUÊNCIA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO ARARIPE | 18 |
| 4.2.1 <u>Sequência Paleozóica</u> | 19 |
| 4.2.2 <u>Sequência Juro-Neocomiana (Mesozóico)</u> | 19 |
| 4.2.3 <u>Sequência Aptiano-Albiana</u> | 20 |
| 4.2.4 <u>Sequência Aptiano-Cenomaniana</u> | 22 |
| 4.2.5 <u>Sequência Tercio-Quaternária</u> | 22 |
| 5 GEOLOGIA ESTRUTURAL..... | 23 |
| 5.1 EVOLUÇÃO TECTÔNICA..... | 23 |
| 5.1.1 <u>Estágios Tectono-Sedimentares Mesozóicos</u> | 23 |
| 5.1.2 <u>Geologia Estrutural da Sub-Bacia do Cariri</u> | 24 |
| 6 GEOLOGIA NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CAGECE. | 26 |
| 7 HIDROGEOLOGIA NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CAGECE. | 29 |
| 7.1 SISTEMAS AQUÍFEROS | 29 |
| 7.1.1 <u>O Sistema Aquífero Inferior - SAI</u> | 29 |
| 7.1.2 <u>O Sistema Aquífero Médio - SAM</u> | 30 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7.1.3 | <u>Sistema Aquífero Superior</u> | 31 |
| 7.2 | RESERVAS HIDROGEOLÓGICAS..... | 32 |
| 7.3 | DEMANDAS HÍDRICAS NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE | 39 |
| 8 | VULNERABILIDADES DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE JUAZEIRO DO NORTE | 41 |
| 8.1 | VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS..... | 41 |
| 8.1.1 | <u>Características e Classificação da Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos</u> | 41 |
| 8.2 | CLASSIFICAÇÃO DOS AQUÍFEROS QUANTO À VULNERABILIDADE NATURAL EM JUAZEIRO DO NORTE | 43 |
| 8.3 | VULNERABILIDADE SECUNDÁRIA DAS CAPTAÇÕES DA CAGECE | 45 |
| 8.3.1 | <u>Vulnerabilidade Secundária do Sistema de Captação de Água Subterrânea em Juazeiro do Norte</u> | 47 |
| 9 | CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES | 53 |
| 10 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 55 |

ANEXOS

ANEXO 1 - REGISTRO FOTOGRÁFICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE JUAZEIRO DO NORTE

DESENHOS

DESENHO 6.1 MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

DESENHO 7.1 - MAPA DE FLUXO SUBTERRÂNEO REGIONAL E POTENCIOMÉTRICO

DESENHO 8.1 - MAPA DE VUNERABILIDADE NATURAL DOS AQUIFEROS MÉDIO E SUPERIOR

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|--------------|--|----|
| Figura 1.1 - | Mapa de Localização de Juazeiro do Norte na Microrregião do Cariri, no Sul do Estado do Ceará..... | 2 |
| Figura 3.1 - | Balanço Hídrico de Juazeiro do Norte | 12 |
| Figura 3.2 - | Unidades Geomorfológicas da Bacia do Araripe..... | 14 |
| Figura 3.3 - | Classes de Solo da Bacia do Araripe..... | 15 |
| Figura 4.1 - | Esboço Geológico da Bacia Sedimentar do Araripe | 17 |
| Figura 4.2 - | Coluna Estratigráfica da Bacia Sedimentar do Araripe | 18 |
| Figura 5.1 - | Arcabouço Estrutural da Bacia Sedimentar do Araripe | 23 |
| Figura 4.4 - | Seção Geológica da Sub-Bacia do Cariri | 25 |
| Figura 7.1 - | Abrangência do SAM na Região do Cariri Cearense..... | 31 |
| Figura 7.2 - | Superfície Potenciométrica na Área do Sistema Aquífero Médio | 35 |
| Figura 8.1 - | Parâmetros para Classificação da Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos..... | 42 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 7.1 - Principais Características dos Diferentes Sistemas Aquíferos Existentes na Bacia do Araripe | 32 |
| Quadro 7.2 - Demanda Hídrica em Juazeiro do Norte | 39 |
| Quadro 7.3 - Demanda Hídrica da População Urbana em Juazeiro do Norte | 39 |
| Quadro 7.4 - Demanda Hídrica da Pecuária em Juazeiro do Norte | 39 |
| Quadro 7.5 - Comparativo entre Demanda e Disponibilidade Hidrogeológicas do Aquífero Médio em Juazeiro do Norte | 40 |
| Quadro 8.1 - Classes de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos em Juazeiro do Norte - CE | 44 |
| Quadro 8.2 - Classificação da Vulnerabilidade Secundária | 46 |
| Quadro 8.3 - Índice de Vulnerabilidade Secundária das Unidades de Captação do Sistema de Abastecimento de Água de Juazeiro do Norte | 50 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|---------|---|
| AMCARI | - Avaliação Ambiental da Região do Cariri |
| AVI | - <i>Aquifer Vulnerability Index</i> |
| Cagece | - Companhia de Água e Esgoto do Ceará |
| CENTEC | - Instituto Centro de Ensino Tecnológico do Ceará |
| CEFET | - Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará |
| CONAMA | - Conselho Nacional de Meio Ambiente |
| CPRM | - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais |
| DNPM | - Departamento Nacional da Produção Mineral |
| DRASTIC | - D - depth to water R - recharge (net) A - aquifer media S - soil media T - topography (slope) I - impact of the vadose zone C - conductivity of the aquifer |
| EMBRAPA | - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| FALS | - Faculdade Leão Sampaio |
| FAP | - Faculdade Paraíso |
| FMJ | - Faculdade de Medicina de Juazeiro do Norte |
| FJN | - Faculdades Juazeiro do Norte |
| GEVJ | - Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe |
| GOD | - G - Groundwater occurrence O - Overall of lithology of aquifer D - Depth |
| HRS | - Hazard Ranking System |
| HESI | - Hospital Escola Santo Inácio |
| HRC | - Hospital Regional do Cariri |
| IBGE | - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IMPACT | - I - gradiente hidráulico M - distância P - população exposta A - aplicação C - concentração do poluente T - toxicidade do poluente |
| INMET | - Instituto Nacional de Meteorologia |
| IPLANCE | - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará |
| IPA | - Instituto Agrônomo de Pernambuco |
| IPECE | - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará |
| IVN | - Vulnerabilidade Natural do Aquífero |
| LSR | - Landfill Site Rating |
| N. E. | - Nível estático |
| OMS | - Organização Mundial da Saúde |
| PDAA | - Plano Diretor de Abastecimento de Água |

| | |
|---------|---|
| PE | - Pernambuco |
| PI | - Piauí |
| PIB | - Produto Interno Bruto |
| PSIC | - Pronto Socorro Infantil do Cariri |
| PT | - Poço Tubular |
| SAA | - Sistema de Abastecimento de Água |
| SAI | - <i>Surface Impoundment Assessment</i> |
| SINTACS | - Método derivado do DRASTIC |
| SUS | - Sistema Único de Saúde |
| SRH | - Secretaria dos Recursos Hídricos |
| SEM | - <i>Site Rating Methodology</i> |
| SRS | - <i>Site Ranking System</i> |
| UFC | - Universidade Federal do Ceará |
| URCA | - Universidade Regional do Cariri |
| UTI | - Unidade de Terapia Intensiva |
| UVA | - Universidade do Vale do Acaraú |
| VN | - Vulnerabilidade Natural |
| VS | - Vulnerabilidade Secundária |
| Waste | - <i>Soil-Site Interaction Matrix</i> |

1 ESTUDO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE JUAZEIRO DO NORTE

1.1 INTRODUÇÃO

O presente estudo objetivou identificar e analisar parâmetros e aspectos técnicos que caracterizassem as atuais vulnerabilidades ambientais de ordem natural ou antrópica, na área de influência do Sistema de Abastecimento de Água de Juazeiro do Norte, onde a fonte de suprimento é o Aquífero Médio da Bacia Sedimentar do Araripe.

O estudo teve seu desenvolvimento a partir de uma avaliação de informações e dados identificados em vasta bibliografia, em campo e junto aos órgãos locais da administração municipal e da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece, operadora e gestora do sistema de abastecimento de água.

Tendo em vista a peculiaridade local, focou-se o trabalho nas áreas de captação (Poços Tubulares/infraestrutura) e no Sistema Aquífero Médio, que é composto pelas formações aquíferas do Grupo Vale do Cariri, Missão Velha e Abaiara, e do Grupo Araripe, Rio da Batateira.

A Cagece, órgão responsável pela operação e gestão deste sistema de abastecimento, tem como objetivo primordial a distribuição de água tratada através da exploração sustentável desse manancial subterrâneo.

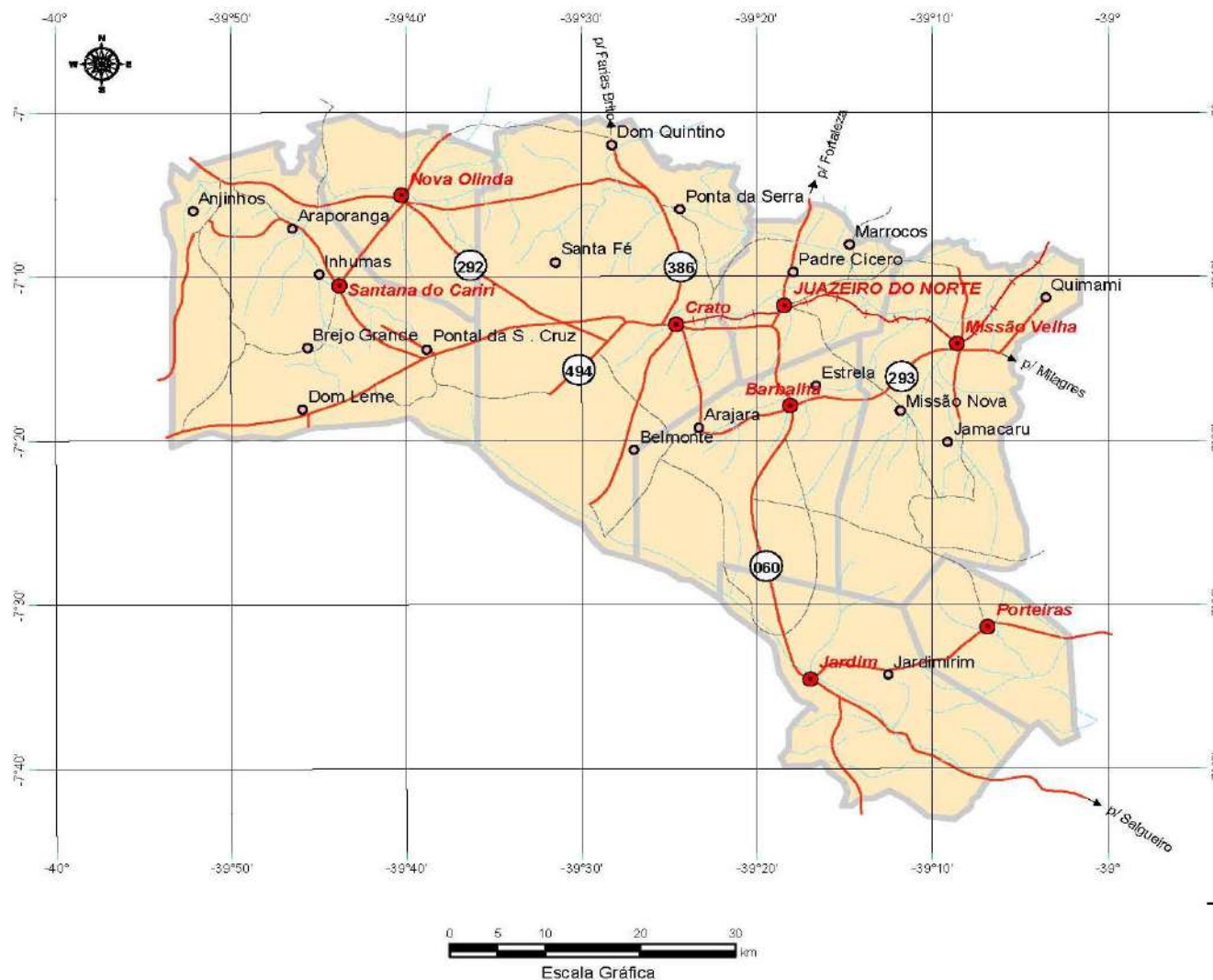
Portanto, as informações aqui contidas formam uma base hidrogeológica técnica para orientar ações no PDAA de Juazeiro do Norte, haja vista as grandes demandas, atuais e futuras, que se colocam para esta importante região do Estado do Ceará.

1.2 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

1.2.1 Localização Geográfica do Município de Juazeiro do Norte

O município de Juazeiro do Norte localiza-se na microrregião geográfica 32-Cariri, no extremo sul do estado do Ceará e faz divisas com os municípios de Crato (a oeste), Barbalha (a sul), Missão Velha (a leste) e Caririáçu (a norte), conforme **Figura 1.1**.

Compreende uma área de aproximadamente 250 km² e dista da capital Fortaleza, cerca de 550 km. O acesso ao Município pode ser feito por via terrestre pela BR-116 até o município de Milagres, e daí pela CE-393. Outra opção de acesso é a rodovia estadual CE-060 (BR-122), passando por Quixadá, Quixeramobim, Iguatu, Várzea Alegre e Farias Brito. Através de estradas asfaltadas e/ou carroçáveis atingem-se demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas do Município, os quais se encontram interligados e com franco acesso durante todo o ano.



A MICRORREGIÃO DO CARIRI NO ESTADO DO CEARÁ

Legenda

- Vila
- Cidade
- Rios
- Rodovias
- Outras Estradas
- Ferrovia
- Limite Municipal

Figura 1.1 - Mapa de Localização de Juazeiro do Norte na Microrregião do Cariri, no Sul do Estado do Ceará

1.2.2 Área de Abrangência do Sistema de Abastecimento de Água de Juazeiro do Norte

O Sistema de Abastecimento de Água - SAA operado pela Cagece no município de Juazeiro do Norte está atualmente composto por 43 (quarenta e três) poços, distribuídos na zona urbana, compreendendo uma área total de aproximadamente 7.391 hectares.

Essa área abrange basicamente o núcleo urbano da cidade, com a zona central e os bairros que o complementam, se desenvolvendo para sul, leste e oeste. Ao norte, o núcleo urbano é limitado pelas áreas de preservação ao longo do rio Salgadinho, ao sul e oeste pelos limites físicos da divisa com os municípios de Barbalha e Crato, respectivamente, e a leste pelas áreas de preservação do riacho Brejo Seco.

Ao norte, o SAA se expande, havendo localidades situadas próximas a área urbana que também fazem parte da área de abrangência, como Pau Seco, Logradouro, Popó, Catolé, Planalto e Horto.

Por fim, tem-se, um pouco mais distante, o distrito de Padre Cícero, também conhecido como Palmeirinha, que também é atendido por unidades do sistema de abastecimento de água da Cagece.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia empregada no desenvolvimento do trabalho obedeceu a um planejamento em etapas, cuja sequência parte da obtenção da base cartográfica, visando à elaboração do mapeamento da área de estudo e o reconhecimento da área de influência do SAA. As etapas foram:

- Pesquisa bibliográfica: leitura de textos sobre o assunto, coleta de informações técnicas, catalogação de dados dos poços tubulares, testes de bombeamento e análises físico-químicas e bacteriológicas;
- Visitas de campo para conhecimento e registros dos aspectos ambientais afins com o objetivo do trabalho;
- Interpretação e avaliação dos dados; montagem de mapas com dados hidrogeológicos; elaboração de zoneamento de vulnerabilidade ambiental do sistema de abastecimento.
- Elaboração do texto final.

Após a compilação dos dados iniciais, realizaram-se inspeções de campo com o intuito de confirmar as informações catalogadas e de proporcionar à equipe técnica da Cagece um nível adequado de conhecimento de todo o sistema.

O conhecimento regional se faz bastante necessário, visto que oferece condições para que se elabore uma análise crítica ampla e consistente, abordando-se aspectos referentes às unidades operacionais e suas condições, face ao ambiente e área de influência.

2 ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS E O MEIO AMBIENTE

A área em estudo, pertencente ao município de Juazeiro do Norte está localizada na Macrorregião do Cariri que compreende também os municípios de Barbalha, Crato, Jardim, Porteiras, Missão Velha, Abaiara, Brejo Santo, Jati, Mauriti, Milagres e Penaforte.

No último Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, em 2000, foram constatadas, para esses municípios, uma população da ordem de 570 mil habitantes, com uma estimativa de crescimento anual com taxas de cerca de 2%. Dentro desse quadro, observa-se a maior concentração da população nas cidades de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, totalizando mais de 360 mil habitantes (IBGE, 2000), correspondendo a 63,9% da população residente.

Esse aglomerado urbano se encontra a uma distância média de aproximadamente 700 km das capitais nordestinas. Essa posição é estratégica e o transforma num importante pólo comercial do Nordeste, com fácil acesso a um mercado de mais de 40 milhões de consumidores (Banco do Nordeste, 1999), numa região onde se verificam médias e regulares atividades industriais, agropecuárias, comerciais e turísticas.

Nas zonas em que foi subdividido o território caririense, a exploração e ocupação antrópica ordenadas são pouco relevantes e pouco incentivadas, fazendo com que as periferias dos núcleos urbanos venham a ser ocupadas, de maneira geral, desordenadamente, no tocante aos aspectos geoambientais.

Nas áreas mais afastadas das sedes municipais, embora existam bons potenciais e bases para ocupação antrópica, ocorrem apenas pequenas ocupações subdesenvolvidas e áreas com pequenas pastagens e plantações dispersas. Nos últimos anos, a agricultura familiar tem recebido alguns incentivos governamentais, elevando a qualidade de vida em alguns assentamentos da região.

Conforme dados demográficos mais recentes (IBGE, Prefeitura e Estado), o município de Juazeiro do Norte possui uma população em torno de 246,5 mil habitantes (3,0% do Ceará), sendo que 95,33% residem na sede municipal.

Cerca de 39% desta população está entre a faixa etária de 20 a 50 anos. A densidade demográfica é de 904 hab/km². A taxa de analfabetismo é da ordem de 24,95% da população com idade acima de 15 anos.

Juazeiro do Norte apresenta o 41º Produto Interno Bruto - PIB do Nordeste, cerca de 719 milhões de Reais anuais, mas a riqueza produzida é bem maior, tendo visto que a principal atividade econômica do município é o comércio informal (artesanato) e este não entra na contagem do PIB. A renda per capita é da ordem de R\$ 3.100,00.

A cobertura da rede de abastecimento de água é da ordem de 90,37% na área urbana.

O sistema de rede de esgoto atende a cerca de 34,5% da população urbana, muito abaixo das médias no Ceará (44%) e no Brasil (70%). A coleta de lixo atinge a cerca de 93% da população.

A situação do esgotamento sanitário em Juazeiro do Norte se agrava pelo fato de inúmeros comércios e indústrias lançarem seus esgotos não tratados, diretamente nas drenagens naturais

da cidade, sobretudo nos riachos Salgadinho e dos Macacos, contribuindo diretamente para poluição dos aquíferos locais.

Pecuária - Na pecuária extensiva destaca-se a criação de bovinos, ovinos, caprinos, e suínos, além de criatórios de aves. De acordo com o IBGE, (2007), a população pecuária é da ordem de 115 mil animais em Juazeiro do Norte. A piscicultura é uma atividade encontrada no açude Manoel Balbino.

Agricultura - Essa atividade econômica está voltada para as culturas de feijão, milho, mandioca e arroz. Destaca-se também a produção de cana-de-açúcar, algodão, banana, abacate, hortaliças e frutas diversas.

Levantamento realizado pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - Cogerh, (2008), através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, permitiu identificar áreas irrigadas com a exploração do aquífero médio da ordem de 127 hectares, afora a área plantada com cana-de-açúcar.

O extrativismo vegetal sobressai com a fabricação de carvão vegetal, sendo a extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas, atividades bastante lucrativas.

Juazeiro do Norte é um município com pequena extensão territorial, inexistindo a presença de grandes propriedades rurais. Suas terras são férteis e se aproveitam da irrigação através do rio Carás, perenizado a partir do açude Thomás Osterne em Crato, e rio Salgadinho. Deste último, pouco se aproveita, pois grande parcela da água dos esgotos da cidade são drenadas para seu interior.

Conta com vários minifúndios, destacando-se um grande número de chácaras com árvores frutíferas ao redor da cidade. Porém, a exploração econômica é nestes imóveis secundária, sendo o interesse predominante e o lazer e a atividade residencial.

Indústria - O setor secundário participa com cerca de 30% do PIB local. Existe uma política de atração de investimentos formando parcerias entre estado, município e empresários, com vários benefícios concedidos, como doação de terrenos, preferencialmente no Distrito Industrial, próximo às divisas com os municípios de Crato e Barbalha, e no mini-distrito Industrial, localizado no Bairro Campo Alegre, como também incentivos fiscais. Destacam-se os seguintes ramos:

- **Calçadista:** Maior pólo calçadista do Norte/Nordeste e terceiro do país, as várias indústrias do setor já atraíram outros segmentos da mesma cadeia produtiva, barateando custos com importações de outras partes;
- **Têxtil:** Dezenas de empresas desse ramo se instalaram na cidade nos últimos anos e já ocupam boa parte do mercado regional;
- **Folheados:** Produzem joias e semijoias de alta qualidade que são exportadas;
- **Artesanato:** O artesanato é uma das maiores atividades de Juazeiro. Faz-se imagens do Padre Cícero em diversos tamanhos, desde miniaturas até o tamanho natural; existem muitos artesãos que comercializam seus produtos, inclusive para o exterior; o Centro de Arte Mestre Noza, encontra-se em fase de construção a Ceart Cariri, que irá permitir um maior incremento neste setor;
- **Bebidas:** Existe uma única empresa de bebidas na cidade, o Grupo São Geraldo, porém seus refrigerantes e sua água mineral são bastante apreciados na região Nordeste;
- **Máquinas:** Juazeiro possui uma fábrica da empresa Singer desde 1997;

- **Construção civil:** Impulsionado pelo desenvolvimento como pólo universitário, a especulação imobiliária exerceu forte pressão neste segmento, promovendo lançamentos de condomínios horizontais e verticais;
- **Metalurgia:** Algumas indústrias metalúrgicas encontram-se instaladas na cidade, com produção predominantemente voltada para abastecer a construção civil.

Ao todo, são cerca de 658 indústrias registradas em Juazeiro do Norte. As que proporcionalmente apresentam risco de poluição ou degradação ambiental mais elevados estão associadas à indústria do couro, borracha, química, metalurgia e de folheados (aqui especificamente a galvanoplastia).

A galvanoplastia, processo eletrolítico que consiste em recobrir um metal com outro, é uma das técnicas de produção industrial que mais utiliza o cádmio (entre 45% e 60% da quantidade produzida por ano). As matérias-primas empregadas nos processos galvanotécnicos resultam, com poucas exceções, em resíduos extremamente venenosos para os seres vivos.

Comércio e Serviços - Principal setor da economia juazeirense, respondendo por 69,6% do PIB municipal (dados do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE). Os principais pontos comerciais são o centro da cidade, Cariri Shopping, bairro Pirajá e bairro Pio XII. Destaca-se tanto no varejo quanto no atacado, atraindo compradores de municípios e estados vizinhos, devido à sua condição de centro regional.

Somam-se a estas atividades, os serviços privados e públicos e de turismo, influenciando diretamente na operação dos SAAs Juazeiro do Norte e Barbalha.

Grande importância têm os postos e o comércio de combustíveis em se tratando de potencial poluidor dos mananciais subterrâneos de água.

Segundo levantamento junto às prefeituras locais existem 44 postos de serviços de abastecimento, armazenando aproximadamente 3 milhões de litros de combustível, com predominância de óleo diesel, seguido da gasolina e do álcool. Existe também um terminal de Petróleo Brasileiro S.A - PETROBRÁS localizado no município de Juazeiro do Norte.

A presença dos postos de combustíveis, principalmente nos centros urbanos, representa um elevado índice de risco de geração de carga poluidora às águas subterrâneas (Veríssimo *et al*, im CPRM/UFC, 2007).

O problema de poluição das águas subterrâneas a partir de vazamentos e rupturas de tanques de armazenamento vem sendo discutido há mais de vinte anos pelos países do primeiro mundo. OLIVEIRA (1992, *apud* CAVALCANTE, 1998) afirma que as experiências em diferentes países têm mostrado que os tanques subterrâneos, sem proteção catódica e que armazenam hidrocarbonetos, apresentam vazamentos aos 20 anos de vida útil.

A disposição dos resíduos sólidos gerados pela atividade antrópica e industrial (lixo), tanto pode gerar fonte de energia quanto substâncias prejudiciais à saúde e poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. O lixo é formado de uma massa heterogênea, variando em função da comunidade que o produz, classificando como doméstico, comercial, industrial, público, hospitalar e radioativo.

O principal poluidor produzido pelo lixo é o chorume. É um líquido escuro gerado pela degradação dos resíduos em aterros sanitários ou lixões, originado da umidade natural do lixo, da água de constituição da matéria orgânica e das bactérias em decomposição. A disposição dos resíduos sólidos nos municípios que compõem a área de estudo ocorre em terrenos baldios e em áreas marginais da sede municipal.

Segundo HIRATA *et al* (1997), os estudos de poluição das águas subterrâneas já realizados tem mostrado que todos os lixões pesquisados provocam algum tipo de poluição das águas subterrâneas. Assim, é de se esperar que esses lixões possam estar alterando a qualidade da águas.

Na caracterização dessa carga poluidora no subsolo deve ser avaliada a quantidade do lixiviado, sua composição (origem), o local de despejo, a topografia da área, a precipitação e o escoamento superficial” (Veríssimo *et al*, in CPRM/UFC, 2007).

As lagoas de estabilização são reservatórios superficiais que servem para receber e armazenar temporariamente os resíduos líquidos constituídos de esgotos domésticos e industriais. Os resíduos químicos são tratados e permanecem durante um período que varia entre 1 e 100 dias. Posteriormente esses resíduos são lançados na rede de drenagem, deixados no solo para infiltração ou evaporação na atmosfera.

A maioria das lagoas tem uma base constituída de materiais naturais, impermeabilizantes, entretanto essas condições permitem uma infiltração equivalente a 10–20 mm/d, sendo as lagoas de estabilização as mais frequentes causas de contaminação das águas subterrâneas (MILLER & SCALF, 1974 *apud* FOSTER & HIRATA, 1993).

Na área de trabalho existem lagoas de estabilização, localizadas nas cidades de Juazeiro do Norte e Barbalha, onde os efluentes, após tratamento convencional, são lançados nos riachos próximos que drenam os municípios (Veríssimo *et al*, in CPRM/UFC, 2007).

Os primeiros estudos relativos aos impactos ambientais causados por cemitérios nas águas subterrâneas datam da década de 50 feitos por MULDER na cidade de Berlim, capital da Alemanha. (1954, *apud* MARINHO, 1998).

Segundo PACHECO *et al.*, (1988), o risco potencial de contaminação das águas subterrâneas por microorganismos que proliferam durante a decomposição dos cadáveres e elementos químicos diversos, constitui-se em um dos impactos ambientais mais importantes, e cita ainda, que os microorganismos mais suscetíveis a transmitir doenças via meio hídrico são *Clostridium* (tétano, gangrena gasosa, toxi-infecção alimentar), *Mycobacterium* (tuberculose), as *enterobactérias Salmonella typhi* (febre tifóide), *Salmonella paratyphi* (febre paratifóide), *Shigella* (disenteria bacilar) e o vírus da hepatite.

Nos municípios que compõem a área de estudo, existem 10 cemitérios, situados sobre a unidade hidroestratigráfica que engloba as formações Rio da Batateira, Brejo Santo e Mauriti.

A exploração de água subterrânea por poços tubulares e cacimbas dentro de cemitérios é efetiva. O resultado de análise bacteriológica da água de um poço localizado no cemitério Parque das Flores na cidade de Juazeiro do Norte identificou a presença de bactérias do tipo *Klebsiella Sp* (MPN - 453,2/100 mL), agente causador de pneumonia” (Veríssimo *et al*, in CPRM/UFC, 2007).

Turismo - Naturalmente o ramo que se destaca é o do turismo religioso. Porém, há um plano integrado de turismo entre várias cidades da região do Cariri, destacando-se também os fósseis, as belezas naturais da Chapada do Araripe, a cultura e a História do Cariri. Juazeiro do Norte, por ser a maior cidade da região e ter a melhor infraestrutura, é a preferida dos turistas como base.

Um dado que comprova o crescimento da região é o fato de que o Aeroporto Regional do Cariri, situado em Juazeiro do Norte, ter registrado o maior crescimento percentual do Brasil em 2006 (INFRAERO, 2006), e está em fase de ampliação.

Infraestrutura - Está localizada em Juazeiro do Norte a primeira escola normal rural do Brasil, o Centro Educacional Professor Moreira de Sousa, inaugurado em 13 de junho de 1934.

Juazeiro do Norte possui também escolas particulares que são referência em toda a região. O triângulo Crajubar representa um crescente pólo universitário da região Nordeste. As instituições de ensino superior com centros em Juazeiro são:

- Universidade Federal do Ceará – UFC;
- Universidade Regional do Cariri – URCA;
- Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFET;
- Instituto Centro de Ensino Tecnológico do Ceará – CENTEC;
- Faculdade de Medicina de Juazeiro do Norte – FMJ;
- Faculdade Leão Sampaio – FALS;
- Faculdade Paraíso do Ceará – FAP;
- Faculdade Juazeiro do Norte – FJN;
- Universidade Vale do Acaraú – UVA.

Juazeiro do Norte possui uma boa rede de hospitais e clínicas, com investimentos tanto do setor público como de caráter particular, que funcionam como rede complementar. Durante o período chuvoso, costumam ocorrer surtos de doenças tropicais, principalmente dengue e calazar. Devido ao sol forte, a cidade apresenta alto índice de câncer de pele.

A atenção básica conta com uma rede de postos de saúde ainda em formação mas já com uma boa cobertura. Este segmento conta com o Programa de Saúde da Família, estratégia nacional que visa o acompanhamento longitudinal de famílias em um dado território.

A rede de assistência hospitalar foi dirigida durante muitos anos por hospitais particulares conveniados ao Sistema Único de Saúde - SUS. O passo inicial para a formação da rede hospitalar municipal própria foi a construção do Pronto Socorro Municipal, onde hoje funciona o Hospital Tasso Jereissati, responsável pelo atendimento de urgência a adultos.

Em seguida, houve a municipalização do Hospital São Lucas, hoje voltado para a saúde materno-infantil, sendo referência na áreas de pediatria e toco-ginecologia, possuindo uma UTI Neonatal. Em 2009, houve a intervenção municipal no Hospital Escola Santo Inácio - HESI, atualmente responsável pelos atendimentos de urgência nas áreas de cirurgia geral e traumatologia, onde há uma enfermaria de clínica médica e uma Unidade de Terapia Intensiva - UTI para adultos, e no Pronto Socorro Infantil do Cariri -PSIC.

O Governo do Estado do Ceará está construindo em Juazeiro o Hospital Regional do Cariri - HRC. A previsão de funcionamento é a partir de 2010 e a estimativa é de que a unidade

cobrirá uma demanda para os próximos 20 anos. O HRC terá uma área de abrangência de 150 km, em média, o que servirá para desafogar os hospitais de Fortaleza, que atualmente recebem pacientes de todo o estado. Serão construídos cerca de 160 leitos, inclusive aumentando os de UTI, uma carência nos maiores hospitais do Cariri. O hospital vai contemplar as especialidades na área de urgência clínica e cirúrgica, um centro de atendimento para casos de envenenamento, doenças transmissíveis, traumas e unidade de queimados. Atuará com unidade reguladora e atenderá a estudantes da saúde, como centro de formação.

Existem, ainda, hospitais e clínicas particulares especializadas, como o Hospital das Clínicas e Fraturas do Cariri, a clínica Hospitalar São José e a Pró-clínica Santa Maria.

Com o desenvolvimento do centro universitário, sobretudo os cursos na área de saúde, alguns hospitais tornaram-se hospitais escolas, possuindo programas de residência Médica.

Existe um número considerável de favelas no município, algumas delas ocupando áreas de risco como por exemplo a Boca das Cobras, na beira do rio Salgadinho, e a Favela do Horto, localizado na serra de mesmo nome.

Juazeiro do Norte enfrenta problemas importantes de infraestrutura, resultantes do rápido crescimento urbano não acompanhado pela implementação de melhorias na mesma velocidade. Tem-se como consequência a diminuição da competitividade com outros centros. Algumas áreas da cidade são propensas a inundações como os bairros Timbaúbas, Limoeiro, Pio XII, Planalto e Pirajá.

Não existe uma política clara com relação ao Plano Diretor, voltado a ações estratégicas e planejadas de crescimento. Há uma valorização das áreas em direção aos municípios em conurbação, em detrimento de outras áreas de natureza predominantemente rural, sem acesso asfaltado, e sem maiores perspectivas de crescimento econômico, a exemplo do Distrito de Marrocos.

A serra do Horto, onde se localiza a estátua do Padre Cícero, está bastante degradada em virtude do desmatamento e de construções irregulares no entorno da estrada que dá acesso à estátua.

3 ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

3.1 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

No geral, o Estado do Ceará apresenta um regime pluviométrico do tipo tropical, refletido pela ação conjugada dos sistemas de circulação e dos aspectos geográficos, e caracterizado pela marcante irregularidade das chuvas no tempo e no espaço.

No tempo, pela concentração das chuvas num curto intervalo, caracterizando a existência de dois períodos distintos: um chuvoso e outro seco e no espaço, pela irregular distribuição das chuvas de um ano para o outro em áreas diferentes e, sobretudo, num mesmo ano e numa mesma área.

A região norte-oriental, correspondente ao Cariri cearense, é marcada por precipitações mais acentuadas do que a região sul-ocidental de Araripina a Ouricuri em Pernambuco.

Com efeito, os postos pluviométricos de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte, alguns deles com período de observação de até 74 anos, acusaram uma precipitação média anual da ordem de 1.033 mm; para toda a região do Cariri a média é de 925,1 mm/ano. Enquanto isso, a região sul-ocidental apresenta uma média anual da ordem de 720 mm, ficando 50% dos postos entre 600 e 700 mm, sendo até mesmo inferior a 600 mm/ano nos postos de Ouricuri e Granito.

Quanto à distribuição da precipitação durante o ano, o mês de março com média de 234 mm representa o máximo mensal, enquanto o mês de outubro, com apenas 2,5 mm, constitui o menor índice de precipitação mensal. Constata-se ainda que o período de janeiro a abril totaliza 810,7 mm, enquanto no período de maio a dezembro precipita apenas 190,7 mm, ou seja, 80% da precipitação ocorre em apenas quatro meses do ano.

3.2 TEMPERATURA

O regime térmico no estado do Ceará caracteriza-se pela acentuada estabilidade, retratada nas reduzidas amplitudes térmicas. Isto ocorre em função da incidência praticamente vertical dos raios solares durante o ano, o que estabiliza a temperatura e impede a diferenciação térmica das estações.

A temperatura média anual varia muito pouco ao longo da Bacia do Araripe, ficando entre 24 e 26°C, com mínima de inverno (julho) entre 21 e 23°C, e máxima de verão (janeiro) entre 25 e 27°C.

A variação mensal também apresenta uma baixa amplitude térmica, variando de 23,8°C em junho/julho até 26,8°C em novembro. Na Estação do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA em Araripina, a temperatura média mensal varia entre 20,2°C em julho e 24,3°C em outubro.

As temperaturas médias anuais na região de estudo são muito pouco variáveis (entre 24 e 26°C). Juazeiro do Norte, com média anual de 25,4°C, tem o mês de julho como o mais frio, 23,5°C, e o mês de novembro como o mais quente, 27,4°C (IPLANCE, 1997).

3.3 UMIDADE RELATIVA DO AR, EVAPORAÇÃO, INSOLAÇÃO, EVAPOTRANSPIRAÇÃO E EXCEDENTE HÍDRICO

De acordo com os dados da estação meteorológica de Juazeiro do Norte, a umidade relativa do ar oscila de 50%, em outubro, a 80%, em março, com média anual de 63,8%; a evaporação, nesta mesma estação, registra um valor anual da ordem de 2.288 mm, com máxima em setembro, 292,8 mm e mínima em abril, 100,5 mm (VERISSÍMO, 1999).

Segundo COSTA (1998), os níveis de insolação na região do Cariri são elevados, com o valor total anual de 2.848 horas. A média mais elevada ocorre em setembro, com 276,4 horas de insolação, e a média mais baixa ocorre em fevereiro, com 191,9 horas de insolação.

Segundo o IPLANCE (1997), a evapotranspiração potencial apresenta valores elevados no município de Juazeiro do Norte, atingindo um potencial da ordem de 1.450 mm por ano. A evapotranspiração real, em Juazeiro do Norte apresenta um índice médio mais elevado, em torno de 946 mm/ano. De uma maneira geral, observa-se que no período de setembro a dezembro registram-se os maiores valores mensais de evapotranspiração potencial, ao passo que no período de fevereiro a maio ocorrem os maiores valores mensais de evapotranspiração real.

O excedente hídrico representa a quantidade de água precipitada não absorvida pelo solo e não evapotranspirada, incorporando-se à rede de drenagem superficial e subsuperficial.

Na área em questão, o excesso hídrico reflete a influência da proximidade da chapada do Araripe, onde as estações situadas na borda da chapada apresentam excedentes superiores a 200 mm/ano. Em Juazeiro do Norte foi registrado um excedente de 243 mm anuais (COGERH, 2002).

Conceitualmente, a deficiência hídrica corresponde à quantidade de água que falta ao pleno desenvolvimento e crescimento da planta. Neste sentido, na região em questão, registram-se no período de junho a janeiro deficiências hídricas situadas numa faixa de 500 a 700 mm. Juazeiro do Norte apresenta uma deficiência hídrica de cerca de 507 mm anuais (COSTA, 1998), conforme se pode observar na **Figura 3.1**.



Figura 3.1 - Balanço Hídrico de Juazeiro do Norte

3.4 CLIMA

No estado do Ceará a circulação atmosférica é regida basicamente por três sistemas sinóticos geradores de precipitação:

- As Frentes Frias, com sua formação original no pólo Sul;
- A Zona de Convergência Intertropical, que oscila dentro da faixa de trópicos;
- Um Centro de Vorticidade Ciclônica, com tempo de atuação variável dentro do período de chuvas.

Além desses, outros sistemas de menor escala atuam na região (SRH, 1992). A Zona de Convergência Intertropical é o sistema de maior importância, pelos seus constantes deslocamentos nos dois hemisférios que atuam no nordeste provocando chuvas.

Baseado nos índices hídricos expostos acima, a região do Cariri foi classificada como sendo de clima seco subúmido. Esta classificação é sustentada, principalmente, pela ação da chapada que funciona como um barlavento, intensificando o efeito orográfico e aumentando o índice de precipitação na região (COGERH, 2001).

Localmente ocorrem influências de fatores pontuais como a penetração dos ventos úmidos e altitude, associados ao índice hídrico. Dessa forma, o clima de Juazeiro do Norte se classifica como clima seco subúmido.

3.5 GEOMORFOLOGIA

Geomorfologicamente podem ser identificadas três zonas distintas na bacia do Araripe, cada uma delas mostrando características peculiares do ponto de vista de litologia, relevo, clima, hidrografia e vegetação, perceptíveis na região norte oriental da Bacia, que compreende o Vale do Cariri (**Figura 3.2**), o qual inclui os municípios de Juazeiro do Norte, Barbalha, Crato, Missão Velha, Abaiara, Milagres, Mauriti, Jardim, Porteiras e Brejo Santo.

A **Zona de Chapada** ou Chapada do Araripe, como é mais conhecida, é constituída pelos arenitos da Formação Exu e apresenta relevo tabular quase plano, formando uma extensa “mesa” limitada em quase toda sua extensão por escarpas abruptas, de contornos irregulares e desníveis consideráveis, que chegam a ultrapassar 300 m. Dois segmentos podem ser individualizados nesta zona: o primeiro, localizado nos limites dos estados de Pernambuco e Ceará, se estende na direção E-W, cobrindo uma superfície com aproximadamente 180 km de comprimento e largura variável entre 30 e 50 km, constituindo o divisor de água das bacias hidrográficas dos rios São Francisco ao sul e Jaguaribe ao norte.

Na porção mais ocidental da bacia, nos limites dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, esta zona sofre uma inflexão de noventa graus e se estende na direção N-S, por cerca de 60 km com largura média de 20 km, constituindo-se, assim, o outro segmento que funciona como o divisor de águas das bacias hidrográficas dos rios São Francisco, a leste e Parnaíba a oeste.

As altitudes da Chapada, no primeiro segmento, decrescem no sentido E-W, atingindo elevação máxima (1.000 m) e mínima (700 m) ao norte de Porteiras (CE) e nas imediações de Araripina (PE) respectivamente. A partir de Araripina, em direção ao oeste, a altitude vai aumentando gradativamente chegando a atingir a cota máxima de 760 m.

A ausência quase total de drenagem no topo da Chapada está diretamente relacionada às características do solo que a recobre, pois sendo o mesmo oriundo de arenitos, apresenta-se bastante uniforme, essencialmente arenoso, poroso e permeável, não oferecendo, portanto, quaisquer condições para o desenvolvimento de uma boa rede de drenagem. A vegetação nativa é uniforme, densa e de médio a grande porte.

A **Zona de Talude** que bordeja o sopé da chapada inclui, geologicamente, unidades litológicas das Formações Arajara (siltitos e arenitos argilosos e/ou caulínicos) e Santana (margas, folhelhos e calcários, contendo níveis intercalados de gipsita). O solo, de baixa acidez, derivado desta associação litológica, é espesso, pouco permeável e bastante fértil, desenvolvendo-se nele uma drenagem relativamente densa e ramificada. No contato entre as Formações Exu (na base da escarpa) e Arajara e no âmbito desta última formação existem centenas de exutórios naturais de água (fontes), que poderiam e deveriam ser melhor aproveitados para irrigação e/ou abastecimento d'água dos municípios localizados ao sopé da Chapada. No entanto, o que se observa é a sua exploração como fonte de lazer e atração turística, haja vista os hotéis, balneários e clubes de campo existentes na região. A abundância de água e a fertilidade do solo são os fatores responsáveis pelo desenvolvimento da vegetação exuberante exibida por esta feição fisiográfica.

A **Zona de Pediplano**, bem representada na porção cearense da Bacia, constitui uma vasta depressão da ordem de 1.500 km², emoldurada ao sul pelas falésias escarpadas da Chapada do Araripe e, ao norte e nordeste, pelas cuestas dos arenitos siluro-devonianos da Formação Mauriti, (Ponte, 1991).

A sua área de domínio se desenvolve desde a região do Crato - Juazeiro do Norte - Barbalha - Missão Velha, até os municípios de Abaiara, Milagres e Mauriti a leste, e Brejo Santo, Porteiras e Jardim ao sul, mostrando uma topografia, com altitude média em torno de 400 m, caracterizada por morros alongados entremeados por vales amplos de fundo plano. Uma exceção a este comportamento topográfico é a Serra da Mãozinha com altitude máxima entre 800 e 900 m, que nada mais é que uma “saliência testemunho”, no âmbito da Zona de Pediplano, das zonas de Chapada e Talude, descritas anteriormente.

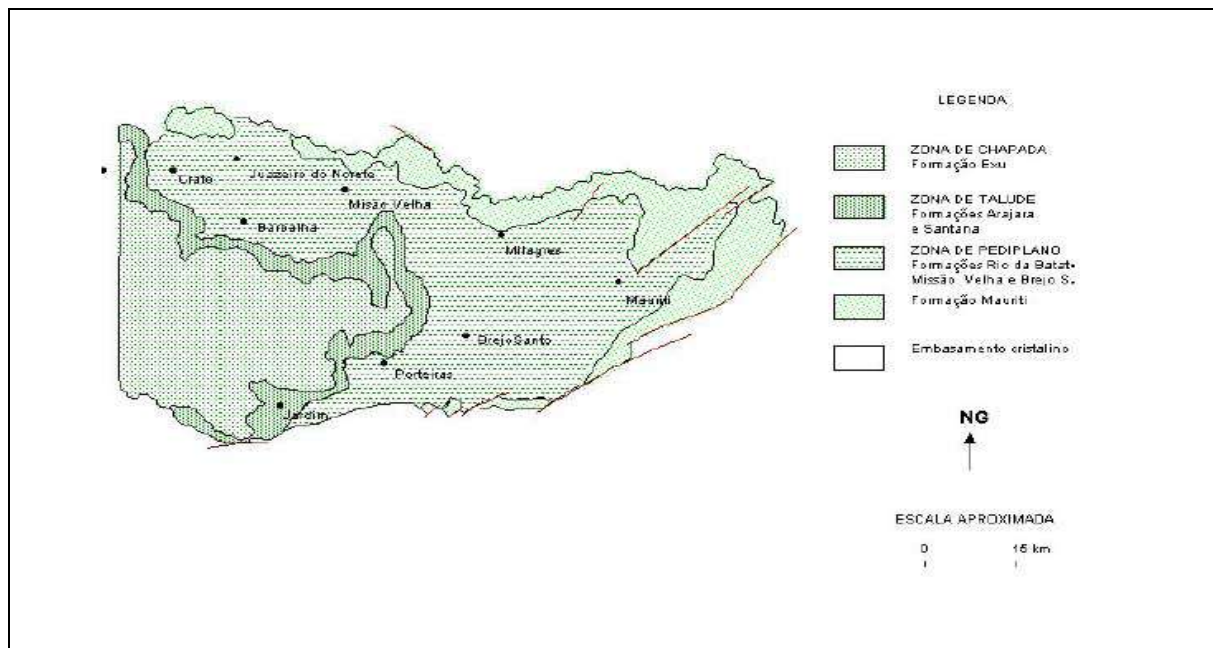


Figura 3.2 - Unidades Geomorfológicas da Bacia do Araripe

3.6 SOLOS

Os solos atuam frequentemente como um “filtro”, tendo a capacidade de depuração e imobilizando grande parte das impurezas neles depositadas. No entanto, isso é limitado, podendo ocorrer alteração da qualidade do solo devido ao efeito cumulativo da deposição de poluentes atmosféricos, à aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes e à disposição de resíduos sólidos industriais, urbanos, materiais tóxicos e radioativos (MOREIRA NODERMANN, 1987).

O solo é uma mistura das fases sólida, líquida e gasosa presentes em uma matriz. Suas características dependem da rocha de origem e outros parâmetros, tais como organismos vivos e fatores climáticos que dão, com o tempo, características específicas a cada tipo de solo.

Os municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha estão localizados predominantemente em terrenos sedimentares, fazendo com que as áreas favoráveis à exploração agrícola sejam relativamente significativas. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA são identificadas as seguintes classes de solos na área (**Figura 3.3**):

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| a) Latossolo vermelho-amarelo álico; | d) Areias quartzosas; |
| b) Podzol vermelho-amarelo eutrófico; | e) Vertissolos; |
| c) Regossolos; | f) Solos aluviais. |

Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LV) - Solos desenvolvidos em arenitos da Formação Exu (Chapada do Araripe), com altos valores de saturação em alumínio trocável, sendo, portanto, necessário para o uso agrícola, a adição de calcário (calagem), com o objetivo de reduzir os efeitos do alumínio nas culturas.

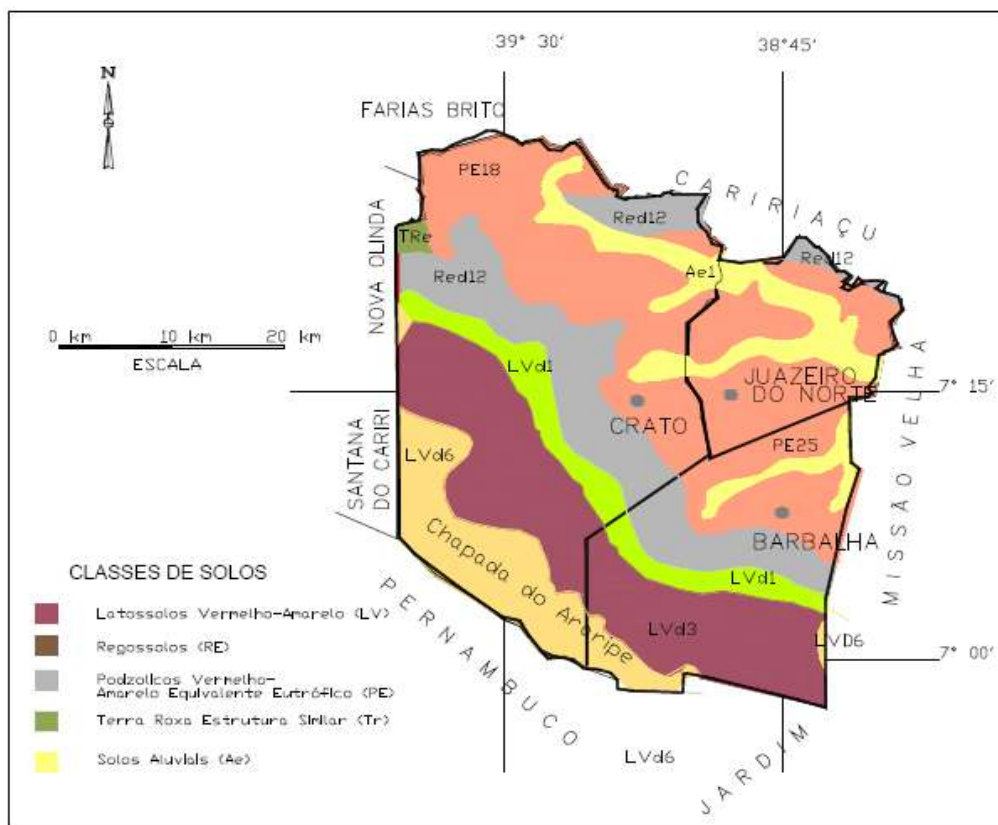
Observa-se na **Figura 3.3** uma subdivisão dos latossolos em LVd6, LVd3 e LVd1, sendo desenvolvidos, respectivamente nas formações Exu e Santana (fácies argilo-síltica e carbonática), ocorrendo nos interflúvios planos da vertente da Chapada do Araripe.

Podzol Vermelho-Amarelo-Eutrófico (PE) - Representam solos minerais não hidromórficos dominados pelas argilas. Possuem sequência de horizontes A, Bt e C, bem diferenciados e normalmente profundos. Possuem relevo suave ondulado formado a partir dos arenitos da Formação Missão Velha. Nas médias e baixas vertentes da Chapada do Araripe ocorrem solos medianamente profundos, bem drenados, de textura argilosa/média e de média a alta fertilidade natural.

Regossolos (RE) - Solos formados pelo intemperismo da Formação Rio da Batateira (arenitos entremeados com fácies pelíticas). Possuem relevo forte ondulado.

Solos Aluviais (Ae) - São solos pouco desenvolvidos, formados a partir da deposição de sedimentos fluviais não consolidados, com natureza e granulometria bastante variadas. Nas várzeas dos rios Carás, Batateiras e Salamanca concentram-se os solos Aluviais de alta fertilidade natural, drenagem moderada a imperfeita, sem problemas de erosão, mas com riscos de inundações periódicas e de salinização, sendo intensivamente cultivados.

A classe Terra Roxa ocorre sobre a Formação Santana, composta por margas e folhelhos cinza, calcários, gipsita e anidrita, que aflora em uma pequena porção ao noroeste de Crato.



Fonte: (EMBRAPA, 2000)

Figura 3.3 - Classes de Solo da Bacia do Araripe

3.7 VEGETAÇÃO

Conforme Paschoal (1987), ao derrubar matas para instalar a agricultura, o homem remove sistemas biológicos complexos, multiestruturados, extremamente diversificados e estáveis. Coloca em seu lugar sistemas simples e instáveis, característicos dos primeiros estágios de sucessão ecológica. Passam a existir algumas espécies onde outrora existiam centenas, ou mesmo milhares.

Reduzindo a diversidade e recobrindo vastas áreas com plantas iguais ou muito semelhantes entre si (monoculturas), o homem favorece a reprodução de certos herbívoros que, enfrentando poucos competidores, tendem a constituir populações numerosas.

Ocorrem flutuações drásticas em populações, com o surgimento de pragas capazes de alterar todo o ecossistema e, em muitos casos, destruir as culturas. Com isto ele passa a fazer uso de produtos químicos, o que resulta em resíduos indesejáveis de defensivos nas águas superficiais e, possivelmente, nas subterrâneas.

Segundo Figueiredo (1997) as principais unidades fitoecológicas da região são:

- a) Floresta Subperenifolia Tropical Pluvio-Nebular (Mata Úmida);
- b) Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial (Mata Seca);
- c) Floresta Caducifolia Espinhosa (Caatinga Arbórea).

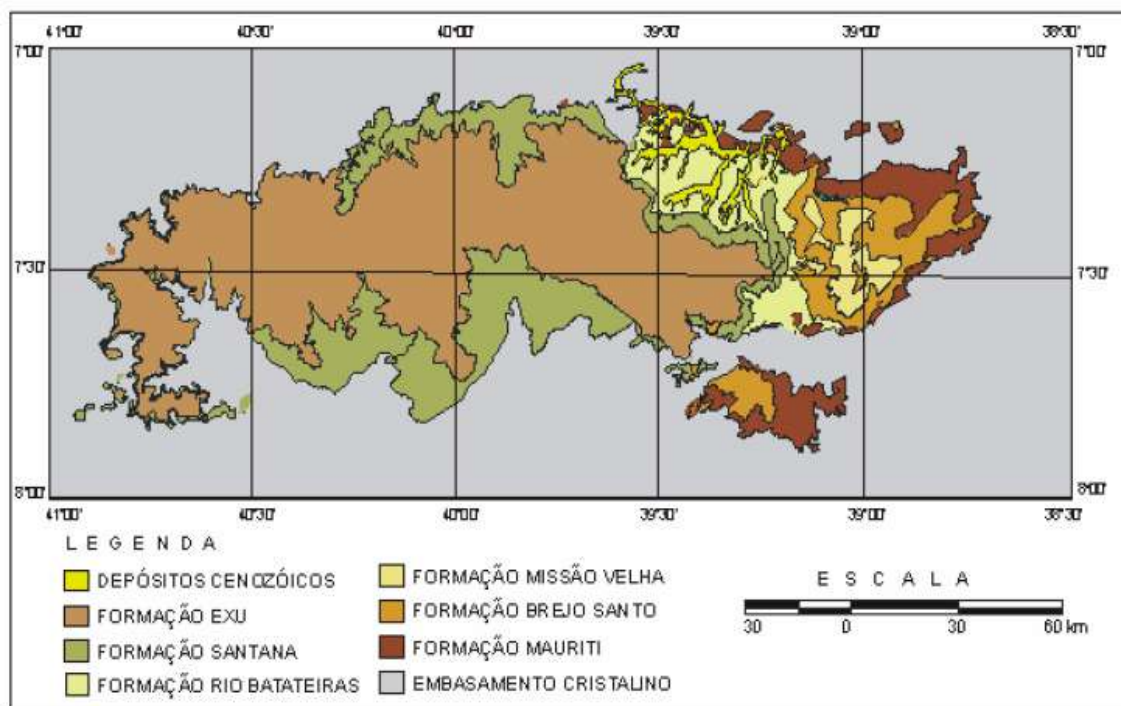
Floresta Subperenifolia Tropical Pluvio-Nebular (Mata Úmida) - Está localizada nas vertentes da Chapada do Araripe. A altitude e a exposição aos ventos úmidos são os principais determinantes da existência dessa Floresta, haja vista que fica mais protegida de ações antrópicas. As árvores apresentam caules retilíneos, espessos, cobertos com líquens, orquídeas e samambaias. Algumas espécies mais comuns são representadas pelo Ingá, Guabiraba, Pinheiro e Erva do mato.

Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial (Mata Seca) - Ocorre nas zonas abaixo das vertentes da Chapada. As espécies são da mata úmida e da caatinga arbórea, cuja faixa de amplitude ecológica permite viver nesse ambiente, que reúne as espécies da mata seca. Algumas espécies mais comuns são representadas pelo Pau-d'arco roxo, Mulungu e Timbaúba.

Floresta Caducifolia Espinhosa (Caatinga Arbórea) - Caatinga é um termo indígena que denomina um tipo de vegetação xerófila que ocorre no semiárido do Nordeste do Brasil. No Ceará, associada à unidade denominada "Carrasco", cobre cerca de 80% do estado. Ocupa as áreas abaixo das matas secas. Os indivíduos apresentam porte da ordem de 20 m, espessura dos caules maiores e a densidade é menor que as outras caatingas (800 indivíduos/ha). Algumas espécies mais comuns são representadas pela Aroeira (*Myracrodruon*), Imbu (*S. Tuberosa*) e Jucá (*C. Ferrea*).

4 GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia Sedimentar do Araripe é a mais extensa das bacias interiores do Nordeste do Brasil, localizando-se entre os estados do Ceará, Piauí e Pernambuco (**Figura 4.1**). Sua área de ocorrência não se limita à Chapada do Araripe, estendendo-se também pelo Vale do Cariri, num total de aproximadamente 11.000 km², com 180 km de leste-oeste e 70 km norte-sul, no seu trecho maior (ASSINE, 1992).



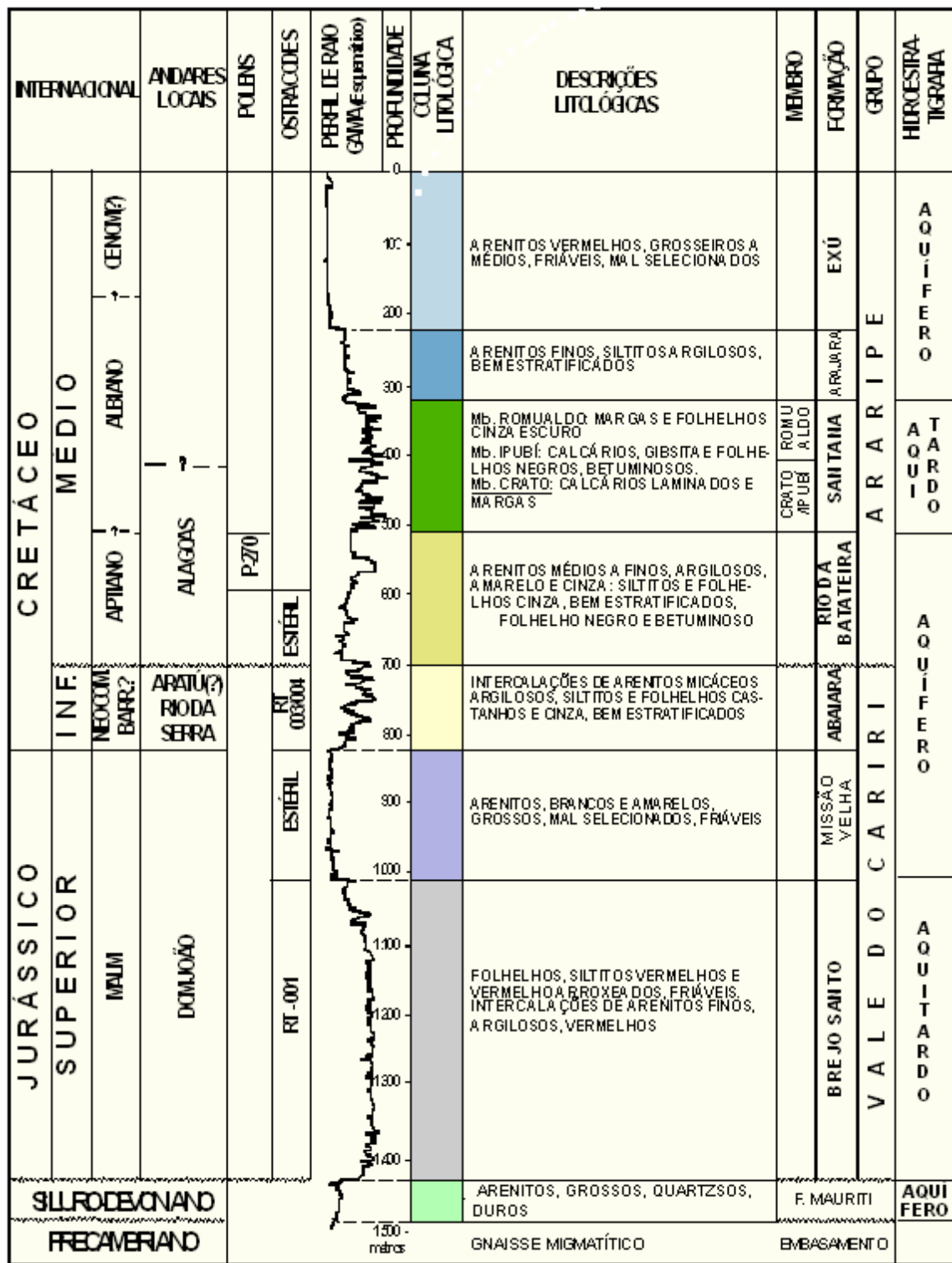
Fonte: (Modificado de Cavalcante, 2003)

Figura 4.1 - Esboço Geológico da Bacia Sedimentar do Araripe

4.1 UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

Foram adotados aqui as terminologias e posicionamentos estratigráficos propostos por Ponte (1992) e Assine (1991), que descreveram, principalmente, dados de subsuperfície do poço 2-AP-I-CE, sintetizadas por Cavalcante *et al.* (2003) no Mapa Geológico do Ceará individualizando-se do topo para base da seguinte forma (**Figura 4.2**):

- Coberturas Cenozóicas (Aluviões e Colúvios);
- Sedimentos Mesozóicos dos períodos Cretáceos e Jurássico representados respectivamente, pelos Grupos Araripe e Vale do Cariri;
- Sedimentos Paleozóicos da Formação Mauriti;
- Embasamento Cristalino do Pré-Cambriano: Corresponde ao embasamento da Bacia Sedimentar, cronologicamente situado na Era Neoproterozóica com idades de 650 a 540 Ma; Forma uma supersuíte granitóide tardi a pós-orogênica indiferenciada (NP3 gama 3i); Os granitos ocorrem como um corpo isolado aflorando exclusivamente no norte da área pesquisada, mais precisamente na Serra do Horto, no município de Juazeiro do Norte; o Grupo Cachoeirinha está representado pela Formação Snatana dos Garrotes, abrangendo filitos, micaxistos, metassiltitos, metarenitos, metarcóseos e metagrauvacas.



Fonte: (Cavalcante, 2003, Modificado)

Figura 4.2 - Coluna Estratigráfica da Bacia Sedimentar do Araripe

4.2 SEQUÊNCIA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO ARARIPE

A Bacia do Araripe é constituída por eventos tectono-sedimentares superimpostos quase que na mesma área geográfica, porém em intervalos de tempo distintos, limitadas por discordâncias.

4.2.1 Sequência Paleozóica

Depositou-se entre o Ordoviciano Superior e o Siluriano Inferior, há cerca de 430 Ma, sendo correlacionada à Formação Ipu (base do Grupo Serra Grande) como uma extensão da Bacia do Parnaíba. É delimitada na base e topo por discordâncias erosivas. É representada pela Formação Mauriti.

- **Formação Mauriti (SDm)** - Repousa discordantemente sobre rochas pré-cabrianas e faz contato por falha com a Formação Brejo Santo. Os arenitos desta formação afloram ao norte de Juazeiro do Norte. Trata-se de uma unidade afossilífera datada provavelmente do Siluro-Devoniano (435 a 410 Ma), constituindo um pacote variável com espessura de 10 a 50 m, sobreposto discordantemente ao Embasamento Pré-cambriano e sotoposto à Formação Brejo Santo. Litologicamente é constituída por conglomerados e arenitos de granulometria grossa, localmente silicificados, com coloração esbranquiçada, apresentando pequenas faixas avermelhadas, correlacionáveis com rochas litorâneas. A sedimentação possui fácies de leque aluvial, fluvial entrelaçado e eólico. Pela relação do tamanho, morfologia e esfericidade dos grãos de quartzo pode concluir-se que a fonte não era próxima e a energia de transporte foi moderada, pois houve tempo para a diminuição granulométrica e arredondamento dos grãos. A energia, a qual auxiliou na deposição, foi constante, não ocorrendo variação nas faixas de granulação. Distinguem-se dois conjuntos faciográficos:
 - a) Arenitos sub-arcoseanos a arcoseanos (mais que 25% de feldspatos), médios a muito grossos, com níveis conglomeráticos e organizados em conjuntos de estratos cruzados tabulares de médio porte, por vezes acanalados, depositados em ambientes fluvial entrelaçado;
 - b) Arenitos quartzosos finos bem selecionados, com grãos arredondados, em conjuntos de estratos cruzados planares de grande porte, relacionados a dunas eólicas. As paleocorrentes fluviais orientam-se para NW.

4.2.2 Sequência Juro-Neocomiana (Mesozóico)

Depositou-se entre 160 e 110 Ma, no interior do Nordeste Oriental Brasileiro, como resposta ao processo de rifteamento do Gondwana. É composta pelo Grupo Vale do Cariri, cujos sedimentos apresentam-se espacialmente em horstes e grábens, dispostos em duas sub-bacias: Cariri, à leste, e Feitoria (Serrolândia), a oeste.

4.2.2.1 Grupo Vale do Cariri

Formações Brejo Santo, Missão Velha e Abaiara. Seus sedimentos afloram extensivamente na porção leste da bacia, ao longo do Vale do Cariri, numa sub-bacia estruturada por falhas predominantemente distensionais, de direções nordeste e leste-oeste, que definem um arcabouço em horstes e grábens. Esta sequência foi a resposta sedimentar à subsidência mecânica no interior da Região Nordeste do Brasil, induzida pela transmissão no interior da placa dos esforços decorrentes dos processos de rifteamento do Gondwana.

- **Formação Brejo Santo (J3vb)** - É datado do período Jurássico com idade de 154 a 135 Ma. Assim como a Formação Mauriti, sua área de domínio acha-se restrita, quase que exclusivamente, à porção da bacia correspondente ao Vale do Cariri. Corresponde aos folhelhos e siltitos de cores variadas e com intercalações de arenitos finos, argilosos, vermelhos/lacustre raso, com influência fluvial e, secundariamente, eólica. Ocorre na base da sequência com espessura de 450 m. Constituída, na base, por uma alternância

bem estratificada de arenitos finos, siltitos e argilitos vermelhos, contendo, localmente, intercalações de arenitos vermelhos. No topo ocorrem argilitos e folhelhos vermelhos ou marrons escuro sílticos, calcíferos, localmente listrados ou manchados de verde claro. O registro de formas exclusivamente não-marinhas indica sedimentação continental, em depressões amplas e rasas, onde se desenvolveram sistemas aluviais/lacustres, caracterizados por condições oxidantes, ambientes propícios à formação de camadas vermelhas (*red beds*) (ASSINE, 1992).

- **Formação Missão Velha (J3k1vm)** - Ocorre imediatamente sobreposto a Formação Brejo Santo; o contato entre as duas unidades é concordante, gradacional materializado por uma passagem gradual de fácies pelíticas avermelhadas para fácies psamíticas sobrepostas, que apresentam pouca variação granulométrica na vertical (ASSINE, 1992). Esta formação aflora no Vale do Cariri, sendo constituída de arenitos grosseiros, mal selecionados, de coloração esbranquiçada ou amarelada, mostrando estratificação cruzada e leitos conglomeráticos. Alguns autores estimam uma espessura de 190 m para o conjunto Brejo Santo (50 m) e Missão Velha (140 m), porém os dados de sub-superfície obtidos do poço 2-AP-1-CE revelaram para esta formação uma espessura de 187 m que, segundo Assine (1992), apresentam-se constante ao longo da bacia. São arenitos quartzosos ligeiramente feldspáticos e/ou cauliniticos, às vezes conglomeráticos de coloração esbranquiçada e amarelada, grossos, mal selecionados, friáveis e contendo madeira fóssil com troncos e fragmentos de madeira silicificada, de ambiente fluvial torrencial. Organizam-se em conjuntos de estratos cruzados cuneiformes e acanalados de médio porte. Intercalam-se também níveis descontínuos, decimétricos a métricos, de siltitos arroxeados. O perfil estratigráfico vertical mostrando granocrescência ascendente gradual dos pelitos avermelhados da Formação Brejo Santo para os arenitos da Formação Missão Velha permite interpretar um empilhamento sedimentar progradante, onde lagos rasos e/ou planícies aluviais distais úmidas foram colmatadas (preenchidas) por sistemas flúvio deltáico de pequeno a médio porte, mas de alta energia a julgar pelas litotipos e dimensões dos conjuntos.
- **Formação Abaiara (K1va)** - Possui contato brusco com a Formação Missão Velha, enquanto que uma discordância erosiva de caráter regional a separa da Formação Rio da Batateira, acima. Sua espessura estimada é de 115 m (poço 2-AP-1-CE), sendo composto por arenitos micáceos, argilosos, intercalados com siltitos e folhelhos castanhos, cinzentos e esverdeados, bem estratificados / ambiente lacustre raso e fluvial. É formada de uma variedade litológica que inclui na base, folhelhos e siltitos vermelhos a verdes intercalados com estratos decimétricos e descontínuos de arenitos finos e lâminas de carbonatos argilosos. A seção mediana é composta por folhelhos siltíticos esverdeados intercalados com lentes métricas de arenitos quartzosos finos a muito grossos com níveis conglomeráticos e fragmentos de madeira silicificada. No topo ocorrem arenitos finos a médios, subarredondados, organizados em conjuntos decimétricos a métricos de estratos cruzados tabulares tangenciais na base. Intercalam-se, neste nível, algumas camadas decimétricas a métricas de folhelhos esverdeados que são interpretados como registro de lagos efêmeros adjacentes aos canais, originados nas várzeas, com consequência de inundações. Portanto, a unidade depositou-se em ambiente flúviolacustrino.

4.2.3 Sequência Aptiano-Albiana

Os sedimentos depositaram-se por volta de 110 Ma. Assenta-se sobre as duas sequências anteriores em discordância angular, iniciando-se com os arenitos fluviais da Formação Rio da

Batateira, aos quais se sobrepõe a seção pelítico-evaporítico-carbonática da Formação Santana. Constitui um ciclo transgressivo-regressivo com ingressão (transgressão) marinha de curta duração e consequência dos eventos eustáticos globais de elevação do nível do mar no Cretáceo, cujo máximo foi atingido no período Turoniano.

4.2.3.1 Grupo Araripe

Estratigraficamente o Grupo Araripe repousa discordantemente ora sobre o Grupo Vale do Cariri (porção oriental), ora sobre rochas pré-cambrianas (porção ocidental). Os contatos entre suas unidades são transicionais, com passagens bruscas marcadas localmente por diastemas. As Formações Rio da Batateira (Barbalha) e Santana ocorrem em quase toda a extensão da Chapada do Araripe e, descontinuamente, ao longo do Vale do Cariri. Distingue-se estrutural e estratigraficamente das duas sequências sotopostas, sobre as quais assenta-se em discordância angular. Na porção ocidental da bacia é comum repousar diretamente sobre o embasamento pré-cambriano/eopaleozóico. Na área em estudo está representado pela Formação Rio da Batateira.

- **Formação Rio da Batateira (K1arb)** - (PONTE & APPI, 1990) é equivalente a Formação Barbalha, de Assine (1990), e representa o estágio inicial da tectono-sequência Pós-rifte da Bacia do Araripe. Apresenta uma espessura de aproximadamente 200 m e está constituída por dois ambientes deposicionais (fácies) distintos: na base, uma associação fluvial, representados por arenitos grossos a médios; no topo, uma associação lacustre-deltáica, representados de arenitos médios a finos. Ocorre na base da sequência, compondo-se predominantemente por arenitos finos a médios, subarredondados a subangulares, bastante friáveis, argilosos e micáceos, por vezes portadores de seixos e feldspatos caulinizados e bolas de argila. A estratificação é cruzada, de médio a pequeno porte, tabular planar ou tangencial na base, comparando também feições sigmoidais. Intercalam-se lamitos avermelhados e amarelados, e de níveis delgados de conglomerados. Verifica-se no meio da seção uma intercalação de folhelhos carbonosos (Camada Batateira) ricos em laminações carbonáticas. As fácies organizam-se em ciclos granodecrescentes ascendentes que culminam em intervalos pelíticos, indicando ambiente deposicional fluvial com primeiro registros de amplo sistema lacustre na sequência. As "Camadas Batateira" representam o final de um evento de redução paulatina da energia do ambiente fluvial, constituindo o primeiro registro de um amplo sistema lacustre na sequência. Inicialmente restrito e caracterizado por águas rasas e pouco oxigenadas (Eh redutor), constituiu o ambiente propício à fixação de íons metálicos (Pb, Zn e Cu) sob a forma de sulfetos, cuja precipitação foi favorecida pela alta porosidade das brechas carbonáticas. Litologicamente esta formação é composta por bancos de arenitos fluviais médios a grosseiros gradando, ascendentemente, para arenitos médios a finos, siltitos argilosos bem estratificados e se encerra com uma seção de folhelhos negros, orgânicos, fossilíferos, denominada de "Camadas Batateira". Mesmo que macroscopicamente semelhantes aos arenitos das formações Missão Velha e Abaiara, a existência de intercalações de folhelhos cinza-escuros a pretos e o caráter mais friável dos arenitos da Formação Rio da Batateira (Barbalha), são critérios que permitem distinguir estes sedimentos daqueles. Critérios estruturais constituem elementos adicionais na identificação da Formação Rio Batateira (Barbalha), que pode ser reconhecida dentro do próprio Vale do Cariri, onde ocorre sob a forma de tabuleiros subhorizontalizados recobrimdo sedimentos juro-neocomianos, sendo estes, na maioria das vezes, também arenosos, mas frequentemente estruturados tectonicamente em blocos basculados.
- **Formação Santana (K1as)** - Seguindo o esquema proposto por Beurlen (1971), Ponte (1992) considera essa formação subdividida nos membros Crato, Ipubí e Romualdo. Seu

contato com a Formação Rio da Batateira (Barbalha) é concordante gradacional e sua espessura chega a 250 m. Ocorre como uma franja na borda da Chapada e, no geral, é caracterizada por arenitos avermelhados de granulometria fina a média, com intercalações de siltitos e folhelhos, calcarenitos e calcários brechóides na base. Tem origem fluvial. Apresentam calcários de cor creme, localmente cinza, com intercalações de folhelhos sílticos, calcíferos e fossilíferos, calcários laminados e calcários argilosos (margas) com níveis descontínuos com concreções, além de gipsita, siltitos, arenitos finos e calcarenitos no topo. O ambiente de sedimentação é de origem marinha.

- **Formação Arajara (K1aa)** - Corresponde a uma associação com até 100 m de espessura (poço2-AP-1-CE) constituindo-se de siltitos, argilitos, arenitos finos argilosos, bem estratificados, exibindo marcas de ondulações, estratos cruzados e acanalados de pequeno a médio porte e coloração variegada, predominando as tonalidades vermelha e amarela sobre as demais.

4.2.4 Sequência Aptiano-Cenomaniana

Depositou-se por volta de 100 Ma, sendo delimitada na base e no topo por discordâncias erosivas, sendo composta pela Formação Exu.

- **Formação Exu (K2ae)** - Trata-se da unidade estratigráfica que encerra a sequência paleo-mesozóica da Bacia Sedimentar do Araripe, constituindo uma capa contínua em toda extensão da chapada, representada por uma sequência monótona de arenitos vermelhos friáveis, argilosos, em geral caulínicos, de granulometria variável, contendo leitos intercalados de arenitos grosseiros a conglomeráticos. As espessuras aflorantes desta formação são variáveis, atingindo valores máximos (150 a 200 m) na parte leste da chapada e valor mínimo, em torno de 100 m, na extremidade oeste.

4.2.5 Sequência Tercio-Quaternária

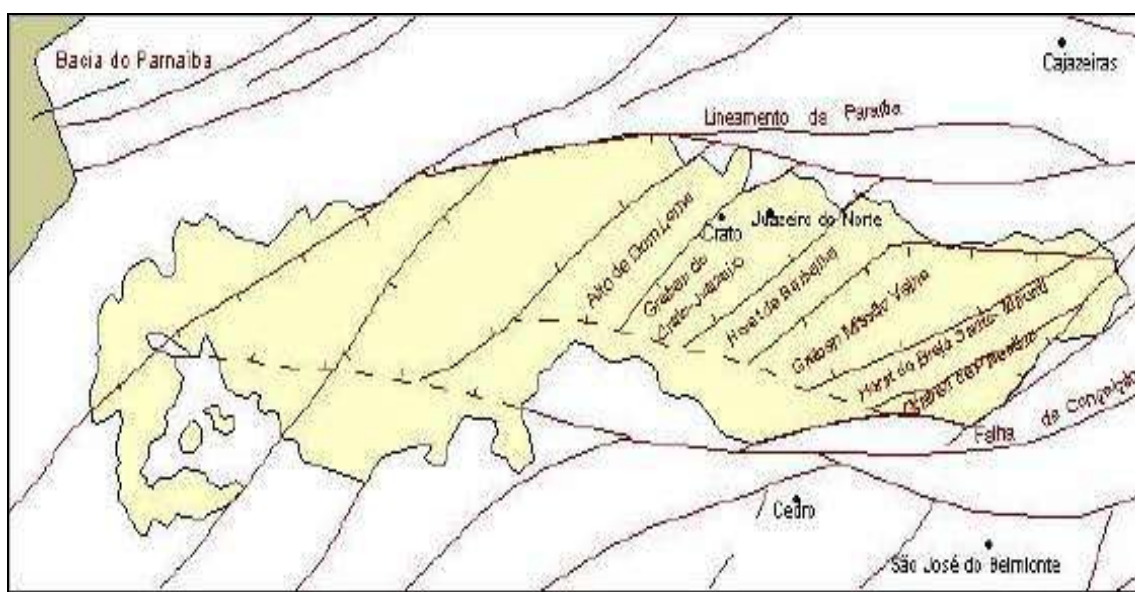
Representado por depósitos sedimentares de tálus e colúvios, bem como sedimentos aluviais.

- **Depósitos de Tálus (NQ_t)** - Localmente são representados pelos sedimentos arenosos e depósitos de tálus arenosos com blocos de tamanhos variados que ocorrem no sopé das encostas, e os depósitos arenosos, conglomeráticos ou não, que se associam às planícies aluvionares, algumas até extensas. São relacionados, predominantemente, às formações Santana e Arajara.
- **Colúvios (NQ_c)** - Ocorrem em manchas isoladas na extremidade norte da área, incluindo sedimentos argilo-arenosos, de tons alaranjado, avermelhado e amarelado; localmente cascalhosos, e lateritizados na porção inferior; geralmente, o cimento é argiloso e ferruginoso. A sedimentação tem origem fluvial, inclui capeamentos de planaltos e colúvios holocênicos.
- **Sedimentos Aluviais (Q2a)** - As aluviões ocorrem marcando as planícies dos principais eixos de drenagens como os rios Batateiras (Crato) e Salamanca (Barbalha) e riachos que atravessam a região, repousando discordantemente sobre os arenitos das Formações Rio das Batateiras, Abaiara, Missão Velha e Brejo Santo. São constituídas por areias de granulometria fina a média e argilas arenosas, localmente com seixos, com espessura podendo atingir 2,0 m. A gênese dos sedimentos está associada à deposição fluvial que se associam, localmente, aos distritos de origem coluvial.

5 GEOLOGIA ESTRUTURAL

A Bacia Sedimentar do Araripe é uma bacia intracratônica, composta por depressões limitadas por falhamentos subverticais, que estruturalmente encontra-se sobre a parte oeste da Zona Transversal da Província da Borborema, mais especificamente, na parte sul do sistema de dobramentos Pianco - Alto Brígida, no seu limite com a zona geoectônica de Teixeira (BRITO NEVES, 1990).

Os limites estão intrinsecamente controlados por grandes lineamentos precambrianos; ao norte pelo ramo principal do Lineamento da Paraíba; à noroeste, pela extremidade sudoeste da Falha de Farias Brito; ao sul pela falha de Sítio dos Moreiras, que converge na extremidade sudoeste, para o Lineamento de Pernambuco; à leste e sudeste pela falha da Conceição ou Boqueirão dos cochos, que converge em sua extremidade nordeste para o Lineamento Paraíba (Figura 5.1).



(Fonte: Ponte, 1992 apud DNPM, 1996)

Figura 5.1 - Arcabouço Estrutural da Bacia Sedimentar do Araripe

5.1 EVOLUÇÃO TECTÔNICA

Segundo Ponte (1991), a Bacia do Araripe é estruturalmente formada por dois compartimentos distintos: os riftes neocomianos (Cretáceo Inferior) e coberturas tabulares mesocretácicas.

Quanto à evolução tectônica, está dividida em um ciclo tectono-sedimentar paleozóico e quatro estágios tectono-sedimentares mesozóicos.

5.1.1 Estágios Tectono-Sedimentares Mesozóicos

Os sedimentos mesozóicos estão separados em três estágios bem definidos:

- Pré-Rifte;
- Rifte ou Sintectônico;
- Pós-Rifte.

Estágio Pré-Rifte (Jurássico) - Iniciou-se no Neo-Permiano com o processo de soerguimento da crosta, que perdurou até o final do Jurássico, ocasião em que um tectonismo incipiente provocado por forças tensionais promoveu o estiramento, o adelgaçamento e uma posterior subsidência da parte axial da área soerguida, dando origem a uma ampla e rasa depressão bacial, alongada no sentido N-S, com deposição dos sedimentos flúvio-eólico-lacustrinos, composta por folhelhos vermelhos na base (Formação Brejo Santo) e arenitos grosseiros (Formação Missão Velha) no topo.

Estágio Rifte (Mesozóicos) - O processo de rifteamento intracontinental culminou na ruptura do paleocontinente Gondwana separando as placas continentais sul-americana e africana e formando entre elas o oceano Atlântico Sul. Essa fragmentação provocou a reativação das zonas de cisalhamento (de idade neoproterozóica) dos domínios estruturais da Província Borborema, que condicionou a estruturação da Bacia do Araripe em um sistema de riftes assimétricos, alongados segundo a direção NE-SW e compartimentados em grabens, semi-grabens e blocos escalonados, que foram preenchidos por sedimentos terrígenos.

Estágio Pós-Rifte - Cessada a fase de intensa atividade tectônica, ocorreu a deposição e compactação dos sedimentos. Inicialmente houve a deposição dos sedimentos flúvio-lacustre-carbonáticos (Aptiano-Albiano) que compõem a Formação Rio da Batateira e o Membro Crato (base da Formação Santana).

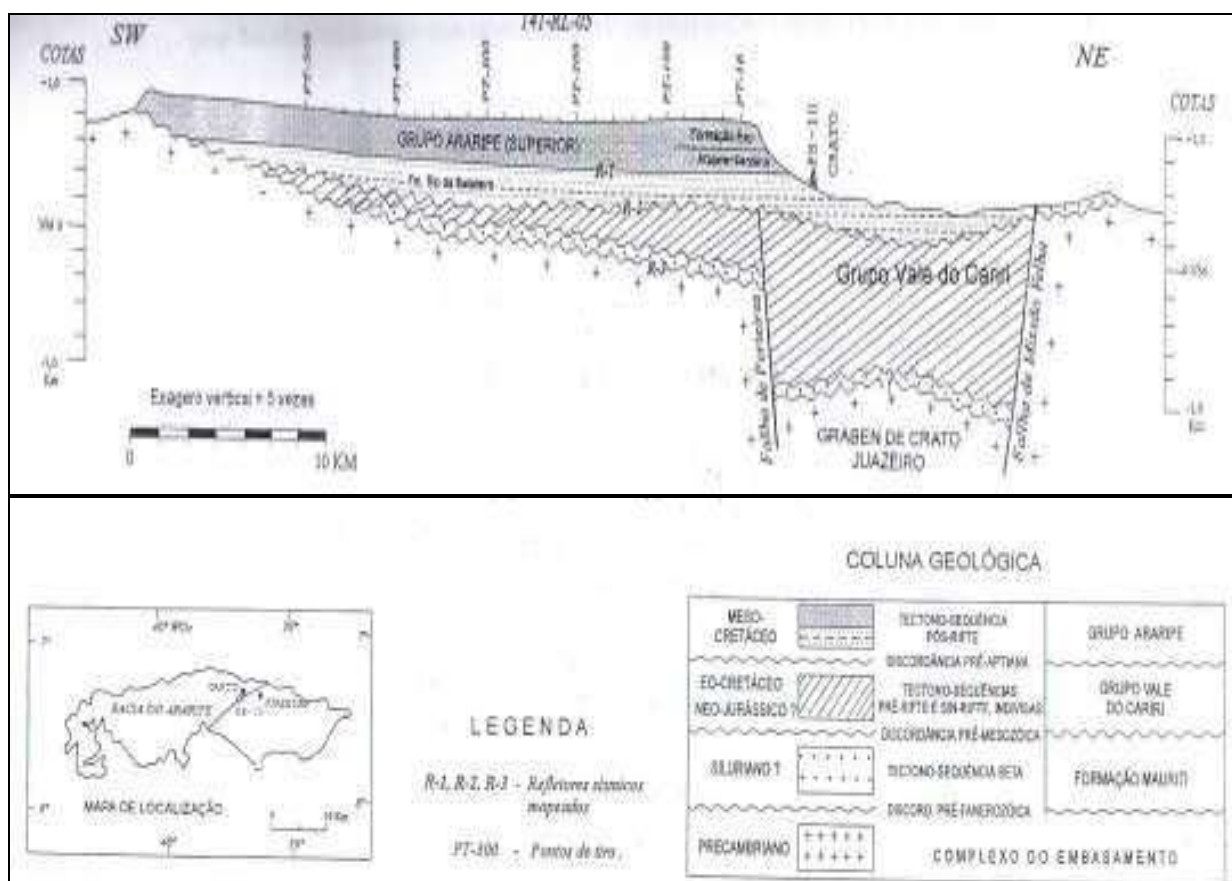
5.1.2 Geologia Estrutural da Sub-Bacia do Cariri

Estruturalmente, a sub-bacia do Cariri é formada por quatro grabens (Crato-Juazeiro, Missão Nova, Jenipapeiro e Serrote das Cacimbas-Palestina), colaterais, assimétricos, com orientações que variam de N40°-55°E e mergulhos de polaridades similares, para NW, separados por três horsts (Barbalha, Abaiara e Brejo Santo- Mauriti) que formam cristas intrabaciais, limitadas por falhas tensionais, planares.

As maiores profundidades (1.400 m, cerca de 1.000 m acima do nível do mar) foram estimadas pela gravimetria e estão no graben Crato-Juazeiro (PONTE & PONTE, 1996).

O graben do Crato-Juazeiro de orientação NE/SW é formado por falhas normais planares com mergulho para noroeste, obedecem à orientação principal da trama estrutural do embasamento, é limitado ao norte pelo Lineamento da Paraíba, a leste pelo Horst de Barbalha, ao sul pela falha de Sítio dos Moreiras e a oeste pela falha do Crato (Alto de Dom Leme).

A área de estudo está localizada na faixa média do graben Crato-Juazeiro, limitado ao norte pela falha de Missão Velha, a leste pelo Horst de Barbalha, ao sul pela falha de Porteiros e ao oeste pela falha do Crato (Alto de Dom Leme) (**Figura 5.2**).



Fonte: (MONT'ALVERNE *et al.*, 1996 *apud* PONTE, 1993)

Figura 5.2 - Seção Geológica da Sub-Bacia do Cariri

A Sub-Bacia do Cariri é composta por três discordâncias (**Figura 5.2**):

- Discordância Pré-Aptiana: No Vale do Cariri é marcada no contato basal da Formação Rio da Batateira, sobre Formações do Grupo do Vale do Cariri;
- Discordância Pré-Mesozóica: Separa o Grupo Vale do Cariri da Formação Mauriti;
- Discordância Pré-Fanerozóica: Marca o contato entre a Formação Mauriti e o embasamento cristalino.

6 GEOLOGIA NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CAGECE.

Em Juazeiro do Norte, o SAA da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece compreende as áreas de ocorrência, predominantemente, das Formações Rio da Batateira, Missão Velha, Brejo Santo e dos sedimentos aluviais terciário-quaternários ver desenho apresentado a seguir. Ao norte do centro urbano, há ocorrência do embasamento cristalino formado pelos granitos do Morro do Horto (**Desenho 6.1**).

A **Formação Brejo Santo** está representada pelos sedimentos pelíticos, folhelhos e siltitos, com intercalações de arenitos finos argilosos, de cores avermelhadas, sobrepostos por sedimentos aluvionares e das Formações Rio da Batateira (a oeste) e Missão Velha (a nordeste).

A **Formação Missão Velha** está representada por arenitos médios a grosso, amarelados a esbranquiçados, mal selecionados e friáveis. Estes estão sobrepostos aos sedimentos da Formação Brejo Santo.

A **Formação Rio da Batateira** de idade cretácea é predominante e está representada por arenitos médios a grosseiros, mal classificados, argilosos e siltosos de coloração cinza, sobrepostos aos arenitos das Formações Brejo Santo, Abaiara e Missão Velha.

Os **sedimentos aluviais** e **coluviais** ocupam as planícies fluviais, bordejam longitudinalmente os principais eixos de drenagem e seus tributários. São formados por areias de granulometria fina a média, argilas arenosas, localmente cobertas por seixos, blocos e matacões. A gênese está associada à deposição fluvial, que se mistura, localmente, a sedimentos de origem coluvial, conforme mapa geológico de Juazeiro do Norte, apresentado a seguir.

Os granitos do Morro do Horto estão bem delimitados por falhas normais, fazendo contato discordante com sedimentos das Formações Brejo Santo e Mauriti.

7 HIDROGEOLOGIA NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CAGECE

A drenagem superficial da região encontra-se inserida na sub-bacia do rio Salgado, com área de 12.216 km², pertencente à bacia hidrográfica do Jaguaribe, sendo formada pelos rios Bastiões, Cariús e Salgado, que atravessa todo o Cariri; os rios da Batateira, Granjeiro, Salgadinho e Carás, na região compreendida entre Crato e Juazeiro do Norte; Salamanca, Batoque, do Ouro, Seco e São Francisco em Barbalha; Seco em Missão Velha e o riacho dos Porcos que drena os municípios de Milagres, Mauriti, Brejo Santo, Porteiras, Jardim e Jati.

A hidrografia da bacia sedimentar do Araripe é caracterizada pela ausência de rede de drenagem na parte superior da Chapada, pelo setor torrencial nas vertentes da chapada até as planícies, com contribuições em forma de fontes pontuais ou difusas, e pela zona de espraiamento (aluviões) depois das vertentes, onde são depositadas as cargas das torrentes (DNPM, 1996).

A região do Cariri apresenta os melhores e maiores aquíferos do estado do Ceará. Constitui-se em quase toda sua totalidade (95%) por rochas sedimentares pertencentes à Bacia do Araripe, representados, pelas formações Rio da Batateira, Missão Velha e Abaiara, considerados como de altas vocações hidrogeológicas e as formações, Brejo Santo, Santana, Arajara e Exu como de médias a baixas vocações hidrogeológicas.

Na Bacia do Araripe estão os poços tubulares mais profundos do Ceará, atingindo até 750 m e com as maiores vazões alcançando (até 300 m³/h).

7.1 SISTEMAS AQUÍFEROS

A compartimentação hidrogeológica está dividida em:

- a) **Sistema Aquífero Inferior** (Formação Mauriti e parte basal da Formação Brejo Santo), possuindo de 60 a 110 m de espessura;
- b) **Sistema Aquífero Médio** (Formações Rio da Batateira, Abaiara e Missão Velha), possuindo em média 500 m de espessura; Aquicluda Brejo Santo, com aproximadamente 400 m de espessura;
- c) **Sistema Aquífero Superior** (Formações Exu e Arajara), com aproximadamente 320 m de espessura e Aquicluda Santana com aproximadamente 180 m de espessura.

7.1.1 O Sistema Aquífero Inferior - SAI

Aflora em pequenas faixas irregulares sobre o embasamento cristalino, sendo confinado em sua maior parte pelos pelitos da Formação Brejo Santo e é representado pela Formação Mauriti e pela base da Formação Brejo Santo, possuindo espessura de 60 a 110 m (MONT'ALVERNE *et al.*, 1996).

Encontra-se em sua maior parte recoberto pelos sedimentos pelíticos do Aquicluda Brejo Santo. São arenitos de idade Silúrio-Devoniano, com uma espessura que varia de 10 a 50 m (BEURLIN, 1963; VEIGA, 1966).

Devido o seu alto grau de litificação, apresenta uma porosidade secundária, porém ocorre também friável com porosidade primária.

Ocorre aflorando em duas manchas ao norte dos municípios de Crato e Juazeiro do Norte, sobreposto ou bordejando o embasamento cristalino, totalizando 78.180 km². É recoberto em parte pelas aluviões do rio Batateiras, ocorrendo confinado pelo restante da área de estudo pelos pelitos da Aquiclude Brejo Santo, com 359.240 km²; o seu uso é restrito, pois sua maior parte encontra-se confinada em uma profundidade de aproximadamente de 450 m.

O SAI possui as seguintes características:

- Área confinada 359.240 km²;
- Área livre 78.180 km²;
- Espessura média (confinado): 66 m;
- Espessura média (livre): 100 m;
- Coeficiente de armazenamento (confinado): 10⁻⁵;
- Porosidade efetiva (livre): 0,02 (2%).

Os arenitos geralmente são silicificados, principalmente em áreas próximas às falhas e no topo da unidade. O grau de litificação é um importante limitador da capacidade de acumulação de água subterrânea nesta unidade, sendo esta a razão pela qual é encontrada, sobretudo nas fraturas, mostrando um comportamento semelhante ao do embasamento pré-cambriano, tratando-se, portanto, de um aquífero do tipo fissural. Quando friáveis, mostra-se com boa porosidade.

A Formação Brejo Santo funciona como um aquíclude e segundo Beurlen (1962, apud MONT'ALVERNE *et al.*, 1996) possui idade Jurássica; Observam-se pequenas ocorrências ao norte e leste de Juazeiro do Norte; Sua maior parte encontra-se confinada pelo Sistema Aquífero Médio; funciona como camada selante do Sistema Aquífero Inferior e, devido à falta de dados locais, admite-se espessuras de 400 m (MONT'ALVERNE op Cit.)

7.1.2 O Sistema Aquífero Médio - SAM

Ocorre em superfície pelo Vale do Cariri e é representado pelas formações Rio da Batateira, Abaiara e Missão Velha, possuindo em torno de 130 m de espessura de acordo com perfis estratigráficos observados, com 330.930 km² (**Figura 7.1**).

Está limitado ao sul e ao oeste pela Formação Santana no sopé da Chapada do Araripe, ao norte pelo rio Batateiras, e a leste além da área em estudo.

A sedimentação deste sistema aquífero no Vale do Cariri ocorreu em três estágios tectono-sedimentares mesozóicos distintos. O primeiro no estágio pré-rifte, quando foram depositados os sedimentos flúvio-eólicos, compostos por arenitos grosseiros da Formação Missão Velha; o segundo no estágio rifte, que culminou com a fragmentação do Gondwana, e deposição em ambiente lacustre raso e fluvial da Formação Abaiara e, finalmente, no estágio pós-rifte, quando ocorreu a fase de intensa atividade tectônica, havendo a sedimentação e compactação dos sedimentos flúvio-lacustre-carbonáticos (Aptiano-Albiano) que compõem a Formação Rio da Batateira.

As formações do SAM representam aquíferos livres e localmente confinados, tendo potenciais hidrogeológicos elevados, sendo considerados os mais importantes aquíferos da região do Cariri em termos de potencial para exploração.

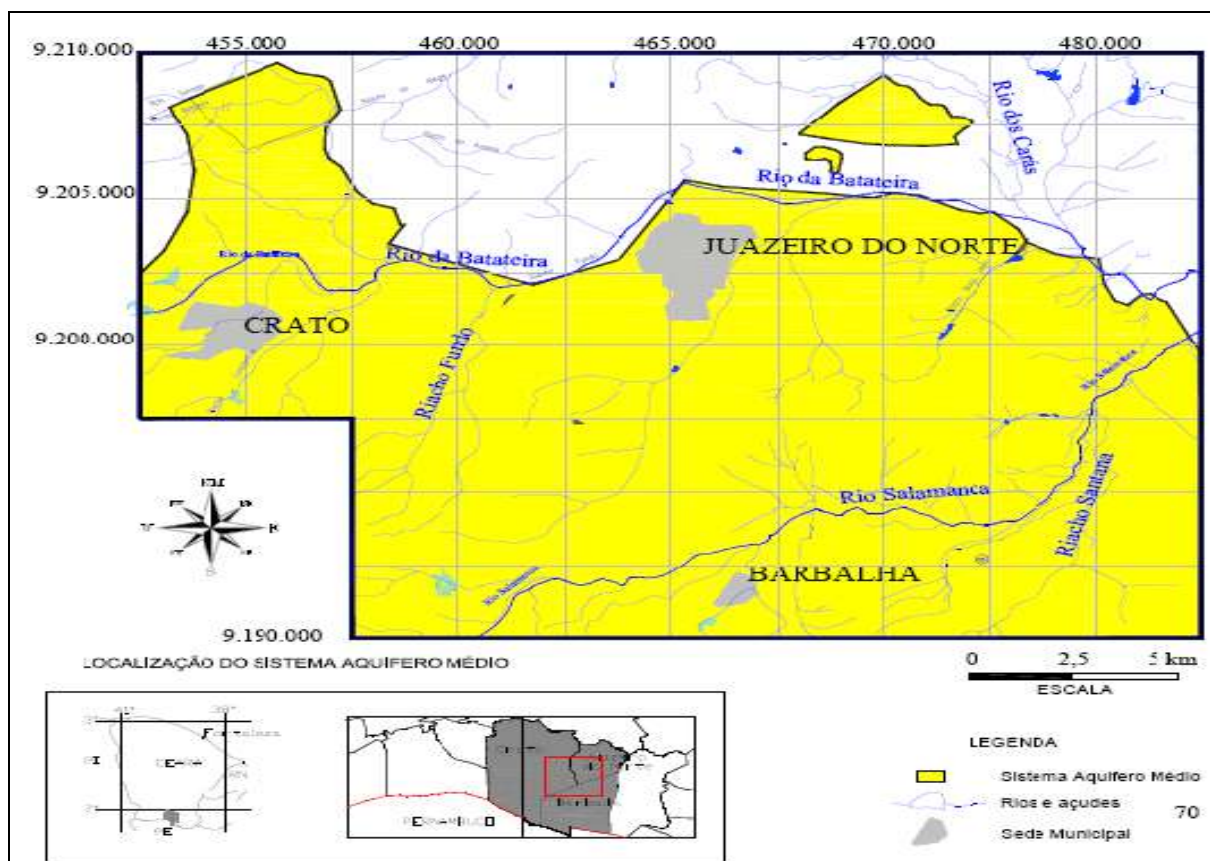


Figura 7.1 - Abrangência do SAM na Região do Cariri Cearense

É constituído, da base para o topo, pelos arenitos das formações Missão Velha e Abaiara e pela formação aflorante Rio da Batateira; Os sedimentos aluviais e as coberturas, apesar de aflorarem neste sistema, possuem pequena vocação hidrogeológica.

O SAM possui as seguintes características:

- Área: 330.930 km²;
- Espessura média (livre): 295 m;
- Coeficiente de armazenamento (confinado): 2×10^{-4} ;
- Transmissividade: 5×10^{-3} m²/s;
- Condutividade hidráulica de 5×10^{-5} m²/s;
- Porosidade efetiva (livre): 0,1 (10%).

A recarga (alimentação) deste sistema ocorre basicamente pela infiltração direta das águas das chuvas. Segundo Santiago *et al.* (1996), a alimentação também pode ser efetuada por infiltrações em falhas à partir de percolação vertical do Sistema Superior através dos sedimentos calcários fraturados da Formação Santana.

7.1.3 Sistema Aquífero Superior

Sobrepostos aos sedimentos do Sistema Aquífero Médio, encontra-se o Sistema Aquífero Superior, formado pelos aquíferos aluvionares e outras coberturas terciário-quaternárias.

Os aluviões são compostos de areias e cascalhos com características de condutividade hidráulica média à alta, com recarga direta das precipitações locais, rios e riachos. Possui bom potencial hídrico e espessura variável.

As coberturas arenosas são compostas de lateritos, arenitos, argilitos, com características de condutividade hidráulica baixa à média, espessura variável, tendo influência direta na recarga do aquífero sotoposto.

7.2 RESERVAS HIDROGEOLÓGICAS

Em 1996, o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM realizou um importante estudo hidrogeológico de caráter regional na Bacia Sedimentar do Araripe. Esse projeto teve o objetivo de avaliar o potencial hidrogeológico da bacia e estabelecer parâmetros que permitam a exploração racional das águas subterrâneas.

Para isso, foram realizados o levantamento bibliográfico de trabalhos relacionados à bacia nas diversas áreas da geologia, a reinterpretação das linhas de reflexão sísmicas executadas pela Petróleo Brasileiro S.A - PETROBRÁS, o cadastramento dos poços e fontes, com a realização de análises físico-químicas e alguns ensaios de bombeamento.

Foi executada a locação de sete poços estratigráficos e a perfuração de um (4-BO-01-PE) no município de Bodocó-(PE), complementando-se com a elaboração de mapas hidrogeológicos temáticos, com a avaliação de reservas e disponibilidades.

As principais características dos diferentes sistemas aquíferos estão resumidas no **Quadro 7.1**.

Quadro 7.1 - Principais Características dos Diferentes Sistemas Aquíferos Existentes na Bacia do Araripe

| Principais Características | Superior | Médio | Inferior |
|---|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| Espessura média total (m) | 320 | 500 | 100 |
| Espessura saturada (m) | 30 a 50 | 480 | 85 |
| Área total (km ²) | 7.500 | 2.830 | 3.430 |
| Coeficiente de transmissividade (m ² /s) | - | 5×10^{-3} | 3×10^{-3} |
| Coeficiente de permeabilidade (m/s) | - | 5×10^{-5} | 4×10^{-6} |
| Coeficiente de armazenamento | $1 \times 10^{-4*}$ | 2×10^{-4} | 1×10^{-5} |
| Área de recarga (km ²) | 5.670 | 2.100 | 850 |
| Precipitação pluvial (mm/ano) | 900 | 970 | 900 |
| Reserva permanente (m ³) | $1,02 \times 10^{10}$ | $8,37 \times 10^{10}$ | $4,90 \times 10^9$ |
| Reserva reguladora (recarga) (m ³ /ano) | $1,00 \times 10^8$ | $1,12 \times 10^8$ | $1,75 \times 10^7$ |
| Descarga natural (m ³ /ano) | $4,45 \times 10^7$ | $4,00 \times 10^7$ | $8,00 \times 10^6$ |
| Disponibilidade virtual (m ³ /ano) | $5,55 \times 10^7$ | $7,20 \times 10^7$ | $9,50 \times 10^6$ |
| Bombeamento por poços (m ³ /ano) | - | $4,00 \times 10^7$ | $3,65 \times 10^6$ |
| Descarga total atual (m ³ /ano) | $4,45 \times 10^7$ | $8,00 \times 10^7$ | $1,17 \times 10^7$ |
| Reserva disponível (m ³ /ano) | $5,55 \times 10^7$ | $3,20 \times 10^7$ | $5,85 \times 10^6$ |

Fonte: DNPM (1996)

Nota: * para o aquífero confinado

Em outro estudo, realizado na região entre Crato e Missão Velha, MONT'ALVERNE *et al.* (op. cit.) atribuíram uma vazão de escoamento natural de $2,88 \text{ m}^3/\text{s}$, com uma recarga anual de $90,8 \times 10^6 \text{ m}^3$, mais a contribuição das fontes de $2,32 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (88 L/s), perfazendo um total de $93,1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

A preocupação com a degradação dos aquíferos da região ficou evidente quando foram recomendadas as campanhas sistemáticas de monitoramento das descargas das fontes naturais, na borda da Chapada do Araripe, e dos níveis e da qualidade das águas nos poços da região.

Na Chapada do Araripe, as reservas permanentes e reguladoras, a vazão média das fontes e a infiltração profunda, através das fraturas no aquíclode Santana, foram determinadas utilizando-se modelagem computacional (*software* MODFLOW).

Os valores encontrados foram comparados com valores determinados em outros trabalhos da literatura existente na época, onde se concluiu que a reserva permanente estava compatível com o valor do DNPM (1996) e a reserva reguladora não apresentava diferença considerável para o valor do Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe - GEVJ (1967).

Ainda dentro do enfoque, bastante pertinente é o trabalho desenvolvido por ANJOS (2000), que trata do “Estudo Hidrológico do Aquífero Rio da Batateira e Caracterização da Possibilidade de Abastecimento de Água nos Municípios do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha até o ano de 2020.

Para tanto, foi avaliado o consumo da população urbana e o potencial do seu principal aquífero, Rio da Batateira, através dos dados de poços e fontes levantados pelo DNPM (1996) e foram confeccionados mapas temáticos e calculadas as dimensões e reservas permanentes do aquífero Rio da Batateira.

Dessa forma, concluiu-se que, para a população total dos três municípios, estimada para o ano de 2020 em cerca de 437 mil habitantes, a demanda de água seria de 108 milhões de m^3/ano . Considerando-se que haja uma recarga anual de 85 milhões de m^3/ano (calculada com um grau de certeza de 95%), esse valor equivaleria a 78,7% da demanda, supondo-se valores acima de 400 L/hab.dia, bem acima dos valores usuais para cidades desse porte.

Empregando-se valores de per capita compatíveis com o porte e características das cidades, no intervalo de 150 a 200 L/hab.dia, a demanda assume valores da ordem de 30 milhões de m^3/ano , o que reflete uma situação bastante favorável com relação à recarga anual e corresponde a 0,28% da reserva permanente do aquífero, estimada em 11 bilhões de m^3 e a 26,7% da reserva reguladora, estimada em cerca de 112 milhões de m^3/ano .

Complementando as avaliações regionais, tem-se o trabalho da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (2005) que desenvolveu o Projeto Avaliação Ambiental da Região do Cariri - AMCARI, visando uma melhor avaliação e uso dos recursos naturais.

A superfície potenciométrica é o topo da superfície d'água de um aquífero (Nível Estático). Consequentemente, o mapa desta superfície é a representação topográfica bidimensional destas cotas, cujo valor se atribui pela diferença da cota do terreno e o nível estático do poço (em metros). Este mapa é denominado Rede de Fluxo e representa a predominância da direção do fluxo subterrâneo natural (**Figura 7.2**).

No mapa elaborado para a Bacia do Araripe (DNPM, 1996), observa-se que a faixa de variação da superfície potenciométrica ficou entre 320 e 560 m, e indicando, para a direção do fluxo, uma predominância no sentido SSW-NNE, ou seja, da Chapada do Araripe para o Vale do Cariri.

Devido à complexa tectônica do graben Crato-Juazeiro, esse fluxo pode sofrer entroncamentos, mudando assim, a direção do fluxo pontualmente. Porém, a partir desse mapa temos a visão do fluxo principal na Bacia.

Concentrando-se nas áreas dos municípios de Juazeiro do Norte e Barbalha, a variação potenciométrica ficou entre 330 e 430 m, apontando uma forte exploração do aquífero médio no centro urbano de Juazeiro do Norte.

As áreas com menor impacto sobre a exploração do aquífero médio compreendem as porções sudoeste da sede Juazeiro do Norte e noroeste de Barbalha, conforme observado no **Desenho 7.1**.

Com respeito às condições da vulnerabilidade natural dos aquíferos no Vale do Cariri, RIBEIRO & VERÍSSIMO (1995), utilizando os critérios de vulnerabilidade natural dos aquíferos estabelecidos por FOSTER *et al.* (1988) e os conhecimentos diretos da região, definiram duas zonas que determinam a maior ou menor facilidade de um aquífero vir a ser afetado por uma carga contaminante:

- **Zona de maior vulnerabilidade** corresponde às áreas de aluviões e às áreas onde afloram os arenitos das Formações Rio da Batateira, Missão Velha e Exu;
- **Zona de mais baixa suscetibilidade** compreende a região onde afloram as rochas cristalinas e os sedimentos da Formação Santana.

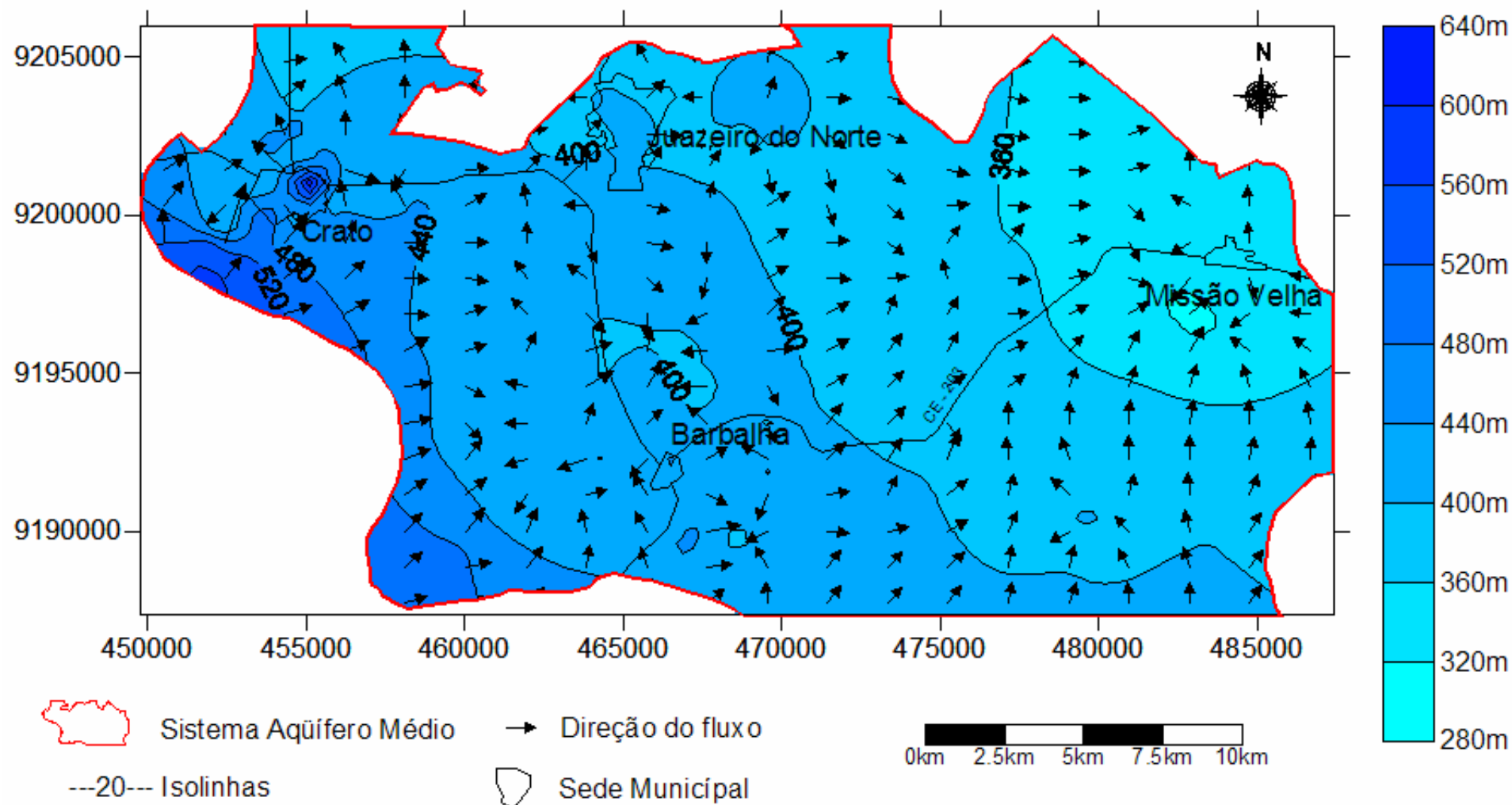
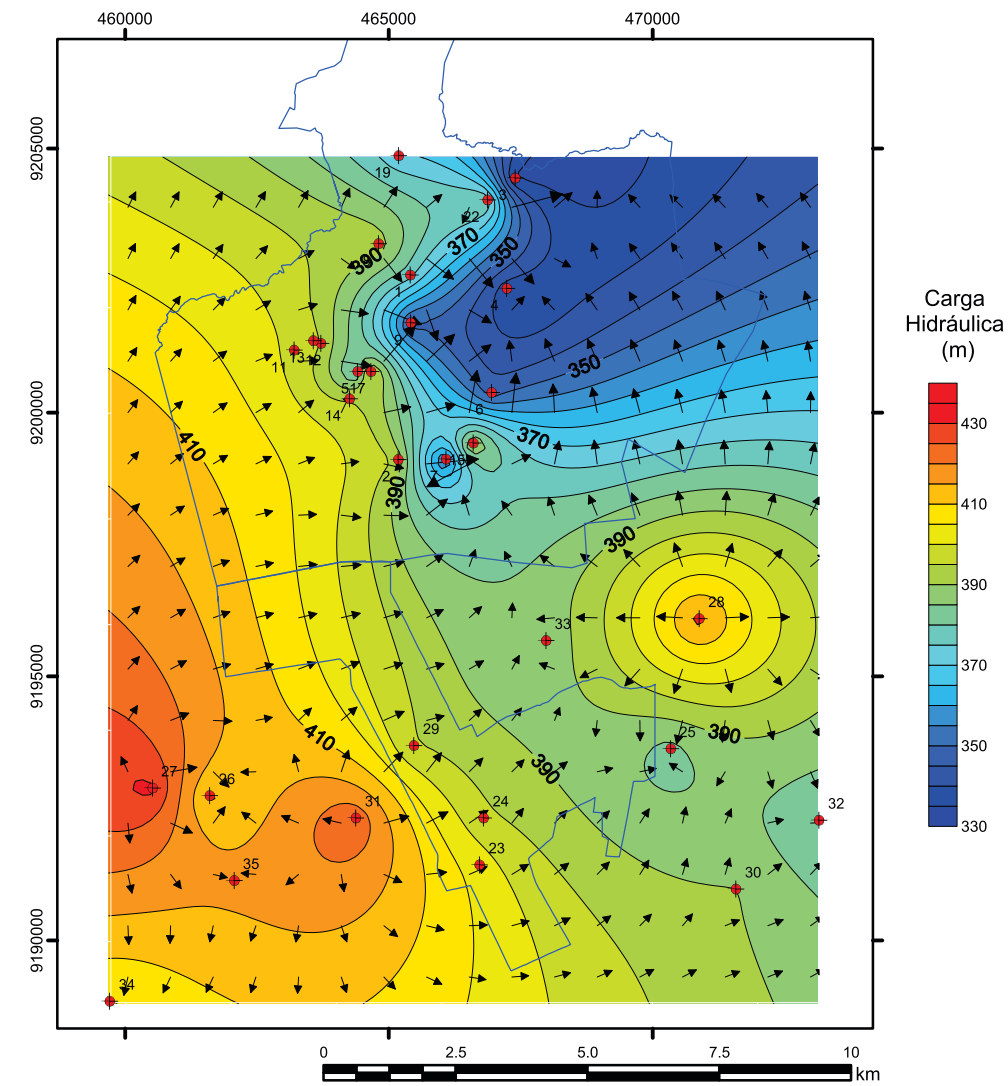
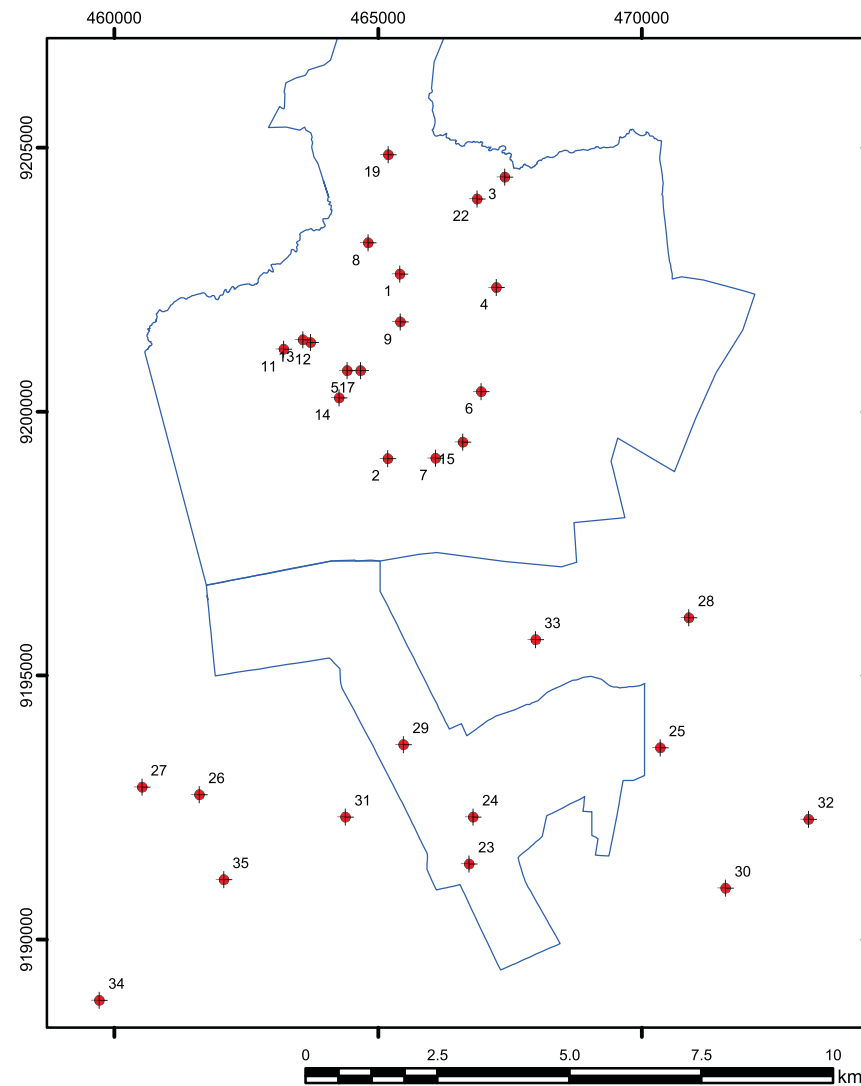
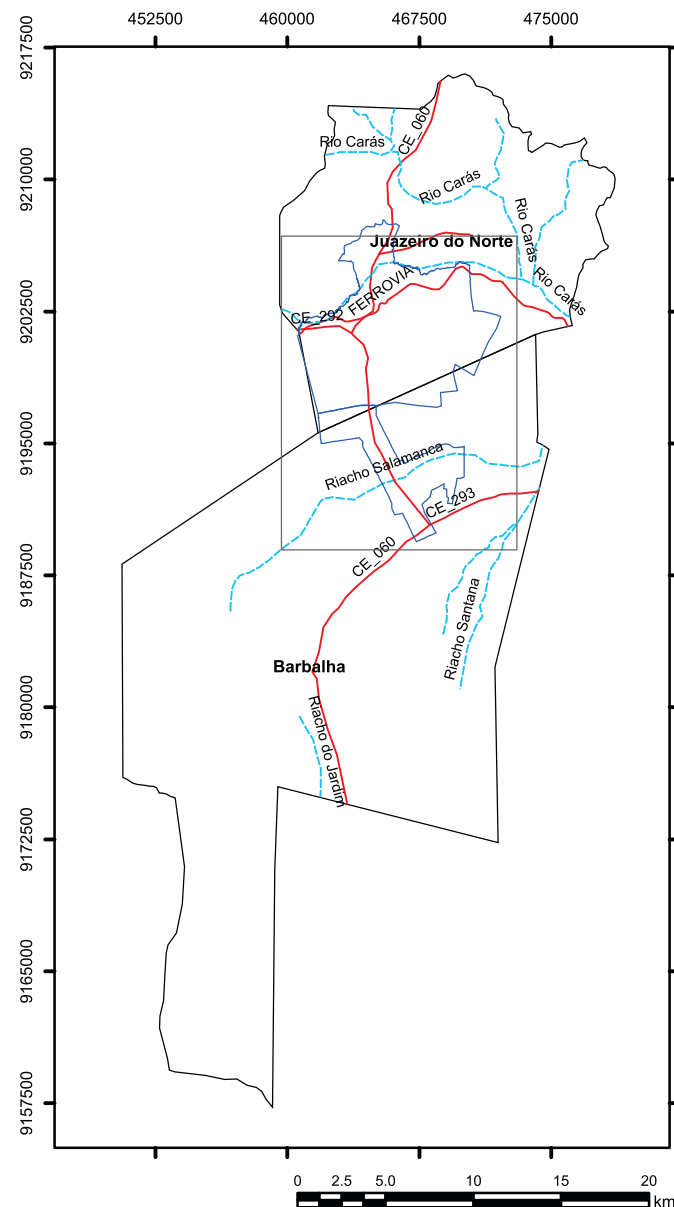


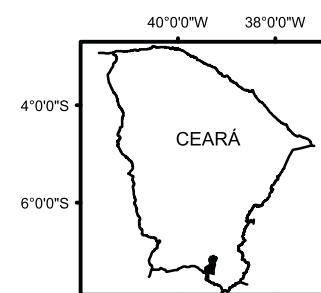
Figura 7.2 - Superfície Potenciométrica na Área do Sistema Aquífero Médio





| Município | Poço Cogerh | N | E | Carga Hidráulica (m) | Município | Poço Cogerh | N | E | Carga Hidráulica (m) |
|-----------|-------------|---------|--------|----------------------|-----------|-------------|---------|--------|----------------------|
| J. Norte | 1 | 9202611 | 465414 | 376,95 | J. Norte | 19 | 9204869 | 465199 | 371,07 |
| J. Norte | 2 | 9199110 | 465190 | 393,95 | J. Norte | 22 | 9204030 | 466881 | 380,96 |
| J. Norte | 3 | 9204444 | 467402 | 334,77 | Barbalha | 23 | 9191432 | 466729 | 402,85 |
| J. Norte | 4 | 9202352 | 467248 | 336,71 | Barbalha | 24 | 9192316 | 466805 | 396,58 |
| J. Norte | 5 | 9200777 | 464414 | 377,82 | Barbalha | 25 | 9193629 | 470349 | 383,05 |
| J. Norte | 6 | 9200379 | 466955 | 347,81 | Barbalha | 26 | 9192742 | 461613 | 409,46 |
| J. Norte | 7 | 9199123 | 466095 | 353,11 | Barbalha | 27 | 9192891 | 460527 | 431,17 |
| J. Norte | 8 | 9203198 | 464814 | 392,66 | Barbalha | 28 | 9196095 | 470898 | 416,62 |
| J. Norte | 9 | 9201699 | 465421 | 348,42 | Barbalha | 29 | 9193694 | 465486 | 395,72 |
| J. Norte | 11 | 9201182 | 463216 | 398,43 | Barbalha | 30 | 9190970 | 471590 | 390,25 |
| J. Norte | 12 | 9201314 | 463721 | 395,18 | Barbalha | 31 | 9192323 | 464385 | 424,17 |
| J. Norte | 13 | 9201364 | 463577 | 397,06 | Barbalha | 32 | 9192275 | 473166 | 381,15 |
| J. Norte | 14 | 9200265 | 464260 | 395,09 | Barbalha | 33 | 9195677 | 467988 | 386,87 |
| J. Norte | 15 | 9199422 | 466613 | 392,25 | Barbalha | 34 | 9188844 | 459719 | 404,48 |
| J. Norte | 17 | 9200778 | 464674 | 398,57 | Barbalha | 35 | 9191132 | 462078 | 415,99 |

Fonte: Cogerh, 2009.



LEGENDA

Drenagem

Sistema Viário

Divisão Municipal

Área de Vulnerabilidade - PDAA

Poços de monitoramento (Cogerh, 2009)

Sentido do fluxo da água subterrânea

Isolinhas da superfície potenciométrica

Base retirada do Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará, CPRM, 2003.
Limites do PDAA retirado do mapa de vulnerabilidade do Consórcio Tecminas e Hydros
Datum Planimétrico SAD 69.

PDAJ-JUABAR

MUNICÍPIO:
JUAZEIRO DO NORTE E BARBALHA

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ

JUAZEIRO DO NORTE E BARBALHA - PDAA

MAPA DE FLUXO SUBTERRÂNEO REGIONAL E POTENCIOMÉTRICO

CONSÓRCIO

HYDROS

TECMINAS

ENGENHARIA S.C. LTDA.

ESCALA:

1/100.000

DATA:

FEVEREIRO/2010

DES.:

7.1

7.3 DEMANDAS HÍDRICAS NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE

O atendimento às demandas de água em Juazeiro do Norte se faz através da captação de água subterrânea por poços tubulares que foram construídos ao longo dos últimos 30 anos, a maioria na área urbana da sede municipal e outros poucos espalhados pelo município.

Nos **Quadros 7.2, 7.3 e 7.4**, estão resumidas as informações de populações e respectivas demandas no ano de 2007, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

Quadro 7.2 - Demanda Hídrica em Juazeiro do Norte

| Municípios | População Urbana | População Rural | Total Habitantes | Vol. Anual _2007 (m ³ /ano) |
|-------------------|------------------|-----------------|------------------|---|
| Juazeiro do Norte | 213.820 | 28.319 | 242.139 | 13.357.110,00 |

Fonte: (IBGE, 2007)
OMS_ 150L/hab./dia.

Quadro 7.3 - Demanda Hídrica da População Urbana em Juazeiro do Norte

| Municípios | População Urbana | L/hab.dia/cidade (*) | Vol. Anual _2007 (m ³ /ano) |
|-------------------|------------------|----------------------|---|
| Juazeiro do Norte | 213.820 | 158 | 12.330.999,00 |

Fonte: IBGE, 2007.

Quadro 7.4 - Demanda Hídrica da Pecuária em Juazeiro do Norte

| Municípios | Beda (animal) | População | Vol. Anual 2007(m ³ /ano) |
|-------------------|----------------------------------|----------------|---|
| Juazeiro do Norte | Bovino | 8.921 | 162.808,25 |
| | Equino | 350 | 6.387,50 |
| | Asinino | 56 | 1.023,00 |
| | Muar | 263 | 4.799,75 |
| | Suíno | 541 | 2.468,31 |
| | Caprino | 449 | 1.638,85 |
| | Ovino | 2.164 | 7.898,60 |
| | Galos, frangas, frangos e pintos | 81.542 | 8.928,85 |
| | Galinhas | 10.174 | 1.114,05 |
| | Codornas | 11.070 | 1.212,16 |
| Total | | 115.530 | 198.278,32 |

Fonte: IBGE, 2007.

De acordo com os resultados das avaliações constantes neste PDAA, para a manutenção e o crescimento sustentável da economia de Juazeiro do Norte, calcula-se um consumo da ordem de 840,81 L/s, em 2010, e de 1029,26 L/s, para o ano de 2030, equivalendo a 49,1 e 60,1% da disponibilidade real do aquífero médio, respectivamente (**Quadro 7.5**).

Quadro 7.5 - Comparativo entre Demanda e Disponibilidade Hidrogeológicas do Aquífero Médio em Juazeiro do Norte

| Juazeiro do Norte | | | | | | |
|--|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---|---|
| Demandas Aquífero Médio x Disponibilidade Virtual do Aquífero Médio | | | | | | |
| Ano | Demanda Cagece (L/s) | Demanda Agricultura (L/s) | Demanda Pecuária (L/s) | Demanda Total (L/s) | Disponibilidade Real do Aquífero Médio (L/s) | Demanda de Juazeiro do Norte no Aquífero Médio (%) |
| 2007/2009 | 773 | 7,29 | 6,28 | 786,57 | 1712,0 | 45,9% |
| 2010 | 826,3 | 7,79 | 6,71 | 840,81 | | 49,1% |
| 2015 | 956,5 | 9,02 | 7,77 | 973,29 | | 56,9% |
| 2020 | 971,3 | 9,16 | 7,89 | 988,35 | | 57,7% |
| 2025 | 993,9 | 9,37 | 8,07 | 1011,35 | | 59,1% |
| 2030 | 1011,5 | 9,54 | 8,22 | 1029,26 | | 60,1% |

Fonte: DNPM - 1996

8 VULNERABILIDADES DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE JUAZEIRO DO NORTE

8.1 VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS

A vulnerabilidade natural é uma propriedade intrínseca de um sistema aquífero e depende de sua sensibilidade aos impactos naturais. As propriedades físicas dos aquíferos oferecem variáveis graus de proteção às águas subterrâneas contra contaminações de diversas origens.

A determinação da vulnerabilidade de aquíferos em algumas de suas zonas é um processo arbitrário, pois os resultados a serem quantificados e qualificados nos mapas de vulnerabilidade apresentam valores relativos e não valores absolutos.

Na sua conceituação, a vulnerabilidade natural refere-se geralmente à geologia, aos parâmetros hidrogeológicos e às características do aquífero e do solo. No caso em análise, torna-se necessário correlacionar também os impactos por ações antrópicas.

Os conceitos de poluição, poluente e contaminação de águas, propostos por FEITOSA *et al.* (2000), são fundamentais para fins de análise mais específica da vulnerabilidade.

A poluição é uma alteração artificial da qualidade físico-química da água, suficiente para superar os limites pré-estabelecidos para uma determinada utilização.

Poluente é toda e qualquer substância que ameaça a saúde, a segurança e o bem estar e acarreta impactos para o ecossistema aquático, altera as características de águas receptoras ou modifica as normas de qualidade pré-estabelecidas.

Água contaminada é a que possui organismos patogênicos, substâncias tóxicas e/ou radioativas em teores prejudiciais à saúde humana.

Por conceituação, qualquer água contaminada é poluída, mas nem toda água poluída é contaminada. As águas subterrâneas são mais protegidas dos poluentes que as águas superficiais, devido às camadas de solos e rochas sobrejacentes à formação geológica aquífera.

Vários fatores influenciam no processo de poluição de um aquífero, onde podemos citar:

- Espessura da zona de aeração;
- Presença de matéria orgânica, óxidos e minerais de argilas no solo;
- A profundidade da camada saturada do aquífero;
- A permeabilidade;
- Contaminações pontuais e locais.

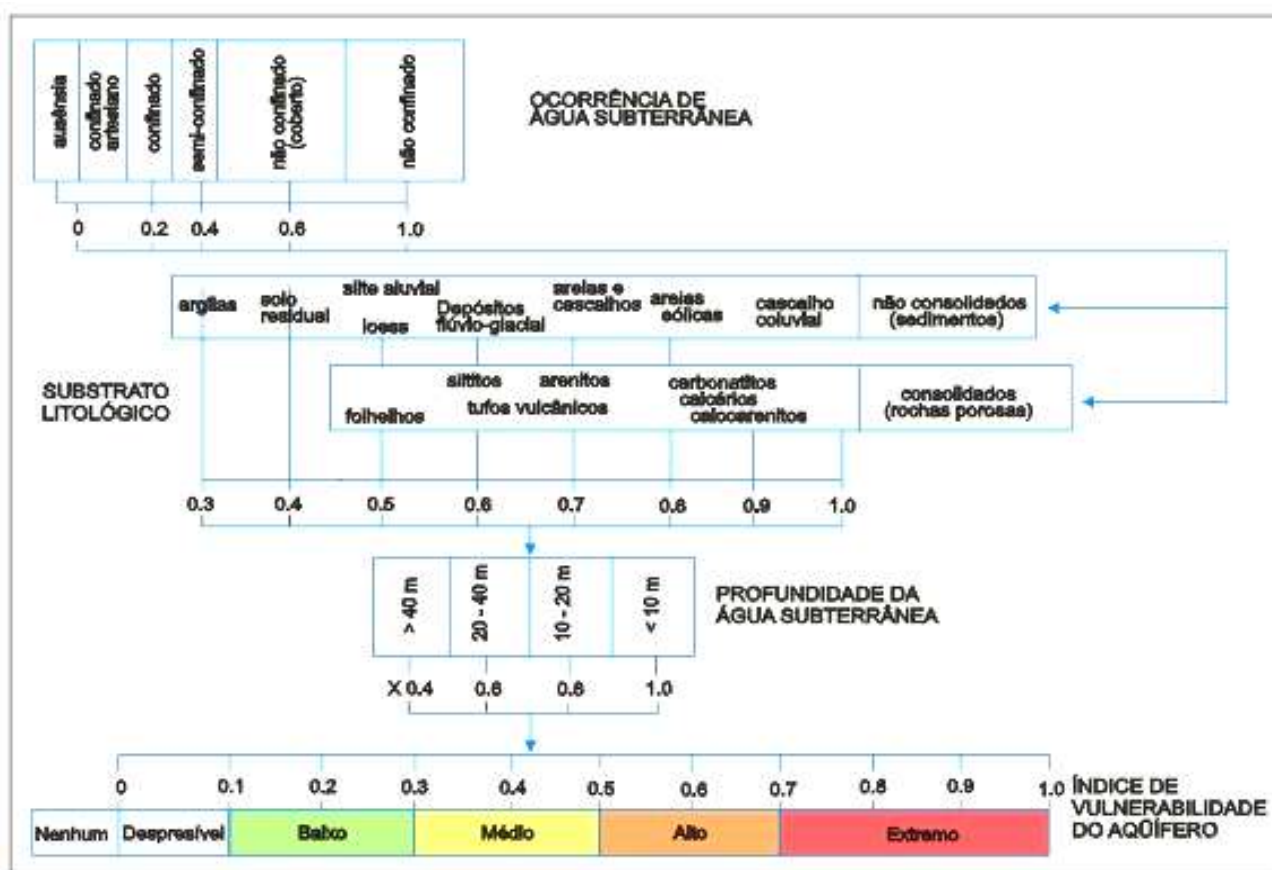
8.1.1 Características e Classificação da Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos

Dentre os vários métodos existentes para caracterização e classificação da vulnerabilidade de aquíferos (SAI, LSR, WSS, SRS, HRS, SEM, AVI, DRASTIC, IMPACT e SINTACS), o método GOD (Foster, *et al.*, 1987; Foster e Hirata, 1993) é o mais simples e adaptado para áreas com poucos dados.

Este método utiliza três parâmetros básicos:

- **G** - *Groundwater occurrence* - condição do aquífero (livre, semi-confinado, confinado e ausente);
- **O** - *overall of lithology of aquifer* - caracterização global do aquífero quanto ao grau de consolidação e natureza litológica (da zona não saturada);
- **D** - *Depth* - profundidade até o nível freático ou topo do aquífero confinado (zona não saturada).

Para a avaliação da vulnerabilidade natural - VN dos aquíferos inclusos no sistema Aquífero Médio e dos sobrepostos a este em Juazeiro do Norte, utilizamos os critérios propostos por Foster (*et al.* Op. Cit.) e VERÍSSIMO (1999) adaptados às condições da área de estudo, somando-se às novas considerações e observações na **Figura 8.1**.



Fonte: (Foster e Hirata, 1993)

Figura 8.1 - Parâmetros para Classificação da Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos

No fluxograma de avaliação do índice de vulnerabilidade natural do aquífero (**Figura 8.1**), a avaliação parte do parâmetro “ocorrência das águas subterrâneas - G”, onde para cada uma é adotado um determinado valor numérico que varia de 0,0 a 1,0, indo de ausente a não confinado (livre), respectivamente, onde os valores mais elevados (aquíferos livres) estão associados a maior vulnerabilidade.

A avaliação seguinte está relacionada ao “substrato litológico formador - O” do aquífero, onde é dividido em materiais não consolidados (sedimentos) e consolidados (rochas porosas), cujo valor varia de 0,3 a 1,0, indo de materiais de baixa permeabilidade e transmissividade, a materiais

inconsolidados de alta permeabilidade e transmissividade. Os maiores valores são os de maior vulnerabilidade.

O parâmetro “profundidade da água subterrânea - D” está arbitrado e classificado em quatro índices assumindo os seguintes valores, da menor para a maior vulnerabilidade:

- N.E. > 40 m valor 0,4;
- $20\text{m} < \text{N.E.} \leq 40\text{ m}$ valor 0,6;
- $10\text{m} < \text{N.E.} \leq 20\text{ m}$ valor 0,8;
- N.E. $\leq 10\text{ m}$ valor 1,0.

O índice de vulnerabilidade natural do aquífero - IVN no método GOD é determinado pelo produto dos valores arbitrados para cada situação, podendo variar de 0,0 (não vulnerável) a 1,0 (extremamente vulnerável).

Assim, são estabelecidas as seguintes classes quanto à vulnerabilidade:

- Nenhuma/desprezível $0,0 \leq \text{IVN} \leq 0,10$;
- Baixa $0,1 < \text{IVN} < 0,30$;
- Média $0,3 < \text{IVN} < 0,50$;
- Alta $0,5 < \text{IVN} < 0,70$;
- Extrema $0,7 < \text{IVN} < 1,00$.

Considerando-se, ainda, a possibilidade da variação numérica dentro de cada classe de vulnerabilidade, foi estabelecida a seguinte subclassificação:

- Nenhuma/desprezível $0,0 \leq \text{IVN} \leq 0,10$;
- Baixa- Baixa $0,1 < \text{IVN} < 0,20$;
- Baixa - Alta $0,2 < \text{IVN} < 0,30$;
- Média- Baixa $0,3 < \text{IVN} < 0,40$;
- Média - Alta $0,4 < \text{IVN} < 0,50$;
- Alta - Baixa $0,5 < \text{IVN} < 0,60$;
- Alta - Baixa $0,6 < \text{IVN} < 0,70$;
- Extrema - Baixa $0,7 < \text{IVN} < 0,90$;
- Extrema - Alta $0,9 < \text{IVN} < 1,00$.

8.2 CLASSIFICAÇÃO DOS AQUIFEROS QUANTO À VULNERABILIDADE NATURAL EM JUAZEIRO DO NORTE

Aplicando-se o método GOD e a subclassificação anterior na área do SAA de Juazeiro do Norte, formou-se a classificação do **Quadro 8.1**, onde os sistemas aquíferos da área de estudo estão divididos conforme suas unidades hidrogeológicas e classificadas quanto ao tipo de aquífero, litotipo e profundidade do nível estático.

Os tipos de aquíferos na área representam sistemas livres com índice entre 0,9 a 0,6. Os litotipos aflorantes são basicamente areia, cascalho, arenitos finos, médios, grosseiros e quartzosos, siltitos, argilitos, folhetos, com valores de índice entre 0,6 a 0,9. A profundidade dos níveis estáticos tem índice variando de 0,4 a 1,0.

Quadro 8.1 - Classes de Vulnerabilidade Natural dos Aquíferos em Juazeiro do Norte - CE

| Sistema Aquífero | Unidade Hidrogeológica | Tipo de Aquífero | Litotipo | Nível d'água | Índice | Classe |
|------------------------|------------------------|------------------|----------|--------------|--------|-----------------|
| Aluviões e Coberturas | Aluviões | 0,9 | 0,9 | 1 | 0,81 | Extrema - baixa |
| | Coberturas Arenosas | 0,8 | 0,7 | 4 | 0,56 | Alta - baixa |
| | Depósito de Tálus | Não ocorre | | 0,8 | 0,45 | Média – alta |
| Sistema Aquífero Médio | Rio da Batateira | 0,7 | 0,7 | 1 | 0,49 | Média - alta |
| | Missão Velha | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,51 | Alta – baixa |

O passo seguinte desta classificação é a elaboração do mapa de vulnerabilidade natural das áreas de influência do sistema de abastecimento de água. No **Desenho 8.1** foram distinguidas as seguintes classes:

- **Baixa-baixa:** Compreende áreas da porção noroeste do Morro do Horto, a norte do plano diretor urbano, com pequena ou nenhuma cobertura sedimentar, predominando o embasamento cristalino. A cobertura de sedimentos areno-argilosos, retrabalhados das Formações Mauriti e Brejo Santo, é pouco espessa, ocorrendo fragmentos rochosos de tamanhos variados e angulosos próximos ao morro do Horto. As cotas variam de baixas a altas e o aquífero fissural é inexpressível. A drenagem superficial se dá na direção NW, oposta ao centro urbano.
- **Baixa-alta:** Compreende áreas da porção sudeste do Morro do Horto, a norte do plano diretor urbano, com pequena ou nenhuma cobertura sedimentar, predominando o embasamento cristalino. A cobertura de sedimentos areno-argilosos, retrabalhados das Formações Mauriti e Brejo Santo, é pouco espessa, ocorrendo fragmentos rochosos de tamanhos variados e angulosos próximos ao morro do Horto. As cotas variam de baixas a altas e o aquífero fissural é inexpressível. A drenagem superficial se dá na direção SE, alimentando o riacho Salgadinho, no centro urbano.
- **Média-alta:** Compreende áreas de coberturas de espriamento aluvial menos espessas e de sedimentos subaflorantes ou aflorantes da Formação Rio Batateiras, com cotas um pouco mais altas e mais distantes das drenagens naturais. Abrange arenitos médios grosseiros, mal classificados, siltitos argilosos e uma camada de folhelhos. Possui diferentes permeabilidades e porosidades, compreendendo a maior área de exposição.
- **Alta-baixa:** Corresponde às áreas de coberturas de espriamento aluvial mais espessas e de sedimentos subaflorantes ou aflorantes da Formação Rio Batateira em regiões mais baixas e próximas aos rios e riachos, em áreas de forte urbanização e sem esgotamento sanitário.
- **Extrema-baixa:** Compreende as áreas baixas, por vezes inundáveis, próximas as drenagens naturais no centro urbano. Abrange coberturas arenosas e/ou areno-argilosas aluvionares, sendo constituídas de areias, argilas, lateritas, arenitos e argilitos pouco coesos; Possuem porosidade e permeabilidade altas, níveis estáticos rasos e uma cobertura vegetal de pequeno porte muito abrangente; Constitui uma área de risco à poluição dos aquíferos rasos e profundos. Há a deposição de lixo doméstico e a recepção de esgotos doméstico, comercial, industrial, agrícola e rural.

- **Extrema-alta:** Corresponde diretamente às linhas de drenagem na área urbana, as quais recebem inúmeras cargas de poluição, transferindo aos aquíferos locais, índices indesejados de contaminação. É um canal direto para recarga e poluição dos aquíferos.

8.3 VULNERABILIDADE SECUNDÁRIA DAS CAPTAÇÕES DA CAGECE

Enquanto a vulnerabilidade natural - VN é uma propriedade intrínseca de um sistema aquífero e depende de sua sensibilidade aos impactos naturais, a vulnerabilidade secundária - VS é uma propriedade temporária inerente a existência de pelo menos um componente de impacto ambiental negativo, associada a uma ação antrópica, que ofereça riscos pontuais de degradação do sistema aquífero ou de prejuízo para a própria unidade de captação e/ou para gestão do sistema.

O conceito de risco ambiental adotado aqui é o que considera qualquer possibilidade de trazer prejuízo ao sistema de abastecimento público ora avaliado, seja interferindo no manancial subterrâneo ou nas áreas de captação do sistema ou na gestão do mesmo.

Com esse conceito, mostramos a seguir, aspectos observados em campo que indicam esses riscos ambientais nas diversas unidades de captação.

As áreas onde se encontram os poços oferecem variados graus de vulnerabilidade pontual, considerando a proteção das águas subterrâneas contra contaminações de diversas origens.

A determinação dessa vulnerabilidade secundária é também um processo arbitrário, porém representa bem as situações de campo com valores relativos e não valores absolutos.

Na sua conceituação, a vulnerabilidade secundária refere-se aos aspectos físicos e operacionais do sistema que possam produzir um mínimo de impacto ambiental negativo. Portanto, a classificação é relativa a um dado momento ou situação encontrada, podendo seus índices variar de acordo com adoção ou não de medidas mitigadoras.

Três fatores principais embasam a vulnerabilidade secundária de um sistema de abastecimento. São eles:

- Localização da área de captação;
- Infraestrutura da área da captação;
- Operação da captação (bomba e poço tubular).

Localização – Considera-se como fator de risco de degradação ambiental, a localização do poço com relação ao seu entorno. Avalia-se nesta definição, à distância a riachos poluídos, cemitérios, postos de combustível, esgoto a céu aberto, lixões, fossas, criadouros de animais, indústrias, depósitos de produtos químicos, estação de tratamento de esgoto, áreas de tráfego de pedestres, vegetação de médio ou grande porte, praia, áreas inundáveis, áreas de lazer, entre outros.

Infraestrutura – São relacionados a este fator os aspectos construtivos na área de proteção do poço, tais como: altura da boca, tampa/flange de suporte da bomba, conexões poço/rede, laje de proteção, piso da área, alimentação de energia elétrica, casa de quadro de comando, instalação elétrica, tipo de isolamento da área, condições de acesso e espaço disponível na área.

Operação – São considerados aqui, aspectos operacionais de cada poço, tais como: identificação, monitoramento da vazão e nível da água, tempo de bombeamento, dimensionamento da bomba, desinfecção, inspeção de rotina, vigilância, limpeza e capina da área, periodicidade de limpeza do poço, manutenção e troca de cabos elétricos, conexões, tubulação e bomba, análises periódicas da água, catalogação e avaliação de dados.

A partir dessa discriminação dos aspectos pontuais dos fatores de riscos, adotou-se uma matriz numérica para classificação quanto à vulnerabilidade secundária atribuindo-se os seguintes valores:

- 1) **Localização:** os valores atribuídos variam entre 0,1 e 0,5, de acordo com a distância entre a boca do poço e os potenciais fatores de risco:

- $D < 20$ m valor 0,5;
- $20 < D < 50$ m valor 0,4;
- $50 < D < 100$ m valor 0,3;
- $100 < D < 150$ m valor 0,2;
- $D > 150$ m valor 0,1.

- 2) **Infraestrutura:** as unidades captadoras serão avaliadas, de acordo com as condições de infraestrutura, com a seguinte pontuação:

- Não aceitável valor 0,5;
- Pouco aceitável valor 0,4;
- Satisfatória valor 0,3;
- Boa valor 0,2;
- Ótima valor 0,1.

- 3) **Operação:** esse quesito será avaliado de acordo com as condicionantes que evidenciam os cuidados com a manutenção da unidade captadora. Para tal, três níveis foram estabelecidos:

- Não monitorada valor 0,3;
- Pouco monitorada valor 0,2;
- Bem monitorada valor 0,1.

Classificação: O somatório das três pontuações define o índice de vulnerabilidade secundária - IVS da unidade de captação, classificada segundo as classes de vulnerabilidade como pode ser observado no **Quadro 8.2**.

Quadro 8.2 - Classificação da Vulnerabilidade Secundária

| $\Sigma (1, 2, 3)$ | Classe de Vulnerabilidade Secundária |
|-------------------------|--------------------------------------|
| $IVS < 0,5$ | Baixa |
| $0,5 \leq IVS \leq 1,0$ | Média |
| $IVS > 1,0$ | Alta |

8.3.1 Vulnerabilidade Secundária do Sistema de Captação de Água Subterrânea em Juazeiro do Norte

As visitas de campo possibilitaram a observação de inúmeros aspectos ligados à vulnerabilidade com relação às intervenções antrópicas nas áreas das captações e nos respectivos poços do sistema de abastecimento de Juazeiro do Norte.

Descreve-se a seguir, essas observações, as quais estão registradas no **Anexo 1** deste Tomo:

PT-01, PT-02 E PT-02A: Localizados na área do Parque Ecológico das Timbaúbas, próximo ao Riacho dos Macacos e próximo à vegetação de médio porte, sem o devido isolamento da área. Não há laje nem piso de proteção. Cabos elétricos encontram-se expostos, com riscos de acidentes;

PT-03: Encontra-se na Av. Castelo Branco, na margem direita do Riacho dos Macacos, onde há a deposição incontrolada de lixo doméstico. Zona de alto risco de vulnerabilidade. O poço fica a aproximadamente 10 m do leito deste riacho. Isolamento da área feito por cerca de arame farpado. Cabos elétricos expostos;

PT-04: Falta laje de proteção e há escoamento de esgoto doméstico na frente desta unidade de captação;

PT-05: Poço localizado em área residencial, sujeito a contaminação devido às fossas próximas. Falta laje de proteção e limpeza/capina da área;

PT-06: Encontra-se em zona de alta vulnerabilidade devido à proximidade de um esgoto a céu aberto e a um terreno baldio, onde há a deposição de muito lixo doméstico. Não possui laje de proteção e nem isolamento da área;

PT-07: Situa-se em zona de alta vulnerabilidade por conta da criação de animais nas proximidades do poço. Área sem o devido isolamento. Falta laje de proteção e limpeza/capina nos arredores do poço;

PT-08: Localizado em planície aluvial, com alto risco de contaminação. Esta unidade encontra-se cercada por vegetação e com infraestrutura totalmente inadequada. Falta laje de proteção e isolamento/limpeza da área. Está exposta a esgoto a céu aberto e o acesso é precário. As instalações elétricas estão mal abrigadas e desprotegidas;

PT-09: Localizado junto a Estação Elevatória - EE-07, em área residencial. Próximo à vegetação de médio porte. A unidade está com razoável infraestrutura. Não há piso e falta capina;

PT-10: Instalado em praça pública no cruzamento da av. Arnóbio Barcelar Caneca e Rua Luiz Coelho Rocha. Não há isolamento da unidade. Área residencial e de lazer. Boca do poço desprotegida;

PT-11: Encontra-se no cruzamento das ruas Arnóbio Barcelar Caneca e Manoel Miguel dos Santos. Área residencial. Não há piso e a vegetação rasteria cobre toda a unidade de captação;

PT-12: Situa-se na Rua Arnóbio Barcelar Caneca. Isolamento precário e feito por cerca de arame farpado. Não há piso. Falta limpeza/capina da área;

PT-13: Situa-se na Rua Arnóbio Barcelar Caneca. Encontra-se em área residencial. Área bem murada; Está sujeito a contaminação por drenagem das fossas negras;

PT-14: Localizado junto à Estação Elevatória EE-07, este poço encontra-se em área residencial e próximo à árvores de médio/grande porte. Infraestrutura razoável;

PT-15: Disposto em área residencial e junto ao posto PSF-58, na av. Leão Sampaio. Sistema de tratamento da água em local inadequado (fora da área de isolamento);

PT-16: Disposto em área residencial, com fluxo de esgoto a céu aberto na frente da casa de isolamento. Falta laje de proteção e piso. Há vegetação muito próxima ao poço;

PT-17: Dentro do Parque das Timbaúbas. Boa infraestrutura, piso e isolamento da área adequados. Nas proximidades, há árvores de grande porte. Cabos elétricos e da automação expostos, necessitando de manutenção;

PT-18: Poço sem isolamento/laje de proteção adequados. Fiação elétrica exposta, necessitando de manutenção. Não há proteção adequada da área, nem piso;

PT-19: Localizado dentro do CAIC - EEFM Dom Antonio Campelo, sem o devido isolamento, estando sujeito às ações antrópicas negativas. Presença de árvores de grande porte nas proximidades do poço. Zona de alta vulnerabilidade secundária;

PT-20: Área localizada na av. José de Melo, próximo à ponte sobre o rio Salgadinho, sendo passível de inundação durante os períodos de chuvas; Fiação elétrica exposta e laje de proteção danificada. Não há piso e seu isolamento está inadequado; Não há capina da área deste poço;

PT-21: Área murada, porém sem identificação. Não há piso e nem laje de proteção e a fiação elétrica necessita de manutenção. Área residencial, sem rede de esgotos;

PT-22: Localizado no bairro Mutirão II, estando sujeito a contaminação por fossas. Em frente à área do poço, há um terreno baldio onde está sendo despejado muito lixo doméstico. Zona de alta vulnerabilidade;

PT-23: Localizado na Rua Joaquim Leandro de Sousa com Sebastião Palmeira, bairro Aeroporto. Área residencial sem rede de esgoto. Acesso e infraestrutura razoável. Piso e laje de proteção inadequados. Fossas muito próxima ao poço. Zona de alta vulnerabilidade;

PT-24: Encontra-se no Bairro São José, em área residencial, sem o isolamento adequado. Há deposição de lixo doméstico a aproximadamente 20 m do poço. Sem piso e com laje de proteção danificada. Fiação elétrica exposta, necessitando de manutenção. Área sem capina e desorganizada;

PT-25: Unidade de captação em área residencial. Localizado na planície aluvial do rio Salgadinho, estando sujeito a inundações; Sem o adequado isolamento e sem piso. Laje de proteção danificada. Presença de árvores de médio porte próximas ao poço. Zona de alta vulnerabilidade;

PT-26: Unidade situada na Rua Cícero Militão em área residencial e com esgoto a céu aberto fluindo na frente da captação. Acesso e isolamento adequados. Vulnerável a infiltrações de efluentes das fossas negras. Sem piso e necessitando de limpeza/capina da área;

PT-27: Unidade situada no Parque das Timbaúbas. Presença nas proximidades de árvores de médio porte. Área murada, mas sem piso. Necessita de capina e manutenção para correção de vazamentos;

PT-28: Dentro das instalações da Regional Cagece. Área sem piso, capina e isolamento adequados;

PT-29: Situado a 50m do PT-28. Área totalmente exposta, sem nenhum isolamento, e sujeita a contaminação e vandalismo. Sem piso e proteção do poço, que fica muito próximo ao arruamento. Zona de alta vulnerabilidade;

PT-30: Situado dentro das instalações da Regional Cagece. Falta isolamento da área do poço. Próximo, há árvores de grande porte. Área precisando de capina e piso;

PT-31: Localizado em área próxima ao Parque Ecológico das Timbaúbas, estando sujeito à contaminação por fossas negras. Área sem nenhum isolamento e proteção, facilitando ações antrópicas negativas. Não há capina no local a vegetação cresce;

PT-32: Locado a aproximadamente 400 m do rio Caras, na localidade rural de Palmeirinha, estando sujeito à contaminação por fossas negras. Presença de muita vegetação no entorno e árvores de grande porte. Não há piso adequado e falta capina/limpeza da área desta unidade;

PT-33: Esta unidade foi doada pela Prefeitura Municipal de Juazeiro do Norte à Cagece e está em péssimas condições de operação. A área do entorno do poço está desorganizada e sendo utilizada como depósito de usados e outros materiais. A casinha de proteção e a fiação elétrica necessitam de manutenção. Não possui muro de isolamento adequado. Zona de alta vulnerabilidade;

PT-34: Localizado na Rua Paizinho Sabiá com a Rua João Pereira de Carvalho, Parque Planalto. Área residencial e industrial (fabricação de sandálias). Razoável isolamento. Não há piso. Razoável infraestrutura e bom espaço disponível. Área de elevatória EE-15 e do REL-06;

PT-35: Situado na Av. Crescente, bairro Novo Juazeiro, junto ao RAP-07. Área sem isolamento, expondo o poço à ações antrópicas danosas. Área residencial e sem esgotamento sanitário. Sem capina e sem piso. Sujeito à contaminação por fossas negras;

PT-36: Está situado na Rua Serelina Quezado, Bairro Vila Real. Boa infraestrutura de isolamento. Não há piso, nem calçada. Necessita limpeza/capina da área. Área com espaço disponível pequeno;

PT-37: Poço desativado na av. José Ilanio com av. Ailton Gomes, bairro Lagoa Seca. Necessita da construção do isolamento adequado. Área exposta à ação antrópica negativa;

PT-38: Situado em área residencial no bairro Campo Alegre. Não há nenhum isolamento da área. Sem piso. Não há rede de esgotamento sanitário, provocando a contaminação dos aquíferos por fossas. Deposição de resíduos sólidos nas proximidades do poço. Situação de alta vulnerabilidade;

PT-39: Poço construído recentemente, ainda sem infraestrutura para funcionamento. Faltam piso e isolamento da área. Zona de alta vulnerabilidade;

PT-40: Poço construído e instalado recentemente. Sem condições adequadas de infraestrutura. Faltam casinha de quadro de comando, piso e isolamento da área. Zona de alta vulnerabilidade;

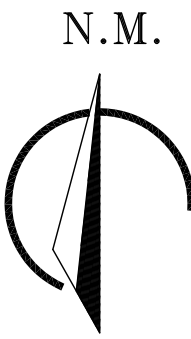
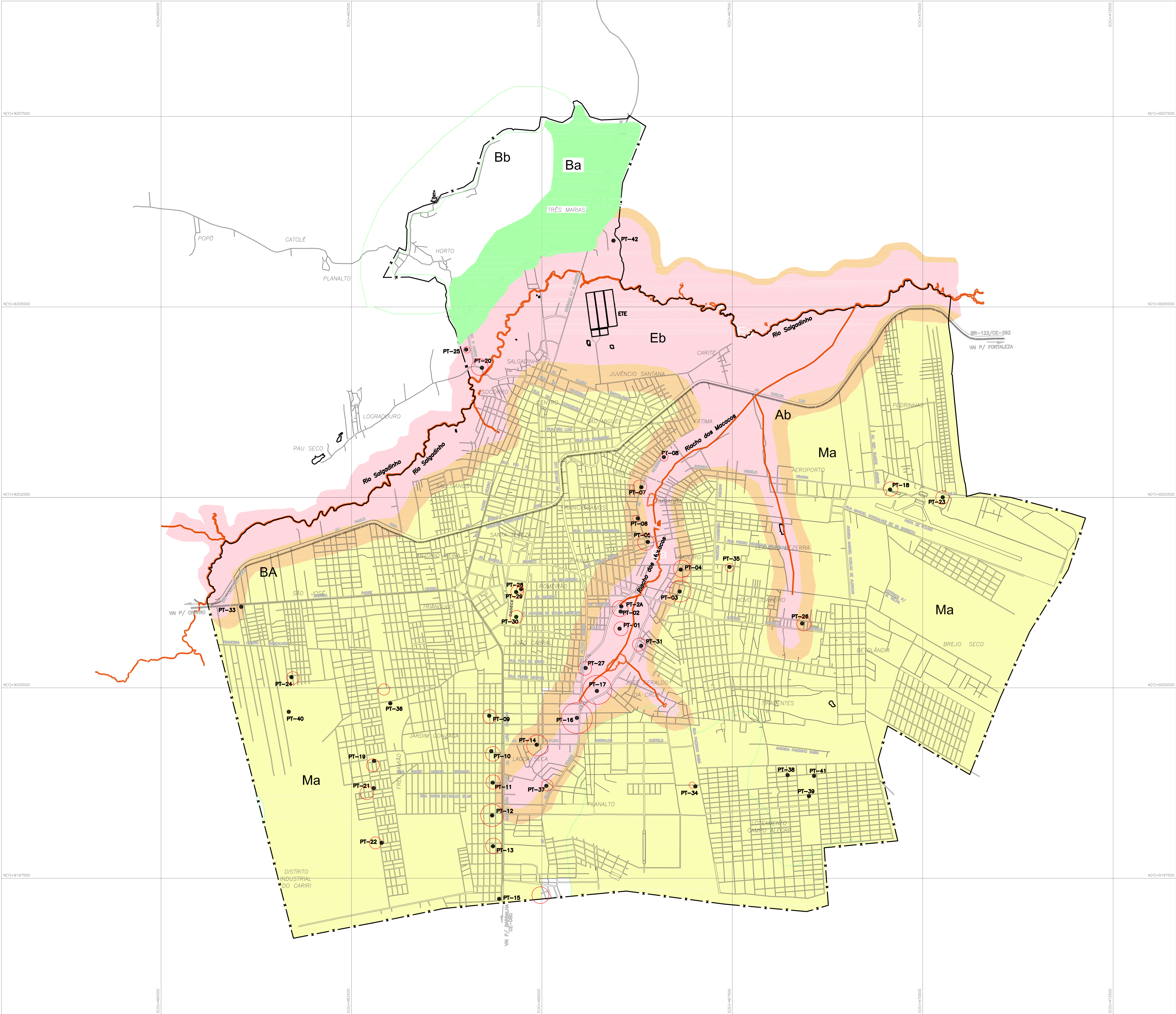
PT-41: Poço construído recentemente e ainda não instalado. Zona de alta vulnerabilidade. Sem infraestrutura de proteção e funcionamento. Faltam casinha de quadro de comando, piso e isolamento da área. Zona de alta vulnerabilidade;

PT-42: Poço construído recentemente e ainda não instalado. Zona de alta vulnerabilidade. Sem infraestrutura de proteção e funcionamento. Faltam casinha de quadro de comando, piso e isolamento da área. Zona de alta vulnerabilidade.

Com base na classificação aqui adotada e nos aspectos identificados, construiu-se o **Quadro 8.3**, onde se tem a classificação arbitrada relativa de cada unidade de captação do sistema de Juazeiro do Norte, com relação à sua vulnerabilidade secundária.

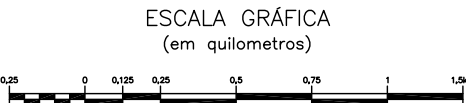
Quadro 8.3 - Índice de Vulnerabilidade Secundária das Unidades de Captação do Sistema de Abastecimento de Água de Juazeiro do Norte

| Poço | Localização | Infraestrutura | Operação | IVS | Classe Vulnerabilidade |
|--------|-------------|----------------|----------|-----|------------------------|
| PT01 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 1,1 | Alta |
| PT02 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 1,1 | Alta |
| PT02-A | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 1,1 | Alta |
| PT03 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 1,0 | Alta |
| PT04 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,8 | Média |
| PT05 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,9 | Média |
| PT06 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 1,2 | Alta |
| PT07 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 1,2 | Alta |
| PT08 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 1,3 | Alta |
| PT09 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,7 | Média |
| PT10 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 1,2 | Alta |
| PT11 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 1,0 | Alta |
| PT12 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,9 | Média |
| PT13 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,9 | Média |
| PT14 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,8 | Média |
| PT15 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 1,1 | Alta |
| PT16 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 1,0 | Alta |
| PT17 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,8 | Média |
| PT18 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 1,1 | Alta |
| PT19 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 1,2 | Alta |
| PT20 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 1,1 | Alta |
| PT21 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 1,0 | Alta |
| PT22 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 1,1 | Alta |
| PT23 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,9 | Média |
| PT24 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 1,1 | Alta |
| PT25 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 1,0 | Alta |
| PT26 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 1,2 | Alta |
| PT27 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,8 | Média |
| PT28 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,9 | Média |
| PT29 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,9 | Média |
| PT30 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,9 | Média |
| PT31 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 1,1 | Alta |
| PT32 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 1,0 | Alta |
| PT33 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 1,3 | Alta |
| PT34 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 1,0 | Alta |
| PT35 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,9 | Média |
| PT36 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,8 | Média |
| PT37 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 1,3 | Alta |
| PT38 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 1,2 | Alta |
| PT39 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 1,3 | Alta |
| PT40 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 1,3 | Alta |
| PT41 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 1,3 | Alta |
| PT42 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 1,3 | Alta |



- LEGENDA
- QUADRA URBANA / LOTEAMENTO
 - FERROVIA
 - ESTRADA / AVENIDA / RUA / ACESSO
 - DRENAGEM / RIO / RIACHO / LAGOA
 - PT-01 ● Poço Tubular Profundo CAGECE

- CLASSES DE VULNERABILIDADE
- Bb BAIXA-BAIXA
 - Ba BAIXA-ALTA
 - Ma MÉDIA-ALTA
 - Ab ALTA-BAIXA
 - Eb EXTREMA-BAIXA
 - Ea EXTREMA-ALTA



PDAA-JUABAR

MUNICÍPIO:
JUAZEIRO DO NORTE

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE
GERÊNCIA DE PLANEJAMENTO DE EXPANSÃO - GPLAN

PLANO DIRETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE
JUAZEIRO DO NORTE E BARBALHA - PDAA-JUABAR
MAPA DE VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUIFEROS MÉDIO E SUPERIOR

CONSORCIO
HYDROS / TECHINAS

| | | | |
|--|-------------------|------------------------|--------------|
| RT.: RUYTER CARLOS DA SILVA CREA: 10.380/D | ESC.: 1/25.000 | DATA: DEZEMBRO/2009 | DES.: 8.1 |
|--|-------------------|------------------------|--------------|

9 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

A condição geoambiental da cidade de Juazeiro do Norte, situada sobre terrenos sedimentares muito porosos e cortada por drenagens naturais, traz a grande preocupação de como se manter e/ou se reestabelecer as boas condições de qualidade dos mananciais subterrâneos, quando se tem um atendimento sanitário apenas parcial e, mesmo assim, muitos usuários relutando em usá-lo, a pretextos de custos, e por “desconhecerem” os benefícios em relação à saúde pública e os prejuízos ambientais que podem causar ou que estão causando diretamente ao homem com relação à sua saúde.

Sem uma preocupação maior com o desenvolvimento da cidade e com o agravamento dos anunciados problemas ambientais, os poços da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece e tantos outros foram construídos dentro dos limites do núcleo urbano, em áreas baixas e próximas às drenagens naturais.

Pelas dimensões e características da cidade, os problemas não são poucos no que diz respeito à proteção do meio ambiente.

Os muitos trabalhos já realizados nesta área atestam uma complexidade de interferências antrópicas, as quais demandam das autoridades competentes ações mais contundentes e enérgicas, tais como a ampliação do sistema de esgotamento, para atender a crescente demanda por esse serviço, e a obrigação e efetivação de todas as ligações de esgoto nesta rede sanitária.

Na atual situação, há, obviamente, poços tubulares do sistema da Cagece que estão sujeitos a alguns impactos negativos, derivados de um contexto de baixa à extrema vulnerabilidade natural, associado às interferências antrópicas detectadas em todas as unidades de captação.

As características construtivas desses poços, cujo processo de construção dos poços sempre exigiu a cimentação sanitária do espaço anelar na parte superior do poço (boca do furo), a qual tem extensão variável em função das características geológicas de cada poço, mostram a preocupação da Cagece com os possíveis impactos de natureza antrópica.

Em um contexto onde o nível estático é relativamente raso e onde a contaminação se dá através da percolação da água no solo, essa cimentação é de extrema importância, uma vez que impede o contato direto entre o agente poluidor, químico ou microbiológico, e o aquífero.

Apesar dessa cimentação anelar, verifica-se que em praticamente todos os poços da Cagece, as áreas não possuem piso adequado, cimentado, deixando-se o solo e a vegetação muito próximos às bocas de alguns poços, o que, em dado momento, facilita o contato indireto do agente poluidor com o aquífero. Esse contato pode ser provocado por pequenos animais e/ou insetos, pelos serviços de manutenção ou mesmo durante enchentes nas áreas inundáveis.

Ainda neste aspecto, além da necessidade de bocas elevadas, pisos cimentados e com caimentos adequados, é de extrema importância o isolamento das unidades de captação através da construção de muros em alvenaria e bons abrigos de proteção, guardando-se sempre condições adequadas às operações de manutenção.

Isto impedirá o acesso de pessoas e/ou animais indesejados às áreas dos poços, o crescimento da vegetação no entorno do poço, incidentes e acidentes que possam provocar a interrupção do abastecimento.

As situações mais preocupantes detectadas são as dos poços nas áreas de influência dos riachos dos Macacos, do rio Salgadinho e na grande área do Parque Ecológico das Timbaúbas, principalmente por não possuírem essa proteção física completa de seus entornos.

A variação e a presença sazonal de algumas concentrações acima do permitido para abastecimento humano como turbidez, ferro, nitrato, nitrito, coliformes e bactérias heterotróficas, em consequência dos períodos de chuva, das características construtivas dos poços, das litologias locais e das interferências antrópicas no meio ambiente, podem ser corrigidos com adequação das áreas de proteção e com serviços de manutenção, limpeza e desinfecção desses poços, mantendo esses valores dentro dos padrões de qualidade e potabilidade oferecidos pela Cagece.

Em suma, no aspecto geoambiental, recomenda-se para o sistema de abastecimento de água da Cagece em Juazeiro do Norte:

- Programas e campanhas de educação sanitária visando o uso da rede de esgotamento por toda a população, indústrias e comércio;
- Adequação das unidades de captação Poço Tubular/Área de proteção ao contexto onde se localizam (construção de piso, muros, capina, pintura, limpeza, isolamento, etc);
- Minimizar os riscos ambientais nas unidades de captação próximas aos riachos e sujeitas aos alagamentos (elevação de boca, impermeabilização do lage de proteção, proteção de cabos elétricos, etc.);
- Realização de análises periódicas das águas brutas. O intervalo deve ser de 4 meses para as físico-químicas em todos os poços e bimensal para as microbiológicas;
- Monitoramento das características físico-químicas e bacteriológicas das águas brutas;
- Substituição, a curto e médio prazos, dos poços produtores em situação de vulnerabilidade extrema por poços situados em áreas de menor vulnerabilidade geoambiental;
- Quando da desativação/desinstalação de poços, não abandonar as áreas antigas e mantê-las preservadas e vigiadas. Ao se desinstalar um poço, bloquear sua boca com tampa bem adequada e vedada;
- Poços improdutivos e realmente abandonados devem ser tamponados segundo normas e procedimentos técnicos adequados;
- Na construção de poços novos, executar desinfecção de choque com cloro ao final dos trabalhos, o que deve ser feito também em todas as operações de manutenção/instalação de poços;
- Criar e gerenciar o banco de dados das intervenções em cada poço, anotando-se todos os procedimentos realizados, equipamentos instalados, datas, operários e profissionais responsáveis técnicos atuantes, afim de subsidiar um programa de manutenção adequado ao sistema de abastecimento.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSINE, M. L. - Sedimentação e tectônica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil), São Paulo, UNESP, 1990 (Tese de Mestrado).
- BIANCHI, L. *et alii* - Mapeamento hidro-agrícola do Cariri Ocidental, escala 1:25.000. Relatório Técnico Inédito Fortaleza, CEPA/Governo do Estado do Ceará, 1984.
- BRANDÃO, R. L. - Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto SINFOR: Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza, CPRM, 1995.
- CEARÁ - Secretaria de Planejamento e Coordenação. Atlas do Ceará, Fortaleza, IPLANCE, 1989.
- CEARÁ - Secretaria de Recursos Hídricos, Plano Estadual dos Recursos Hídricos - Fortaleza - Estudo de Base II, 1992.
- FOSTER, S. & HIRATA, R. - Determinacion del riesgo de contaminacion de águas subterrâneas - una metodología baseada em datos existentes. 2ª ed. CEPIS-OMS - Lima, Peru, 1991.
- FRACALOSSO Jr. M. - Aspectos Hidrológicos da Bacia do Araripe Aquíferos Missão Velha E Mauriti. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 4º Brasília, ABS, 1996.
- HIDROGEOLOGIA: Conceitos e Aplicações / Coordenadores: Fernando Antonio Carneiro Feitosa, João Manuel Filho. Fortaleza. CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p: Il.
- KOHNKE, M. W. - Vulnerabilidade de Aquíferos. - Boletim informativo da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Maio/2002- nº 12.
- MENDONÇA, L. A.; Frischkorn, H; Santiago, M. M. F; Mendes F. J. - Quantificação dos recursos hídricos subterrâneos da Chapada do Araripe. - XV Simpósio Brasileiro de recursos hídricos. Aracaju, 2001.
- MENDONÇA, L. A. R.; Frischkorn, H; Santiago, M. M. F.; e Mendes, F. J. - Qualidade da água na Chapada do Araripe e sua vulnerabilidade. - 1º Congresso Mundial Integrado de Águas subterrâneas. Fortaleza, 2000.
- RIBEIRO, J. A. & Veríssimo, L. S. - Vulnerabilidade Natural das Unidades Aquíferas da Região do Cariri, CPRM, 1995.
- SANTOS, M.R. P., Mendonça, L. A. R.; Santiago, M.M.F.; Franca, R. M.; Frischkorn, H. e Mendes, F. J. - Análise ambiental de uma bateria de poços através de modelagem matemática e medidas bacteriológicas. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, 2003.
- VIANA, N. O. - Vulnerabilidade e Risco à Poluição do Sistema Aquífero Médio - entre Crato e Missão velha, Bacia do Araripe, UFCE, Ceará, 2007.



ANEXOS



**ANEXO 1 – REGISTRO FOTOGRÁFICO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA DE JUAZEIRO DO NORTE**



Para a identificação e caracterização dos aspectos do Sistema de Abastecimento de Juazeiro do Norte, realizou-se uma inspeção de campo que teve, dentre outras, a finalidade de gerar uma documentação fotográfica que viesse a apresentar os fatores de risco que comprometem ou que possam vir a comprometer as unidades de captação e, por que não dizer, a qualidade do manancial.

A seguir são apresentados fotografias das instalações nas quais se procurou identificar os aspectos mais relevantes, relacionados com o tema em questão.



Foto 1 - Poço PT-01 no Parque Ecológico das Timbaúbas, Próximo ao Riacho dos Macacos; Sistema sem Manutenção Preventiva; Falta Torneira de Coleta de Água Bruta, Piso e Laje de Proteção; Alta Vulnerabilidade

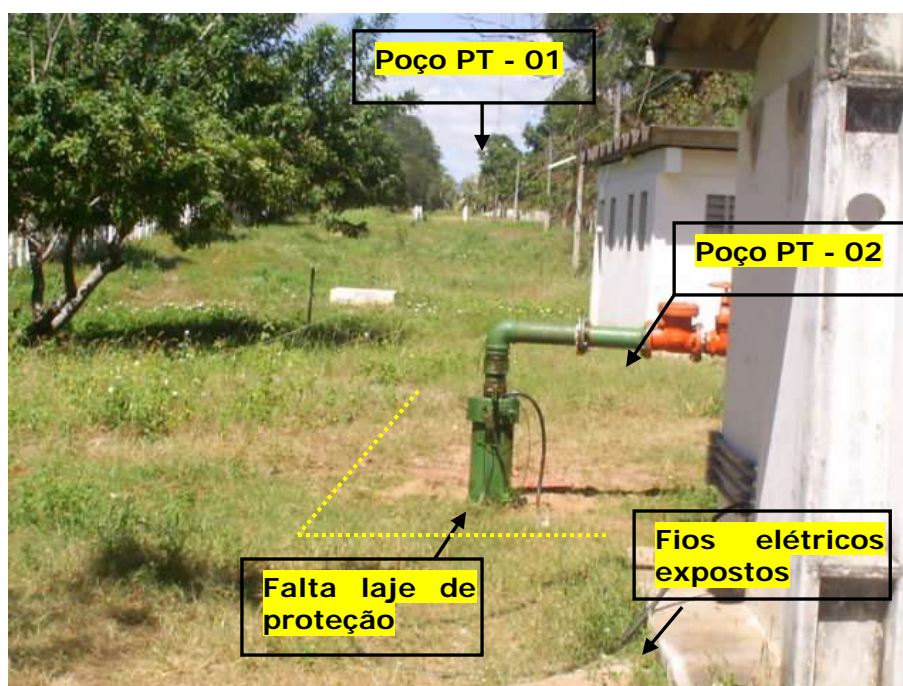


Foto 2 - Poço PT-02 no Parque Ecológico das Timbaúbas, Próximo ao Riacho dos Macacos. Vista dos Poços PT-02 e PT-01 na Área de Captação da Cagece; Alta Vulnerabilidade



Foto 3 – Poço PT-02A no Parque das Timbaúbas; Faltam piso, Laje de Proteção e Capina; Vegetação de Média Porte Muito Próximo ao Poço. Alta Vulnerabilidade



Foto 4 – Riacho dos Macacos: Águas Muito Poluídas e com Presença de Bolsões de Lixo; Drenagem com Fluxo Direcionado para Área do Poço PT-02A. Alta Contaminação dos Aquíferos



Foto 5 – Poço PT-03 na Av. Castelo Branco, Parque Timbaúbas; Sistema Operando Próximo à ponte do Riacho dos Macacos que está Drenando Água Poluída e Carreando Lixo Doméstico; Área Residencial e Industrial. Situação de Contaminação dos Aquíferos



Foto 6 – Poço PT-04 na Rua Madre Nelly, Bairro Limoeiro. Faltam Capina, Piso e Laje de Proteção; Fluxo de Esgoto Doméstico na Frente da Área da Captação



Foto 7 – Poço PT-05 na Rua Vereador Antonio Braz, Próximo ao Riacho dos Macacos, Bairro Limoeiro. Faltam Capina, Piso e Laje de Proteção

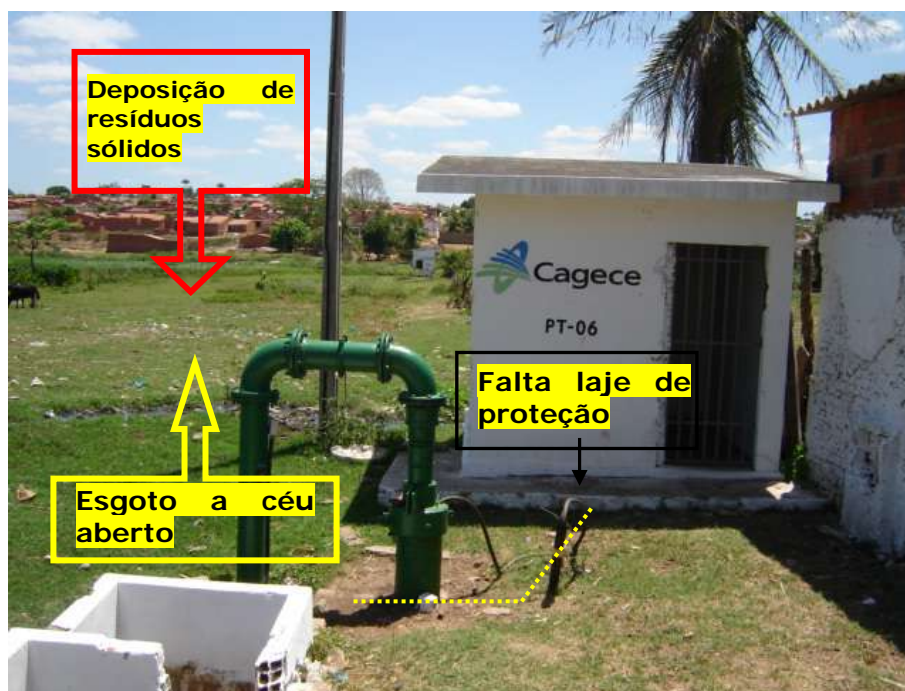


Foto 8 – Poço PT-06 em Zona de Alta Vulnerabilidade Devido à Proximidade ao Escoamento de Esgoto a Céu Aberto e de um Terreno Baldio Onde há a Deposição de Lixo Doméstico. Faltam Isolamento da Unidade, Capina, Piso e Laje de Proteção; Alta Vulnerabilidade; Contaminação dos Aquíferos

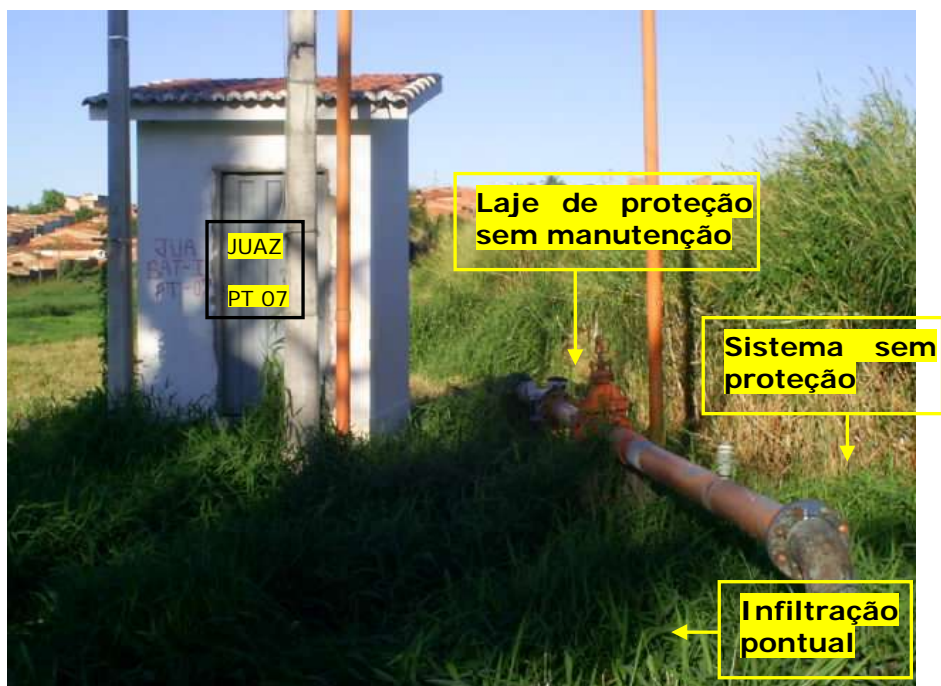


Foto 9 – Poço PT-07 na Av. José Bezerra, Próximo ao Riacho dos Macacos no Bairro Pio XII; Planície Aluvionar; Faltam Isolamento, Proteção, Capina, Piso; Situação de Contaminação de Aquíferos

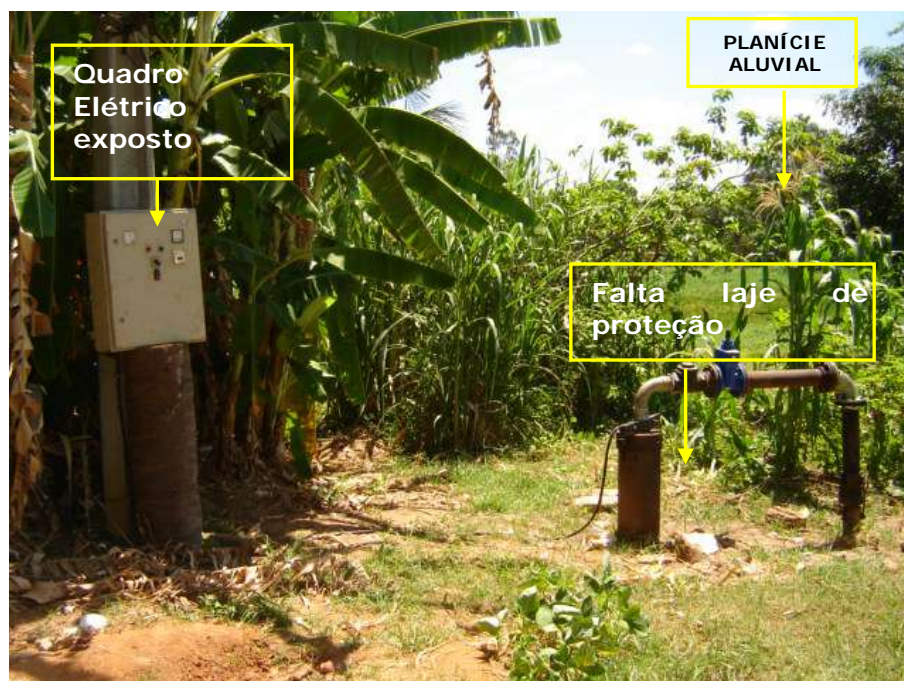


Foto 10 – Área do Poço PT-08; Faltam Piso, Laje de Proteção, Capina e Isolamento da Área; Quadro de Comando e Fiação Expostos; Poço Construído Dentro da Planície Aluvial; Alta Vulnerabilidade



Foto 11 - Área do Poço PT-09 na Rua José Carneiro Filho, s/n, Jardim Gonzaga; Boa Infraestrutura; Sistema Duplo (vazão de 56 m³/hora - Regime de 24 horas), Sendo um com Água Clorada Injetada Direta na Rede de Distribuição, e Outro Bombeamento para o RAP Local, Passando para EE-3; Sistema Automatizado; Zona de Influência Vulnerável à Contaminação das Águas dos Esgotos a Céu Aberto; Faltam Capina e Piso



Foto 12 - Poço PT-10 em Praça Pública na Rua Arnóbio B. Caneca; Áreas Residencial e de Lazer. Abastecimento Duplo com Injeção Direta na Rede com Distribuição de Água Clorada e Recalque para RAP-Reservatório Apoiado; Faltam Isolamento e Proteção da Unidade

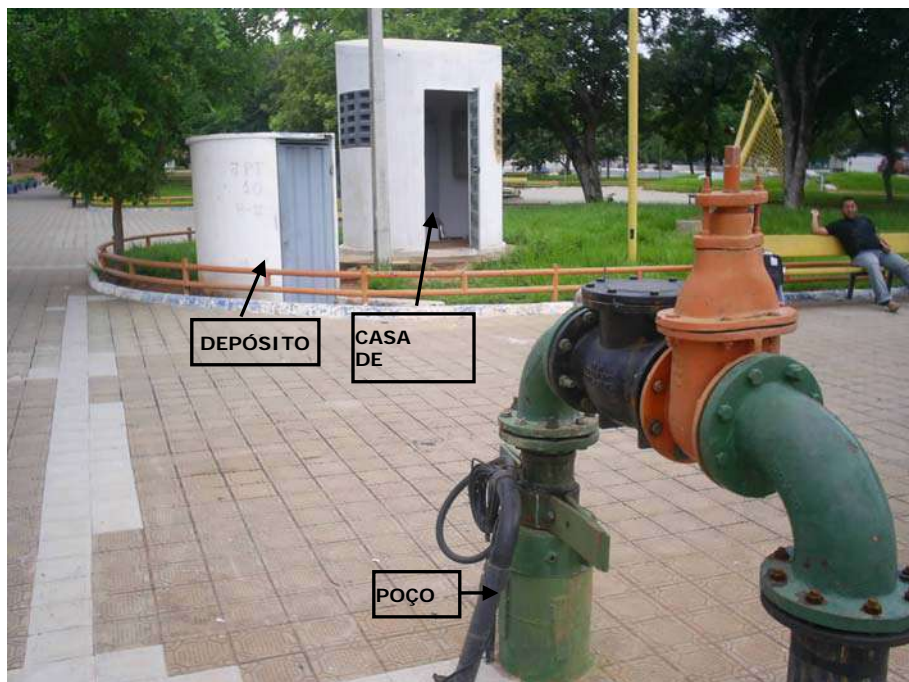


Foto 13 – Detalhes da Área do Poço PT 10, sem Isolamento e Proteção



Foto 14 - Área do Poço PT-11 na Rua Antônio Barcelar Caneca, Bairro Jardim Gonzaga; Unidade com Automação. Vista das Instalações do Poço, Casa de Cloração e de Comando Elétrico. Vulnerabilidade à Contaminação por Esgotos a Céu Aberto. Faltam Piso e Capina



Foto 15 - Área do Poço PT-12 na Rua Arnóbio B. Caneca, Jardim Gonzaga; Boa Casinha de Quadro de Comando; Faltam Piso, Capina e Isolamento Adequado



Foto 16 - Área do Poço PT-12 na Rua Arnóbio B. Caneca, Bairro Jardim Gonzaga; Poste com Antena de Rádio para Automação e Pára-raios; Isolamento e Proteção Inadequados; Vulnerabilidade à Infiltrações de Águas Superficiais (Ruas sem Drenagem)



Foto 17 - Área da unidade de Captação PT-13 na Rua Arnóbio Barcelar Caneca, Jardim Gonzaga; Unidade em Operação com Sistema de Automação; Poço Vulnerável a Infiltrações de Águas de Esgotos a Céu Aberto; Pequeno Espaço Disponível às Operações de Manutenção



Foto 18 - Área do Poço PT-14 na Av. Plácido Aderaldo Castelo, Bairro Lagoa Seca; Sistema Operando com Automação; Infraestrutura Razoável; Vegetação de Médio Porte nas Proximidades



Foto 19 - Unidade de captação PT-15, Situado em Área Residencial, Junto ao Posto PSF-58, na av. Leão Sampaio; Sistema de Tratamento da Água em Local Inadequado (Fora da Área de Isolamento); Boa Infraestrutura; Zona de Vulnerabilidade Alta



Foto 20 - Área do Poço PT-16 na Av. Ailton Gomes, Bairro Lagoa Seca. Faltam Isolamento Adequado, Piso, Laje de Proteção, Capina



Foto 21 - Área do Poço PT-17 no Parque Ecológico, Bairro José Geraldo da Cruz. Tubulação com Vazamento e Necessitando Manutenção na Instalação Elétrica



Foto 22 - Vista das Instalações do poço Poço PT-17 no Parque Ecológico, RAP e EE-10. Área Murada e com Boa Infraestrutura Operacional; Vegetação de Grande Porte nas Proximidades



Foto 23 - Aspecto Ambiental Negativo da Unidade de Captação PT-17 no Parque das Timbaúbas; Despejo de Águas de Limpeza do Sistema de Cloração para Fora da Área, Diretamente no Solo



Foto 24 - Boca do Poço PT-18 na Av. Virgílio Távora, bairro Aeroporto; Área de Proteção Vulnerável à Presença de Animais e Ações Antrópicas; Residências no Local e Existência de Fossas Sépticas; Faltam Isolamento, Proteção, Piso e Manutenção Adequados



Foto 25 - Área do Poço PT-18 na Av. Virgílio Távora s/n, Bairro Aeroporto. Instalação da Cloração na Rede de Distribuição. As Instalações de Coleta de Amostras de Água não Estão Dentro das Normas. Faltam Melhorias na Proteção da Área, Piso e Retirada da Vegetação do Interior da Área de Captação



Foto 26 - Área do Poço PT-18; Faltam Piso, Adequação do Isolamento e Proteção da Área



Foto 27 - Boca do Poço PT-19 Localizado Dentro do CAIC - EEFM Dom Antonio Campelo, sem o Devido Isolamento e Proteção. Sujeito à Contaminações. Presença de Árvores de Grande Porte nas Proximidades do Poço. Zona de Alta Vulnerabilidade



Foto 28 - Ao Fundo, Área do Poço PT-20 na Av. José de Melo, Próximo à Ponte do Rio Salgadinho. Sofre Impacto Direto nas Inundações do Rio Salgadinho. Zona de Alta Vulnerabilidade dos Aquíferos



Foto 29 - Boca do Poço PT-20 na Av. José de Melo, Próximo á Ponte do Rio Salgadinho. Entorno Vulnerável a Inundações e Ações Antrópicas. Poço com a Laje de Proteção (Cimentação) Sofrendo Infiltração Pontual. Faltam Capina, Piso, Recuperação da Laje de Proteção, Melhorias na Proteção e Isolamento da Área



Foto 30 - Boca do Poço PT-21 Sem Laje de Proteção e Fiação Elétrica Necessitando de Manutenção. Faltam Identificação do Poço, Piso e Capina. Área Residencial, sem Rede de Esgotamento Sanitário; Zona de Alta Vulnerabilidade dos Aquíferos



Foto 31 - Área do Poço PT-22 no Bairro Mutirão; Sujeito a Contaminação por Fossas. Em Frente à Área do Poço, há Um Terreno Baldio Onde Esta Sendo Despejado Lixo Doméstico; Faltam Piso, Capina e Melhorias no Isolamento e Proteção da Área; Zona de Alta Vulnerabilidade



Foto 32 - Área do Poço PT-23 na Rua Joaquim Leandro de Sousa com Sebastião Palmeira, Bairro Aeroporto. Vista Geral das Instalações do Poço, do Clorador e da Casa de Comando. A Área de Proteção Encontra-se em Boas Condições de Operação e Manutenção; Falta Piso



Foto 33 - Vista Geral da Área do Poço PT-23. Área Residencial e Agrícola (Horticultura). Zona de Influência do Poço Vulnerável a Presença de Agrotóxicos, Residências com Fossas Negras; Vulnerabilidade Alta



Foto 34 - Detalhe da Área do Poço PT-23; Fossa Negra na Zona de Influência do Poço, com Suspiro Adaptado por uma Mangueira. Vulnerabilidade Alta; Zona de Contaminação dos Aquíferos



Foto 35 - Área do Poço PT-24 na Rua Maria Otilia, Bairro São José; Isolamento e Proteção Inadequados; Área em Obras e Desorganizada. Faltam Piso, Laje de Proteção e Capina. Alta Vulnerabilidade



Foto 36 - Área do Poço PT-24



Foto 37 - Área do Poço PT-25. Zona Residencial; Área sem Adequado Isolamento e sem Piso. Localizado na Planície Aluvial do Rio Salgadinho e Sujeito a Contaminação Durante Períodos de Inundação. Presença de Árvores de Médio Porte Muito Próximas ao Poço



Foto 38 - Área do Poço PT-26 na Rua Cícero Militão, Bairro Novo Juazeiro. Poço com Cloração e Bombeamento Direto para a Rede de Distribuição; Faltam Piso e Capina na Área; Zona Residencial Vulnerável à Infiltrações de Efluentes de Fossas Negras



Foto 39 - Vista Geral da Área do Poço PT-26. Esgoto a Céu Aberto na Frente da Área, Contaminação de Aquíferos. Faltam Piso, Capina e Adequação do Entorno da Área de Captação



Foto 40 - Área do poço PT-27 no Parque das Timbaúbas. Vegetação Dentro da Área de Proteção. Faltam Piso e Capina



Foto 41 - Área do Poço PT-28 no Pátio do Escritório Regional da Cagece, Bairro Romeirão. Faltam Piso e Capina



Foto 42 - Área do Poço PT-29 na Área da Cagece, Bairro Romeirão. Não Há Isolamento nem Proteção. Vulnerabilidade às Ações Antrópicas. Zona Comercial e Industrial com Postos de Combustíveis e Indústria de Folheados nos Arredores



Foto 43 - Área do Poço PT-30 no Pátio da Cagece, Bairro Romeirão. Faltam Isolamento, Proteção, Piso e Capina na Área



Foto 44 - Área do Poço PT-30 no Pátio da Cagece, Bairro Romeirão. Vista do Poço, Casa de Comando Elétrico e Reservatório Elevado (REL-02); Faltam Isolamento, Proteção, Piso e Capina na Área



Foto 45 - Área do Poço PT-31 Localizado em Área Próxima ao Parque Ecológico, sem Esgotamento Sanitário. Sujeito à Contaminação por Fossas Negras. Área sem Qualquer Proteção e Isolamento, Facilitando a Ação Antrópica Negativa. Faltam Muro, Piso e Capina



Foto 46 - Área do Poço PT-32 no Distrito de Padre Cícero (Palmeirinha). Reservatório (chafariz) sem Manutenção. Poço Vulnerável à Contaminação. Solo com Alta Concentração de Matéria Orgânica de Origem Animal. Locado no Vale do Rio Caras. Faltam Piso, Capina e Melhorias na Proteção



Fotos 47 e 48 - Instalações do Poço PT-33, Doado pela Prefeitura Municipal de Juazeiro do Norte à Cagece. Precárias Condições de Operação. Fiação Elétrica Exposta e Necessitando de Manutenção. Não Possui Proteção nem Isolamento Adequados. A Área do Poço esta sendo Utilizada para Depósito; Caracterizado como de Alta Vulnerabilidade, pois Encontra-se em Área Residencial



Fotos 49 e 50 - Área do Poço PT-34 na Rua Paizinho Sabiá com João Pereira de Carvalho, Bairro Parque Planalto. Zona Industrial e Residencial, Próximo ao Cemitério novo de Juazeiro do Norte. Foi Identificado nas Proximidades a Existência de Poço Profundo e de Fossas de uma Indústria de Sandálias. Na Foto Inferior, Detalhe das Boas Instalações Hidráulicas da Estação Elevatória EE-15, Localizada na Mesma Área do Poço



Foto 51 - Área da Cagece com Reservatório Elevado REL-6, Localizado Junto à Elevatória e Próximo ao PT-34. Razoável Infraestrutura



Foto 52 - Área da Unidade PT-35 na Av. Crescente e Rua S/D, Bairro Novo Juazeiro, Junto ao Reservatório Apoiado RAP-07; Área de Planície Aluvionar. Faltam Isolamento, Porteção, Piso e Capina da Área. Vulnerabilidade Alta



Foto 53 - Área do Poço PT-36 na Rua Serelina Quezado, Bairro Frei Damião. Razoável Infraestrutura de Captação. Faltam Piso, Capina e Melhorias na Calçada



Foto 54 - Área do Poço PT-37 na Av. José Ilanio com Av. Ailton Gomes, Bairro Lagoa Seca. Poço Desativado, Necessitando da Construção do Isolamento Adequado. Área Exposta, Estando Sujeita à Ação Antrópica



Foto 55 - Área do Poço PT-38 no Bairro Campo Alegre. Não Há Isolamento, Proteção e Piso Adequados. Zona Residencial sem Rede de Esgoto, Facilitando a Contaminação por Fossas Negras. Deposição de Resíduos Sólidos nas Proximidades do Poço



Foto 56 - Área do Poço PT-39, Construído Recentemente e Ainda sem Estrutura de Funcionamento. Zona Residencial sem Rede de Esgoto. Vulnerabilidade Alta



Foto 57 - Área do Poço PT-40, Construído e Instalado Recentemente, Porém em Condições Inadequadas de Funcionamento. Faltam Muro de Isolamento, Piso, Casinha de Quadro Elétrico



Foto 58 - Área do Poço PT-41, Construído Recentemente e Ainda sem Estrutura de Funcionamento. Zona Residencial sem Rede de Esgoto. Vulnerabilidade Alta



**Foto 59 - Área do Poço PT-42 Recentemente Construído e sem Estrutura para Funcionamento Adequado.
Zona de Alta Vulnerabilidade**