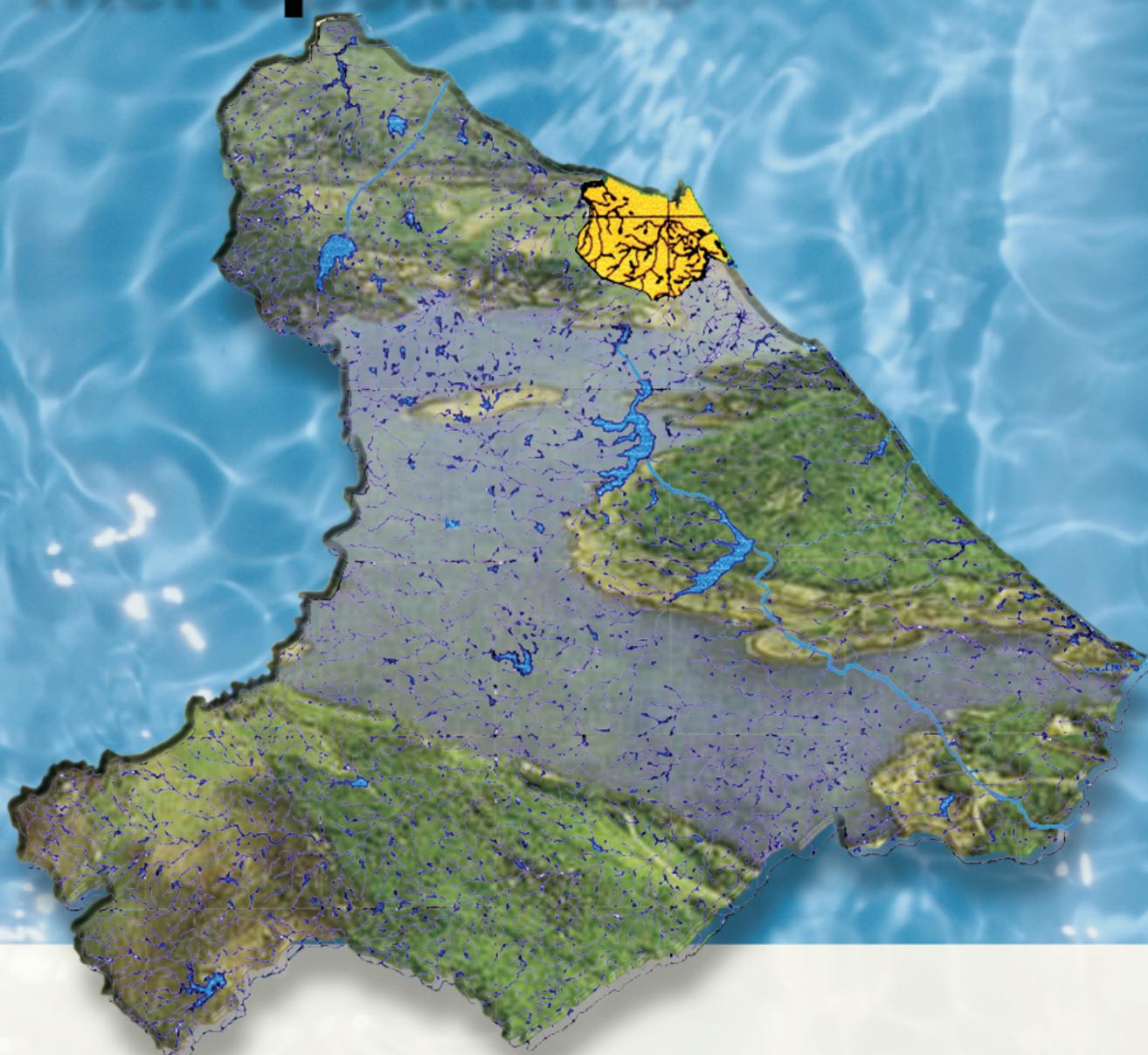


Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas



**RELATÓRIO DE FASE I
DIAGNÓSTICO E ESTUDOS BÁSICOS
TOMO I**



Governador Estado do Ceará

Tasso Ribeiro Jereissati

Secretário de Recursos Hídricos

Hypérides Pereira de Macedo

Presidente da COGERH

Francisco Lopes Viana

Diretor de Planejamento

Joaquim Guedes Correa Gondim Filho

Diretor do Departamento de Estudos e Projetos

Francisco de Assis de Souza Filho

ESTE PROJETO FOI FINANCIADO PELO BANCO MUNDIAL/PROURB-RH

Gerente dos Programas Especiais do Banco Mundial

Francisco José Coelho Teixeira

Gerente Adjunto dos Programas Especiais do Banco Mundial

Ramon Flávio Rodrigues



EQUIPE DE ELABORAÇÃO

VBA CONSULTORES S/C LTDA

Acompanhamento e Fiscalização da COGERH

Ednardo Fernandes Cardoso - Coordenador
M.S Recursos Hídricos

Francisco de Assis de Souza Filho
M.S Hidráulica e Saneamento
Presidente da Comissão

Henrique Vieira da Costa Lima
M.S Recursos Hídricos

Paulo Miranda Pereira
M.S. Eng. Agrícola
Membro

Luciana César Torres de Melo Lima
M.S Recursos Hídricos

Hugo Estênio Rodrigues Bezerra
M.S. Geografia
Membro

Márcio Tavares Nóbrega
M.S Recursos Hídricos

Francisco Osny Eneas
M.S. Recursos Hídricos
Membro

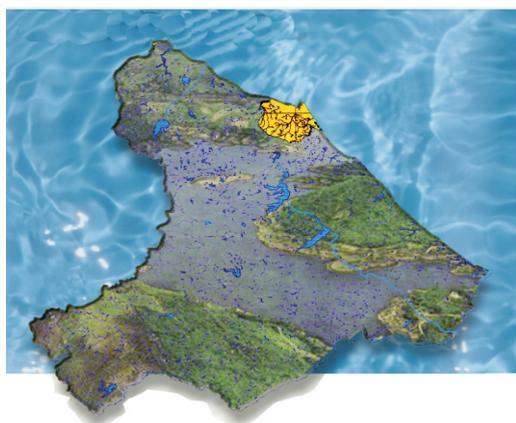
Naymar Gonçalves Barroso Severiano
M.S Economia Rural

Walber Cordeiro
Geólogo
Membro

Samuel Antônio Silva Dias
M.S Recursos Hídricos

Francisco José Coelho Teixeira
Eng. Civil
Membro

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS





APRESENTAÇÃO

O Governo do Estado do Ceará é cômico da importância da água na vida de todos os cearenses e das restrições e diferenças dos fatores climáticos, que se caracterizam por variações marcantes nas precipitações pluviométricas, no tempo e no espaço, das altas e contínuas taxas de evaporação, bem como dos fatores condicionantes ambientais, com a predominância de substrato cristalino em cerca de 80% do território e vegetação de caatinga rala e aberta. A partir da criação da *Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará* em 1987, o Governo do Estado vem desenvolvendo uma política abrangente, com ações voltadas no sentido de equacionar a problemática dos recursos hídricos no espaço cearense, de forma a prover a infra-estrutura com águas necessárias ao desenvolvimento econômico, assim como promover uma gestão racional em congruência com a política de meio ambiente, visando a melhoria da qualidade de vida.

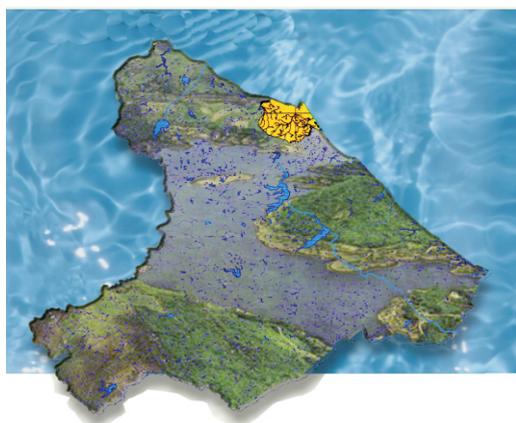
Os esforços de planificação se iniciaram com o Plano Estadual de Recursos Hídricos (1991) e com os programas de investimentos viabilizados com recursos internacionais; neste contexto, de aprofundar o conhecimento da ocorrência das águas nas bacias hidrográficas e sua apropriação social, é que se coloca o Plano de Gerenciamento das águas das Bacias Metropolitanas.

O Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas atualiza a base de informações da oferta de águas superficiais e subterrâneas, assim como das demandas, incorporando ao planejamento de recursos hídricos do estado aquele das demais políticas públicas no espaço geográfico das Bacias em foco, e desenvolve balanços hídricos concentrado e distribuído em toda sua área de abrangência; realiza, de forma pioneira, estudos que integram os recursos hídricos aos demais compartimentos do meio ambiente. Construindo os cenários atuais e prospectivos, elabora cuidadosamente a programação de intervenção nas áreas de infra-estrutura hídrica, conservação de água, e, sobretudo, instrumentos de gestão de recursos hídricos e hidroambiental.

A COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, na qualidade de agência gestora das águas do Estado do Ceará, tem o prazer e o privilégio de disponibilizar o Plano de Gerenciamento das Bacias Metropolitanas, que tem como característica singular a busca do atendimento das demandas até o ano 2030, a partir das ofertas atuais e seu incremento por ampliação, integração da oferta hídrica e importação de águas de outras bacias, bem como da legitimação dos usos da água, objeto de intensas discussões com os usuários da água na Região Metropolitana, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável e com água garantida.

Francisco Lopes Viana
Presidente da COGERH

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS





SUMÁRIO

TOMO I

APRESENTAÇÃO

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

1 - INTRODUÇÃO

- 1.1 - JUSTIFICATIVAS DO ESCOPO
- 1.2 - OBJETIVOS
- 1.3 - ÁREA DE ABRANGÊNCIA

2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

- 2.1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA
- 2.2 - CARACTERIZAÇÃO DOS FATORES SÓCIO-ECONÔMICOS

3 - ESTUDO DE SECAS

- 3.1 - ESTUDO PLUVIOMÉTRICO
- 3.2 - ESTUDO DE OCORRÊNCIA DE SECAS

4 - OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

- 4.1 - ESTUDOS DE BASE
- 4.2 - A INFRAESTRUTURA HÍDRICA ATUAL
- 4.3 - A INFRAESTRUTURA HÍDRICA FUTURA
- 4.4 - A PEQUENA E MÉDIA AÇUDAGEM
- 4.5 - RENDIMENTO DOS AÇUDES SIMULADOS
- 4.6 - IMPACTO CUMULATIVO DA IMPLANTAÇÃO DE NOVOS AÇUDES NAS BACIAS METROPOLITANAS

5 - OS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

- 5.1 - INTRODUÇÃO
- 5.2 - O SISTEMA AQÜÍFERO DUNAS-BARREIRAS
- 5.3 - RECARGA (BALANÇO HÍDRICO)
- 5.4 - ESCOAMENTO NATURAL
- 5.5 - RECURSOS RENOVÁVEIS
- 5.6 - RESERVAS PERMANENTES
- 5.7 - RECURSOS EXPLOTÁVEIS
- 5.8 - A CAPTAÇÃO DOS RECURSOS EXPLOTÁVEIS
- 5.9 - SIMULAÇÃO DE UMA BATERIA DE 60 POÇOS
- 5.10 - QUALIDADE QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS
- 5.11 - CONCLUSÕES

6 - ESTUDO DE DEMANDAS

- 6.1 - DEMANDAS HUMANAS URBANAS
- 6.2 - DEMANDAS HUMANAS RURAIS
- 6.3 - DEMANDAS INDUSTRIAIS
- 6.4 - DEMANDA ANIMAL
- 6.5 - DEMANDA DE IRRIGAÇÃO
- 6.6 - CONSOLIDAÇÃO DAS DEMANDAS MUNICIPAIS HUMANAS E INDUSTRIAIS



7 - O BALANÇO HÍDRICO CONCENTRADO GLOBAL

- 7.1 - O BALANÇO HÍDRICO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA E DO COMPLEXO PORTUÁRIO DO PECÉM
- 7.2 - O BALANÇO HÍDRICO DAS DEMAIS SEDES MUNICIPAIS E DISTRITOS DAS BACIAS METROPOLITANAS

TOMO II

8 - SITUAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

- 8.1 - DISPONIBILIDADE DE INFORMAÇÕES
- 8.2 - TRATAMENTO E CONSISTÊNCIA DAS INFORMAÇÕES
- 8.3 - HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS
- 8.4 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DE ACORDO COM SEUS USOS
- 8.5 - ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E DE OD
- 8.6 - A SAZONALIDADE DA QUALIDADE HÍDRICA E A RELAÇÃO ENTRE PLUVIOMETRIA E CONCENTRAÇÕES DE SAIS
- 8.7 - RISCOS DE EUTROFIZAÇÃO

9 - DEPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

10 - LANÇAMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS DOMÉSTICOS, INDUSTRIAIS

E HOSPITALARES

11 - EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS E POLUIÇÃO SONORA

12 - IMPACTOS ASSOCIADOS ÀS ATIVIDADES AGROPASTORIS

13 - DEGRADAÇÃO DAS ÁREAS DOS MANGUEZAIS

14 - RISCOS DE POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR CEMITÉRIOS

15 - ÁREAS COM RISCOS DE INUNDAÇÕES PERIÓDICAS

16 - RISCOS DE SALINIZAÇÃO DAS ÁGUAS REPRESADAS

17 - MIGRAÇÃO DE DUNAS

18 - EROSÃO DA LINHA DA COSTA

- 18.1 - INTRODUÇÃO
- 18.2 - DEFINIÇÕES DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS ENTRE A FOZ DO PIRANGI E A PRAIA DO PARACURU

19 - MOVIMENTO DE MASSAS

20 - ATIVIDADE MINERÁRIA PREDATÓRIA

- 20.1 - GENERALIDADES
- 20.2 - AREIA BRANCA
- 20.3 - AREIA VERMELHA
- 20.4 - AREIA GROSSA
- 20.5 - ARGILA
- 20.6 - SAIBRO
- 20.7 - DIATOMITO
- 20.8 - ÁGUA MINERAL
- 20.9 - MINERAIS INDUSTRIAIS



20.10 - PEDRAS ORNAMENTAIS

20.11 - ROCHAS

20.12 - PEDRAS BRITADAS

20.13 - ROCHAS ALCALINAS

21 - DEGRADAÇÃO DOS SISTEMAS LACUSTRES NATURAIS

22 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TOMO III - MAPAS

**TOMO IV - ANEXO I – PLUVIOMETRIA; INFORMAÇÕES
COMPLEMENTARES SOBRE DISPONIBILIDADE DE DADOS
PLUVIOMÉTRICOS, CONSISTÊNCIA DOS MESMOS E
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS**

**TOMO V - ANEXO II – FLUVIOMETRIA; INFORMAÇÕES
COMPLEMENTARES SOBRE DISPONIBILIDADE DE DADOS
FLUVIOMÉTRICOS, CONSISTÊNCIA DOS MESMOS**

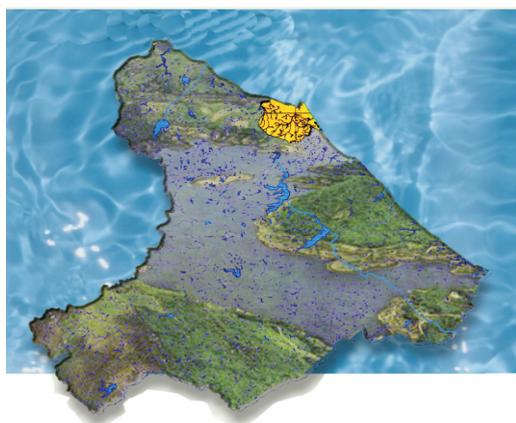
**TOMO VI - ANEXO III – APLICAÇÃO DO MODELO DE TRANSFORMAÇÃO
CHUVA-DEFLÚVIO**

ANEXO IV – ESTUDO DE SECAS

ANEXO V – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

ANEXO VI – CADASTRO DE LAVRAS E DEPÓSITOS MINERAIS

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS





Tabelas

- Tabela 2.1 – Principais Parâmetros Morfológicos das Bacias Metropolitanas
- Tabela 2.2 – Declividade do Rio Principal de cada Bacia Hidrográfica
- Tabela 2.3 – Evaporação Média Tanque Classe A
- Tabela 2.4 - Distribuição dos Sismos no Nordeste, segundo a Magnitude ($m_b \leq 3,0$)
- Tabela 2.5 - Relação dos Sismos com Magnitude $m_b \leq 4,0$ ocorridos no Estado do Ceará
- Tabela 2.6 – Atividades Minerárias das Bacias Metropolitanas
- Tabela 2.7 – Evolução da População e Distribuição Geográfica
- Tabela 2.8 – Nível de Instrução da População com mais de 4 Anos de Idade (1996)
- Tabela 2.9 – Características dos Sistemas de Abastecimento D'Água Existentes
- Tabela 2.10 - Características dos Sistemas de Esgotamento Sanitário Existentes
- Tabela 2.11 – Área Colhida, Produção e Valor da Produção Agrícola (1995)
- Tabela 2.11 – Área Colhida, Produção e Valor da Produção Agrícola (1995)
- Tabela 2.12 – Efeitos do Rebanho (1995)
- Tabela 2.13 – Valor da Produção Agropecuária (1995/1996)
- Tabela 2.14 – Estrutura Fundiária
- Tabela 2.15 – Utilização de Terras
- Tabela 2.16 – Parque Industrial das Bacias Metropolitanas
- Tabela 2.17 – Programa de Promoção Industrial e Atração de Investimentos – Bacias Metropolitanas – Indústrias com Implantação previstas segundo o Gênero
- Tabela 2.17 – Programa de Promoção Industrial e Atração de Investimentos – Bacias Metropolitanas – Indústrias com Implantação previstas segundo o Gênero (Continuação)
- Tabela 2.18 – Programa de Promoção Industrial e Atração de Investimentos – Bacias Metropolitanas – Indústrias com Implantação prevista por Município
- Tabela 3.1 – Postos Pluviométricos das Bacias Metropolitanas – Ceará , com Séries da FUNCEME e SUDENE Reunidas
- Tabela 3.2 – Análise de Consistência de Séries Temporais – Método do Vetor Regional – Estatística da Análise – Grupo Pirangi
- Tabela 3.3 – Análise de Consistência de Séries Temporais – Método do Vetor Regional – Estatística da Análise – Grupo Pacoti
- Tabela 3.4 – Parâmetros Estatísticos das Séries Pluviométricas Consistidas
- Tabela 3.5 – Parâmetros Estatísticos das Séries de Precipitações Médias dos Postos Pluviométricos
- Tabela 3.6 – Parâmetros Estatísticos das Séries de Precipitações Médias dos Açudes Existentes e Projetados
- Tabela 4.1 - Postos fluviométricos pertencentes às Bacias Metropolitanas.
- Tabela 4.2 – Parâmetros do Modelo MODHAC para o Posto Fluviométrico Sítios Novos
- Tabela 4.3 – Parâmetros do Modelo MODHAC para o Posto Fluviométrico Baú
- Tabela 4.4 – Parâmetros do Modelo MODHAC para o Posto Fluviométrico Caio Prado
- Tabela 4.5 – Parâmetros do Modelo MODHAC para o Posto Fluviométrico Chorozinho
- Tabela 4.6 – Parâmetros do Modelo MODHAC para o Posto Fluviométrico Cristais
- Tabela 4.7 - Coeficientes de Escoamento das Séries Pseudo-Históricas dos Açudes da Bacia do Rio Pacoti
- Tabela 4.8 – Parâmetros Estatísticos das Séries de Afluências (mm) aos Postos Fluviométricos
- Tabela 4.9 – Síntese dos Parâmetros Médios Anuais das Séries Geradas pelo MODHAC para os açudes Existentes e Projetados das Bacias Metropolitanas
- Tabela 4.10 – Parâmetros Médios das Séries de Vazões Afluentes (m^3/s) aos Açudes Existentes e Projetados das Bacias Metropolitanas
- Tabela 4.11 – Reservatórios Existentes nas Bacias Metropolitanas



- Tabela 4.12 – Reservatórios Programados ou Estudo nas Bacias Metropolitanas
- Tabela 4.13 – Rendimento dos Açudes Analisados
- Tabela 4.14 – Avaliação da Interferência dos Reservatórios em Série (Operação com Volume de Alerta – Regularizações em m³/s)
- Tabela 5.1 – Parâmetros Hidráulicos do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras Deduzidos de Testes de Bombeamento no Litoral Leste Aquiraz-Pindoretama
- Tabela 5.2 – Parâmetros Hidráulicos do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras Deduzidos de Testes de Aquífero no Litoral Leste Aquiraz-Pindoretama
- Tabela 5.3 – Parâmetros Hidráulicos do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras Deduzidos de Testes de Bombeamento no Litoral oeste Caucaia-Pecém
- Tabela 5.4 – Parâmetros Hidráulicos do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras Deduzidos de Testes de Aquífero no Litoral Oeste Caucaia-Pecém
- Tabela 5.5 – Parâmetros Hidráulicos do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras Deduzidos de Testes de Aquífero no Litoral Oeste Caucaia-Pecém
- Tabela 5.6 – Recarga Mensal Uniforme (mm/mês) Prevista para o Sistema Aquífero Dunas-Barreiras, na Faixa Litorânea Cascavel Paracuru, em Função da Probabilidade de Ocorrência
- Tabela 5.7 – Recursos Renováveis do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras, no Litoral Leste Aquiraz-Pindoretama, em Função do Período de Retorno/Freqüência
- Tabela 5.8 – Recursos Renováveis do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras, no Litoral Oeste, Caucaia-Pecém, em Função do Período de Retorno/Freqüência
- Tabela 5.9 – Escoamento Natural e Recursos Renováveis do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras nas Áreas Aquiraz/Pindoretama e Pecém/Caucaia
- Tabela 5.10 – Reservas Permanentes e Parâmetros Utilizados
- Tabela 5.11 – Reservas Permanentes, Renováveis e Explotáveis
- Tabela 5.12 - Bateria: Vba-Caucaia Data: 04/10/1999 - Hora: 13:09:21
- Tabela 5.13 – Estatística Descritiva da Condutividade Elétrica (□S/cm)
- Tabela 5.14 – Estatística Descritiva dos Teores de Sólidos Totais Dissolvidos (mg/l)
- Tabela 6.1 - Comparação Entre a População das Bacias Metropolitanas do Ceará, Estimadas no PERH-CE e os Dados Censitários do IBGE de 1991
- Tabela 6.2 – Populações Totais, Urbanas e Rurais dos Municípios pertencentes as Bacias Metropolitanas - Dados Censitários de 1970, 1980, 1991 e 1996 (IBGE).
- Tabela 6.3 – Taxa de Evolução da População por Município e Microrregião Homogênea nas Bacias Metropolitanas
- Tabela 6.4 – Resumo das projeções populacionais dos municípios das Bacias Metropolitanas
- Tabela 6.5 – Série de Demandas Humanas dos Municípios da RMF e do Complexo Portuário do Pecém
- Tabela 6.6 – Demanda Hídrica para Consumo Humano Urbano dos Municípios
- Tabela 6.7 – Projeção da Demanda Hídrica para Consumo Humano Rural (l/s)
- Tabela 6.8 – Hipóteses e Cenários da Evolução das Vazões Industriais do Complexo Industrial Portuário do Pecém
- Tabela 6.9 – Áreas e Estágios dos Distritos Industriais das Bacias Metropolitanas do Ceará
- Tabela 6.10 – Demandas dos Distritos Industriais existentes nas Bacias Metropolitanas
- Tabela 6.11 – Coeficientes de Demanda Industrial Difusa (m³/operário/dia)
- Tabela 6.12 – Número de Empregos Diretos por Gênero de Indústria por Município (1997/98)
- Tabela 6.13 – Demanda Industrial Difusa por Gênero de Indústria, por Município e por Microrregião e Demanda Industrial Difusa Total por Município e por Microrregião (l/s) – (1997/98)
- Tabela 6.14 – Demanda Industrial de Turismo nas Bacias Metropolitanas
- Tabela 6.15 – Projeção das Demandas Industriais Consolidadas (l/s)
- Tabela 6.16 – Valores de BEDA – 1977 a 1995
- Tabela 6.17 – Valores de BEDA por Município
- Tabela 6.18 – Demanda Animal por Município



Tabela 6.19 – Demanda Hídrica de Irrigação das Bacias Metropolitanas

Tabela 6.20 – Séries de Demandas Consolidadas dos Municípios da RMF e do Complexo Portuário do Pecém

Tabela 6.21 – Consolidação das Demandas Hídricas para os Demais Municípios das Bacias Metropolitanas (l/s)

Tabela 7.1 – Balanço Hídrico Considerando Infra-Estrutura Atual de Atendimento da RMF e do Complexo Portuário do Pecém

Tabela 7.2 – Balanço Hídrico para a RMF e o Complexo Portuário do Pecém (Cenário considerando a Implantação dos Açudes Choró e Aracoiaba)

Tabela 7.3 – Balanço Hídrico para a RMF e o Complexo Portuário do Pecém (Cenário considerando a Implantação do Açude Aracoiaba)

Tabela 7.4 – Mananciais de Suprimento D'Água das Demais Sedes Municipais das Bacias Metropolitanas

Tabela 7.5 – Sedes Distritais das Bacias Metropolitanas com Fonte de Abastecimento

Tabela 7.6 – Número de Poços com Dados de Vazão nas Bacias Metropolitanas

Tabela 7.7 – Disponibilidades Subterrâneas Urbanas

Tabela 7.8 – Balanço Hídrico Atual das Demais Sedes Municipais das Bacias Metropolitanas

Tabela 7.9 – Balanço Hídrico Atual dos Distritos

Tabela 7.10 – Projeção do Balanço Hídrico Concentrado das Demais Sedes Municipais das Bacias Metropolitanas (Cenários Futuros)

Tabela 7.11 – Projeção do Balanço Hídrico Concentrado dos Distritos das Bacias Metropolitanas (Cenários Futuros)

Figuras

Figura 2.1 – Áreas com Atividades Sísmicas

Figura 2.2 – Distribuição das Ocorrências Minerais

Figura 2.3 – Faixa de Preservação dos Recursos Hídricos (Município de Fortaleza)

Figura 2.4 – Taxa de Mortalidade Infantil 1996/1997

Figura 2.5 – Bacias de Esgotos Sanitário (Fortaleza)

Figura 3.1 - Aplicação da Metodologia de Estudo de Seca Baseada nos Déficits na Precipitação - Condicionantes do Início e Término de Períodos Secos

Figura 4.1 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Pacoti-Riachão

Figura 4.2 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Gavião

Figura 4.3 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Choró-Limão

Figura 4.4 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Acarape do Meio

Figura 4.5 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Amanari I

Figura 4.6 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Pacajus

Figura 4.7 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Castro

Figura 4.8 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Batente

Figura 4.9 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Catu-Cinzenta

Figura 4.10 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Cauhipe

Figura 4.11 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Mal-Cozinhado

Figura 4.12 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Sítios Novos

Figura 4.13 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Antônio da Silva Medeiros

Figura 4.14 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Pacoti-Riachão

Figura 4.15 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Gavião

Figura 4.16 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Choró-Limão

Figura 4.17 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Acarape do Meio



- Figura 4.18 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Amanari I
- Figura 4.19 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Pacajus
- Figura 4.20 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Castro
- Figura 4.21 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Batente
- Figura 4.22 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Catu-Cinzenta
- Figura 4.23 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Cauhipe
- Figura 4.24 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Mal-Cozinhado
- Figura 4.25 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Sítios Novos
- Figura 4.26 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Antônio da Silva Medeiros
- Figura 4.27 - Curva de Garantia de Vazões, com Volume de Alerta, do Sistema de Açudes Pacajus e Pacoti-Riachão
- Figura 4.28 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Anil
- Figura 4.29 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Aracoiaba
- Figura 4.30 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Ceará
- Figura 4.31 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Choró
- Figura 4.32 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Amarelas
- Figura 4.33 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Feijão
- Figura 4.34 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Gameleiras
- Figura 4.35 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Germinal
- Figura 4.36 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Itapebussu
- Figura 4.37 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Macacos
- Figura 4.38 – Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Pesqueiro
- Figura 4.39 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Anil
- Figura 4.40 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Aracoiaba
- Figura 4.41 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Ceará
- Figura 4.42 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Choró
- Figura 4.43 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Amarelas
- Figura 4.44 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Feijão
- Figura 4.45 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Gameleiras
- Figura 4.46 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Germinal
- Figura 4.47 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Itapebussu
- Figura 4.48 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Macacos
- Figura 4.49 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Pesqueiro
- Figura 4.50 – Avaliação de Implantação de Açudagem a Montante do Açude Batente (açudes Feijão e Macacos) – Operação com Volume de Alerta
- Figura 4.51 – Avaliação de Implantação de Açudagem a Montante do Açude Pacajus (açudes Choró e Aracoiaba) - Operação com Volume de Alerta
- Figura 4.52 – Avaliação de Implantação de Açudagem a Montante do Açude Acarape do Meio (açude Germinal) – Operação com Volume de Alerta
- Figura 4.53 – Avaliação de Implantação de Açudagem a Montante do Açude Sítios Novos (açude Itapebussu) – Operação com Volume de Alerta
- Figura 5.1 – Reservas Subterrâneas: Eqüipotenciais das Praias Oeste
- Figura 5.2 – Reservas Subterrâneas: Eqüipotenciais das Praias Leste
- Figura 5.3 – Simulação de Bateria de 60 Poços entre a Praia de Icaraí e a cidade de Caucaia – Região do Açude Camurupim – Níveis Dinâmicos, em metros, para uma descarga global de 442 m³/h



Figura 5.4 – Distribuição do Resíduo Seco das Águas Subterrâneas do Freático, no Litoral Caucaia-Pecém

Figura 5.5 – Distribuição do Resíduo Seco das Águas Subterrâneas do Freático, no Litoral Aquiraz-Pindoretama

Figura 5.6 – Histograma de Frequência e Curva de Densidade de Probabilidade Log-Normal, da Condutividade Elétrica das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras na Faixa Litorânea Sudeste e Noroeste de Fortaleza – CE

Figura 5.7 – Histograma de Frequência e Curva de Densidade de Probabilidade Log-Normal, dos Teores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras na Faixa Litorânea Sudeste e Noroeste de Fortaleza – CE

Figura 5.8 – Correlação entre Condutividade Elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ e Sólidos Totais Dissolvidos (mg/l) das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras na Faixa Litorânea Noroeste e Sudeste de Fortaleza – CE

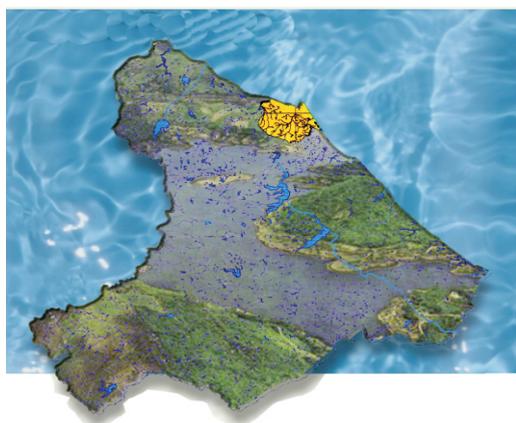
Figura 7.1a - Primeira Curva de Regularização de Vazões Definida para o Sistema Pacoti/Riachão/Gavião (conforme estudo feito em 1984 na então existente Coordenação Técnica do Conselho Estadual de Recursos Hídricos)

Figura 7.1b - Primeira Curva de Regularização de Vazões Definida para o Açude Acarape do Meio (conforme estudo feito em 1984 na então existente Coordenação Técnica do Conselho Estadual de Recursos Hídricos)

Figura 7.2 - Representação Esquemática do Sistema Integrado de Atendimento às Demandas e do Complexo Portuário do Pecém

Figura 7.3 – Comparação entre Oferta Potencial Local Máxima e Demandas da RMF e do Complexo Portuário do Pecém

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS





1 – INTRODUÇÃO

1.1 – JUSTIFICATIVAS DO ESCOPO

A concepção original do Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas previa, além dos estudos convencionais próprios a um planejamento hídrico de bacia, um grande enfoque ambiental da região, bem como uma abordagem institucional forte, incluindo um diagnóstico da evolução e conflitos institucionais e análise do atual funcionamento da gestão governamental dos recursos hídricos das bacias, sobretudo com relação à outorga de água.

Contudo, face à:

- importância da análise do balanço hídrico demanda x oferta na região, reconhecidamente deficitário, sobretudo devido à implantação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém e ao Programa de Turismo - PRODETUR, o que indica e consolida a necessidade da implantação de uma prioritária melhoria do sistema de oferta d'água;
- necessidade de um estudo prévio do Eixo de Interligação entre a Bacia do Jaguaribe e as Bacias Metropolitanas o que, além de satisfazer a requisição anterior, ainda contribuiria para a viabilização do “Programa de Gerenciamento e Integração dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – PROGERIRH”;
- a elaboração pela SRH-CE, concomitantemente, do Manual de Outorga do Direito de Uso da Água no Ceará, o que logicamente caracterizaria uma superposição de escopos,

foi priorizado, consensualmente com SRH/ COGERH, um estudo mais detalhado das soluções de engenharia mais viáveis para garantia do suprimento d'água da região, com a análise focada principalmente nessa importação de águas, em detrimento da parte institucional do Plano; ressalte-se, porém, que nas atividades integrantes do PROGERIRH, tais aspectos serão tratados com bastante detalhes, sem, portanto, acarretar prejuízo para o planejamento e gerenciamento hídricos das Bacias.

1.2 – OBJETIVOS BÁSICOS

O Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas, assim como qualquer plano hídrico de bacia, tem como objetivos principais avaliar o balanço entre oferta x demanda, apresentando soluções sob a forma de programa de incremento da oferta hídrica e modelos de gestão de estoques d'água, e o diagnóstico do nível de comprometimento ambiental da região, propondo soluções através de um programa de proteção ambiental do solo e mananciais.

Nesse sentido, visando a organização das atividades e o seqüenciamento dos estudos, eles foram divididos em três grupos: Estudos Básicos e Diagnóstico, cuja síntese é o objeto do presente relatório, Planejamento, objeto do relatório de fase 2 (RF-2), e Programação, objeto do terceiro relatório de fase (RF-3).



Nos Estudos Básicos e Diagnóstico encontra-se todo o levantamento e tratamento de dados básicos, englobando toda a caracterização físico-ambiental e sócio-econômica da região. É nesse conjunto de atividades que encontram-se inseridos a avaliação da evolução da oferta e demanda de água, o estudo de projeções destas últimas e a quantificação da oferta local existente.

A etapa de Planejamento abrange todo o balanço hídrico, tanto concentrado como distribuído nas Bacias Metropolitanas, determinando com precisão os locais mais afetados no cenário atual e futuros, bem como avaliando as possibilidades e alternativas de incremento da oferta para satisfação das demandas, sub-divididas em dois sub-grupos: planejamento distribuído das ações necessárias e planejamento para as grandes demandas concentradas.

Por fim, o último segmento dos estudos engloba, então, a programação das ações necessárias para atingir o equilíbrio hídrico futuro na região e conseqüentemente, contribuir significativamente para o desenvolvimento econômico do estado, sem contudo afetar o meio ambiente. Assim, traz como principais resultados o Programa de Incremento da Oferta Hídrica e o Programa de Proteção Ambiental.

1.3 – ÁREA DE ABRANGÊNCIA

A área do estudo, mostrada no [Mapa 1.1](#), encontra-se posicionada na região Nordeste do Estado do Ceará, sendo composta por um conjunto de 14 bacias independentes, denominadas Bacias Metropolitanas, das quais apenas as bacias dos rios Pirangi, Choró, Pacoti, São Gonçalo e os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu são hidrologicamente mais representativas, estando as demais bacias restritas a zona costeira. Abrange uma área de 15.085 km², com larga influência da faixa litorânea e das zonas altas das Serras de Guaramiranga e Baturité, englobando total ou parcialmente o território de 41 municípios, com destaque para a Região Metropolitana de Fortaleza, que abriga cerca de 40% da população estadual.

Por formação geológica, a maior parte do território das Bacias Metropolitanas é dominado por substrato cristalino, como de ordinário a maior porção do estado, à exceção de estreita faixa litorânea com cobertura sedimentar das Formações Barreiras e Dunas, e da porção ribeirinha aluvionar dos cursos d'água.

Essa feição geológica favorece a geração de um escoamento instantâneo dos deflúvios gerados e a não formação de reservas subterrâneas significativas, tornando sem importância o suprimento fluvial pela camada sub-superficial dos solos, responsável pela perenização dos rios em outras regiões.

Em conjunção a esse fácies geológico, alia-se um regime pluviométrico sujeito à profunda irregularidade, de características marcadamente sazonais que propicia, em certos anos, chuvas abundantes e, alternadamente, períodos de anos consecutivos secos, marcados por uma pluviosidade muito abaixo da média.

A variação espacial dessa precipitação sujeita-se à extensa faixa litorânea e ao molde orográfico da região, originando isoietas que se comprimem de encontro aos cerros, criando microclimas diversos, como se observa no Maciço de Baturité, o qual limitando as Bacias Metropolitanas a oeste, apresenta, em alguns pontos, pluviometria média superior a 1.400mm.



De forma global, a região apresenta, ao norte, uma zona litorânea (de relevo muito suave e pluviometria variando de 1.000 a 1.500 mm), ao sul, uma zona mediterrânea (de relevo moderado, com pluviometria entre 700 e 800 mm); e uma zona intermediária caracterizada pelos microclimas típicos de zonas elevadas, com destaque para a Serra de Guaramiranga (com chuva anual média acima dos 1500 mm).

O conjunto desses fatores geológicos e meteorológicos restringe fortemente a oferta hídrica nessas bacias à acumulação dos deflúvios em reservatórios superficiais que não podem atingir grandes dimensões e ainda sujeitos às altas taxas de evaporação mensuradas na região, bem como à exploração de poços, comumente de reduzidas vazões, e aptos somente a satisfazer pequenas demandas localizadas.

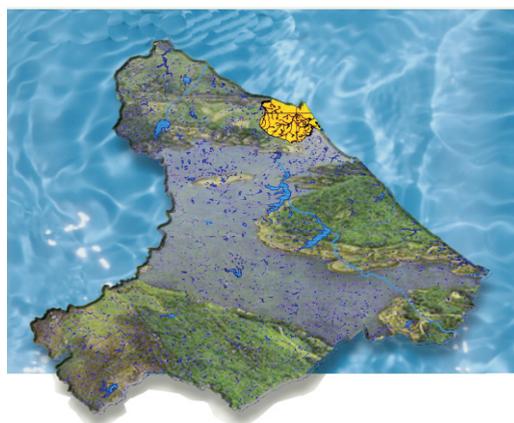
Ocorre, entretanto, da perspectiva demográfica, que as Bacias Metropolitanas assumem grande relevância em decorrência da população que nelas reside, em especial aquela da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF); assim, os volumes escoados se constituem no principal manancial hídrico de abastecimento da população e do suprimento para todas as atividades econômicas, principalmente industriais, associadas à região.

Estas demandas distinguem-se ainda das demais por exigirem uma garantia praticamente plena de atendimento, não se admitindo colapsos totais no seu abastecimento.

Ainda que sejam quatorze as bacias independentes identificadas, foram consideradas, para efeito de abordagem no Plano Estadual de Recursos Hídricos, as dezesesseis unidades seguintes, posicionadas no sentido oeste-leste: São Gonçalo, Jereraú, Cauípe, Juá, Ceará, Maranguape, Roseira, Malcozinhado, Choró, Uruaú e Pirangi. Na realidade, em duas situações a confluência dos rios se dá tão próxima do mar que o comportamento é semelhante ao de bacias independentes: é o caso dos sistemas Ceará / Maranguape e Cocó / Coaçu, nos quais o segundo rio é sempre um afluente do primeiro em seu extremo de jusante. O [Mapa 1.2](#) apresenta a divisão por bacias hidrográficas, conforme descrição acima.

Excluindo as Bacias São Gonçalo, Pirangi, Choró e Pacoti, bem como os dois sistemas acima citados, todas as demais bacias são de pequeno porte, pouca representatividade hidrológica e limitadas a uma estreita faixa litorânea.

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS





2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

2.1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

2.1.1 – CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA

a) Bacia do Rio Pacoti

Sendo o principal manancial da RMF, o Rio Pacoti nasce na Serra de Baturité e percorre 112,5 km, em geral no sentido sudoeste/nordeste, dos quais o primeiro terço com declividade acentuada da ordem de 2,0%. Na parcela de jusante, como reflexo do relevo muito suave que atravessa, sua declividade gira em torno de 0,1%.

Apresentando uma configuração longilínea e rede de drenagem predominantemente dendrítica, o rio Pacoti drena uma área de 1.257 km², se desenvolvendo no sentido sudoeste/nordeste ao longo de 112,5 km. Conta com elevado índice de compacidade (1,97) e fator de forma reduzido (0,10).

Sem nenhuma afluência significativa pela margem direita, o Pacoti possui dois contribuintes de maior parte pela margem esquerda, os riachos Baú e Água Verde. Ocorrem, ainda, em seu baixo curso a presença de lagoas perenes e intermitentes. Todos os cursos d'água da bacia apresentam fluviometria intermitente, na região de baixo curso, sofrendo a influência das marés, apresentando um estuário composto por 160 ha de manguezais.

b) Bacia do Rio Choró

Uma das alternativas para o reforço do sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza, a Bacia do Rio Choró é a maior daquelas que compõem as Metropolitanas.

A configuração espacial da Bacia do Choró é bem regular, de forma retangular definida, onde o comprimento do rio, de 200 km, é praticamente igual ao da bacia, e a largura que chega, em alguns pontos, a ultrapassar 45 km, tem um valor médio de 23 km. Esta geometria se reflete em um índice de compacidade muito elevado (1,94) e reduzido fator de forma de 0,12.

Apresenta relevo movimentado no seu terço inicial, atingindo declividades muito altas na origem do rio, na zona montanhosa das serras do Estevão, da Palha e Conceição. A partir da metade do talvegue observa-se o desenvolvimento de um relevo suave de cotas baixas, resultando numa declividade média inferior a 0,1%. A região centro-norte da bacia abrange uma grande parte da formação montanhosa da serra de Baturité.

O próprio formato da bacia é indicador da pouca representatividade dos seus afluentes, que são pouco significantes pela margem direita, destacando-se pela margem esquerda apenas os riachos Cangati, Castro e Aracoiaba, este último, de caráter semi-perene. Os demais cursos d'água da bacia apresentam caráter intermitente, com o rio Choró, próximo ao litoral, sofrendo influência das marés, apresentando um pequeno estuário composto por 25 ha de manguezais.



c) Bacia do Rio Pirangi

A bacia do Pirangi é a mais oriental das Metropolitanas. Fisiograficamente mostra-se semelhante à bacia do rio Choró, com forma retangular alongada de largura quase constante; o talvegue do rio principal se estende por 177,5 km apresentando índice de compacidade 1,52, e fator de forma 0,14 e largura média variando de 35 km, no alto e médio curso, a 55 km no baixo curso.

O rio nasce numa região de pouca altitude e relevo moderado; aliás, a suavidade do relevo se apresenta como uma das maiores características desta bacia. Em cerca de 80% do talvegue a declividade é próxima de 0,05%, sendo que no trecho final ela praticamente se anula dando lugar à uma região de inúmeras lagoas de níveis altimétricos muito semelhantes.

A rede hidrográfica apresenta um padrão do tipo subparalelo, na região do baixo curso, onde ocorre, ainda, o tipo dendrítico. No médio e baixo curso, as estruturas comandam, de modo quase completo, o traçado dos rios que se apresentam com um padrão retangular (confluências formando ângulos retos). A área de domínio do embasamento cristalino mostra-se mais dissecada do que a sedimentar, apresentando um maior número de rios, demonstrando um controle da geologia sobre a drenagem.

Com tributários distribuídos de forma homogênea em ambas as margens, não apresenta nenhuma afluência significativa. Todos os cursos d'água da bacia apresentam caráter intermitente, exceto próximo ao litoral, onde o rio Pirangi, sofrendo inclusive a influência das marés, formando um estuário composto por 200 ha de manguezais.

d) Sistema Cocó/Coaçu

O rio Cocó drena uma área de 304,6 km², se desenvolvendo no sentido sul/norte por longo trecho de seu percurso, formando em direção a foz uma acentuada curva de sudoeste para leste. Sua confluência com o rio Coaçu, seu principal afluente, se dá bastante próximo do litoral, fazendo que estes praticamente apresentem comportamento de bacias independentes.

Com o comprimento do talvegue de 42,5 km, o rio Cocó apresenta uma configuração longilínea, que se traduz no elevado índice de compacidade de 1,60 e fator de forma reduzido (0,17). Por sua vez, o rio Coaçu se desenvolve ao longo de 32,5 km, drenando uma área de 194,8 km², apresentando índices de compacidade de 1,35 e fator de forma de 0,18.

Todos os cursos d'água da bacia apresentam caráter intermitente, permanecendo secos durante a maior parte do ano, exceto próximo ao litoral onde os rios Cocó e Coaçu se tornam semi-perenes. Ocorrem, ainda, em seu baixo e médio curso a presença de lagoas perenes e intermitentes, com destaque no eixo do rio Coaçu para as lagoas da Precabura, Sapiroanga, Messejana, dos Pássaros e Parnamirim, estas três últimas situadas na malha urbana das cidades de Fortaleza e Eusébio, respectivamente. Ao longo do rio Cocó merecem destaque as lagoas da Maraponga, da Itaoca, do Opaia e do Papicu, e outras de menor porte todas situadas no núcleo urbano de Fortaleza. O Cocó sofre influencia das marés, que adentram no seu leito por aproximadamente 13 km, formando um estuário alongado e estreito, composto por 210 ha de manguezais.



e) Sistema Ceará/Maranguape

Apresentando uma configuração espacial retangular a bacia do rio Ceará drena uma área de 555,9 km², se desenvolvendo no sentido sudoeste-norte ao longo de 52,5 km, apresentando índices de compacidade de 1,60 e fator de forma de 0,20.

A exemplo do que ocorre com o Sistema Cocó/Coaçu, o rio Maranguape, único tributário de nível significativo na bacia, une-se ao rio principal apenas próximo à sua foz, não exercendo muita influência sobre a fluviometria da bacia como um todo, comportando-se como uma bacia independente. Apresenta uma bacia de contribuição com área de 223,8 km² e comprimento do talvegue de 37,5 km, resultando num índice de compacidade de 1,82 e fator de forma de 0,16.

Composto por cursos d'água de caráter intermitente, que fluem somente durante a época das chuvas, o Sistema Ceará/Maranguape apresenta fluviometria semi-perene apenas no trecho do rio Ceará que sofre a penetração das marés, formando um estuário composto por 640 ha de vegetação de mangue. Ocorrem na região de baixo curso inúmeras lagoas, com destaque para as lagoas da Parangaba e do Porangabuçu, ambas situadas na malha urbana de Fortaleza.

f) Bacia do Rio São Gonçalo

Drenando uma área de 1.332,3 km², a bacia do rio São Gonçalo apresenta forma retangular longilínea, comprimento do talvegue de 90,0 km, índice de compacidade igual a 1,68 e fator de forma de 0,16, com o curso principal se desenvolvendo no sentido sul-norte. Toda a drenagem da bacia apresenta um padrão de arranjo espacial dendrítico, desenvolvido em rochas de diferentes resistências litológicas.

O rio São Gonçalo não possui afluentes de importância, destacando-se apenas o rio Anil e o riacho do Amanari pela margem direita, enquanto que na margem esquerda aparecem os riachos Pau d'Óleo e do Mocó. Todos os afluentes apresentam caráter intermitente permanecendo secos durante a maior parte do ano, exceto próximo ao litoral onde o rio São Gonçalo sofre a influência das marés. Ao longo da bacia surgem diversas lagoas perenes e intermitentes, observando-se na região de baixo curso, próximo ao litoral, a formação de uma extensa lagoa de caráter perene, a Lagoa dos Talos.

g) Síntese dos Principais Parâmetros

Para as bacias acima descritas, bem como para as demais e pequeno porte que complementam as Bacias Metropolitanas, são mostrados nas [Tabelas 2.1 e 2.2](#) os principais parâmetros que as caracterizam geometricamente.

2.1.2 - CLIMA

De modo geral, o clima das Bacias Metropolitanas se apresenta bastante homogêneo; as variações climáticas registradas são diretamente associadas ao regime pluviométrico e decorrem, fundamentalmente, das seguintes condições:

- proximidade do litoral, quando os índices pluviométricos são mais elevados e as temperaturas mais estáveis;



Tabela 2.1 - Principais Parâmetros Morfológicos das Bacias Metropolitanas

Bacia Principal	Bacia		Parâmetros				
			Área (km ²)	Perímetro (km)	Talvegue (km)	Índice de Compacidade	Fator de Forma
Metropolitanas	MSG	São Gonçalo	1.332,3	-	90,0	1,68	0,16
	MGE	Gereraú	120,2	-	20,0	1,46	0,30
	MCP	Cauhipe	274,0	85,0	35,0	1,43	0,22
	MJU	Juá	121,6	50,0	12,5	1,26	0,78
	MCE	Ceará	555,9	135,0	52,5	1,60	0,20
	MMA	Maranguape	223,8	97,5	37,5	1,82	0,16
	MCO	Cocó	304,6	100,0	42,5	1,60	0,17
	MCC	Coaçu	194,8	67,5	32,5	1,35	0,18
	MPA	Pacoti	1.257,5	250,0	112,5	1,97	0,10
	MCA	Catu	155,9	72,5	30,0	1,62	0,17
	MCF	Caponga Funda	59,4	50,0	22,5	1,81	0,12
	MCR	Caponga Roseira	69,3	55,0	20,0	1,84	0,17
	MMZ	Malcozinhado	381,8	87,5	37,5	1,25	0,27
	MCH	Choró	4.750,7	480,0	200,0	1,94	0,12
	MUR	Uruaú	261,5	82,5	35,0	1,42	0,21
	MPI	Pirangi	4.374,1	360,0	177,5	1,52	0,14



Tabela 2.2 - Declividade do Rio Principal de cada Bacia Hidrográfica

Bacia	Rio Principal	Talvegue (km)	Intervalos entre Curvas de Níveis			
			Intervalo 1	Intervalo 2	Intervalo 3	Intervalo 4
MSG	São Gonçalo	90,0	0 - 80	80 - 640		
			72,5	17,5		
			1,10	32,00		
MGE	Gereraú	20,0	0 - 40			
			20,0			
			2,00			
MCP	Cauhipe	35,0	0 - 80			
			35,0			
			2,29			
MJU	Juá	12,5	0 - 80			
			12,5			
			6,40			
MCE	Ceará	52,5	0 - 80			
			52,5			
			1,52			
MMA	Maranguape		0 - 80	80 - 160		
			32,5	5,0		
			2,46	16,00		
MCO	Cocó	42,5	0 - 80			
			42,5			
			1,88			
MCC	Coaçu	32,5	0 - 40			
			32,5			
			1,23			
MPA	Pacoti	112,5	0 - 80	80 - 160	160 - 400	400 - 880
			72,5	7,5	15,0	17,5
			1,10	10,67	16,00	27,43
MCA	Catu	30,0	0 - 60			
			30,0			
			2,00			
MCF	Caponga Funda	22,5	0 - 40			
			22,5			
			1,78			
MCR	Caponga Roseira	20,0	0 - 40			
			20,0			
			2,00			
MMZ	Malcozinhado	37,5	0 - 60			
			37,5			
			1,60			
MCH	Choró	200,0	0 - 80	80 - 160	160 - 240	240 - 400
			102,5	50,0	35,0	12,5
			0,78	1,60	2,29	12,80
MUR	Uruaú	35,0	0 - 40			
			35,0			
			1,14			
MPI	Pirangi	177,5	0 - 80	80 - 160	160 - 200	
			140,0	32,5	5,0	
			0,57	2,46	8,00	



- relevo acidentado, onde ocorrem precipitações orográficas que se somam a temperaturas mais baixas em decorrência da altitude.

Com exceção dos microclimas bem definidos das áreas altas da Serra de Guaramiranga e Baturité, o clima predominante é quente e estável, de elevadas temperaturas e reduzidas amplitudes, com acentuada taxa de insolação, forte poder evaporante e, acima de tudo, com um regime pluviométrico marcadamente irregular.

Esta última particularidade, que também se observa nas zonas de microclima, se constitui, realmente, na característica climática básica.

Segundo a classificação de Köppen, o território da área ora em estudo apresenta três zonas climáticas, a saber:

- Aw': clima tropical chuvoso, quente e úmido, com estação chuvosa concentrada no outono. Apresenta-se predominante na região, ocorrendo nas áreas com precipitações variando de 1.000 a mais de 1.500 mm anuais;
- Amw': clima tropical chuvoso de monção, com estação chuvosa atrasada para o outono, em vez do verão. Ocorre nas áreas serranas sujeitas a chuvas orográficas, onde os índices pluviométricos são superiores a 1.400 mm;
- BSw'h': clima quente e semi-árido, com estação chuvosa atrasada para o outono. Ocorre no alto/médio cursos das bacias dos rios Choró e Pirangi, onde as precipitações oscilam entre 700 e 1.000 mm.

O regime pluviométrico da região é caracterizado pela heterogeneidade temporal, verificando-se uma concentração da precipitação no primeiro semestre do ano, e uma forte variação inter-anual. Geralmente, a estação chuvosa tem início no mês de janeiro e se prolonga até junho. O trimestre mais chuvoso é o de fevereiro/abril ou o de março/maio, respondendo por 65,0 a 70,0% da precipitação anual. No semestre janeiro/junho este índice supera 90,0%.

A análise da distribuição interanual da precipitação revela a ocorrência de anos muito secos, quando o índice de precipitação se reduz a menos de 1/4 ou 1/5 da média anual, com uma frequência estimada de 10,0 a 20,0% sobre períodos longos. Por outro lado, os anos com pluviometria elevada não são muito raros, ocasionando enchentes, e gerando problemas, principalmente em áreas urbanizadas das bacias dos sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu.

Como já citado, o relevo e a proximidade do litoral, exercem apreciável influência sobre os totais anuais, através de suas características de altitude e exposição aos ventos. Assim, na área de estudo, a distribuição espacial da pluviosidade apresenta a seguinte configuração:

- com exceção das regiões do médio curso do rio São Gonçalo, do Alto/Médio Choró e de praticamente toda bacia do Pirangi, as demais bacias apresentam índices pluviométricos superiores a 1.000 mm;



- os maiores índices de precipitação são verificados no litoral de Fortaleza e nas serras de Maranguape, Aratanha e Baturité, onde a ocorrência de chuvas orográficas nestas últimas, induz a índices pluviométricos significativos, acima de 1.400 mm, e a ocorrência de microclima;
- nas áreas interioranas das Bacias Metropolitanas, os índices pluviométricos se reduzem ao estrato de 800 mm, mais especificamente no médio curso do rio São Gonçalo e no alto/médio curso dos rios Choró e Pirangi. Índices pluviométricos inferiores a 800 mm são verificados nos territórios das referidas bacias, nas regiões de Pentecoste, Canindé, Choró, Quixadá, Ibaretama e Morada Nova.

No Capítulo 3 – Estudos Pluviométricos e de Secas, são apresentadas mais detalhadamente as condições e parâmetros do regime de chuvas obtidas na elaboração deste Plano de Gerenciamento.

No que se refere à temperatura, na região vizinha ao litoral a média oscila de 26°C a 27°C, alcançando o patamar de 28°C para as zonas interiores mais centrais; somente nas regiões altas com microclimas, a temperatura média torna-se mais amena e decai para 25°C, atingindo valores inferiores a 22°C no ápice da Serra de Baturité. Por sua vez, as médias das temperaturas máximas e mínimas refletem a estabilidade do regime térmico: em geral, nas regiões mais quentes elas ficam em torno de 33°C a 34°C para as primeiras, e de 22°C a 23°C para as segundas; nas zonas litorâneas a redução se observa mais na temperatura máxima, que se situa com maior frequência entre 31°C a 32°C.

Em termos absolutos, as temperaturas podem atingir patamares superiores a 38°C e, somente naquelas áreas altas, as mínimas absolutas diminuem abaixo de 17°C, situando-se na faixa dos 20°C com maior predominância.

A umidade relativa do ar, bem como praticamente todos os parâmetros climáticos, está intimamente ligada com a pluviosidade. No período de chuvas ela supera, freqüentemente, a 80%, sendo que, nas regiões litorâneas, alcança valores próximos de 90%; o trimestre março/maio é o período mais úmido. Na estiagem, a umidade reduz-se principalmente nas regiões mediterrâneas, mais áridas, e atinge a faixa de 50%; no litoral, tal diminuição é menor, situando-se, geralmente, entre 60% e 65%; o período crítico abrange os meses de setembro a novembro. Na média a umidade relativa do ar nas regiões mais secas é de 60% a 65%, e nas úmidas ultrapassa 70%. Quando da ocorrência de anos secos, os valores da umidade variam muito menos e se mantêm em níveis mais reduzidos.

Uma das principais características do clima regional diz respeito à favorável insolação; espacialmente o número médio de horas de insolação altera-se pouco na área, sendo de cerca de 2.650 horas/ano a quase 3.000 horas/ano. Além do mais, no decorrer do ano, a duração de incidência de luz solar apresenta variações moderadas, atingindo os menores valores nos meses de maior pluviosidade - em torno de 6,0 horas/dia - e, no auge da estiagem, atinge cerca de 9,0 horas/dia.

O mesmo comportamento se observa com a nebulosidade, mais do que qualquer outro parâmetro diretamente dependente da pluviosidade. Em geral, no período chuvoso o índice observado é, freqüentemente, superior a 6,0 décimos, atingindo valores superiores aos 7,5 décimos; na estiagem, a nebulosidade diminui bastante permanecendo entre 2 décimos e 4 décimos, em especial no trimestre agosto/outubro.



Os ventos só têm maior representatividade nas regiões litorâneas ou nos trechos finais dos vales. Apresentam velocidades maiores no segundo semestre, quando a velocidade média predominante é de 3,0 m/s a 4,0 m/s; no primeiro semestre, em especial antes do início da época das chuvas mais abundantes, reduzem-se bastante.

No conjunto, as condições climáticas favorecem sobretudo o fenômeno da evaporação, provocando, em consequência, perdas hídricas consideráveis, mormente no que concerne aos volumes acumulados em superfícies livres.

Como tais condições são mais rigorosas durante a estiagem, os índices de evaporação estão implicitamente relacionados com os de pluviometria: a ausência de chuvas contribui para o acréscimo das perdas por evaporação.

Não há grande variação das taxas de evaporação na área, a não ser nas regiões elevadas de microclima que apresentam taxas mais reduzidas.

Em geral, as alturas médias anuais de evaporação medidas em tanques evaporimétricos “Classe A” das estações meteorológicas nas Bacias Metropolitanas variam de 562 mm, na Serra de Guaramiranga, até 1.649 mm em Fortaleza. Apresentam-se na Tabela 2.3 além dos valores de evaporação mensal e anual para as estações de Fortaleza e Guaramiranga, os valores para outras estações do estado do Ceará.

Tabela 2.3 – Evaporação Média Tanque Classe A

Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Anual
Fortaleza	149	109	85	74	85	95	123	173	193	197	185	181	1649
Crateús	250	147	112	97	134	188	275	327	358	395	372	334	2989
Sobral	158	105	75	71	78	108	154	199	215	247	220	210	1840
Acaraú	202	184	116	91	111	154	192	262	282	291	284	258	2427
Guaramiranga	51	35	25	25	26	29	40	58	67	70	70	66	562
Média	162	116	83	72	87	115	157	204	223	240	226	210	1893

Fonte: PERH - CE

O trimestre úmido março/maio é freqüentemente o de menor índice, correspondendo, em média, a 15% da evaporação anual; por outro lado, o de setembro/novembro concentra quase 1/3 do mesmo total. A taxa média diária de evaporação em Tanque Classe A, é da ordem de 3,5 mm/dia a 4,5 mm/dia nos meses mais favoráveis; alcançando a faixa de 12 mm/dia nos meses quentes nas zonas mais áridas.

Quando da ocorrência de anos secos, as alturas totais de evaporação aumentam consideravelmente, podendo superar os 3.300 mm/ano; nestes casos, a diferença entre as taxas do 1º e 2º semestres reduz-se acentuadamente.

O balanço hídrico sazonal segundo o método de Thornthwaite & Mather revela que para as áreas litorâneas a deficiência hídrica tem início no mês de julho prolongando-se até janeiro, com índices situados entre 600 e 750 mm anuais. No trimestre úmido, nos anos de pluviometria média ou acima observam-se excedentes hídricos, geralmente inferiores a 100 mm, apresentando o litoral de Fortaleza índices próximos a 400 mm.

Nas áreas serranas (maciços orográficos), as deficiências hídricas apresentam valores bastante variáveis, como demonstram os índices obtidos nas serras de Baturité (45 mm) e Maranguape (705 mm). Por sua vez, os excedentes hídricos, também, apresentam



valores variáveis se elevando de cerca de 380 mm, na serra de Maranguape, para 780 mm na região serrana de Baturité. Na zona do sertão semi-árido as altas taxas de evaporação potencial situadas próximo de 1.650 mm, explicam a inexistência de excedentes hídricos, bem como os elevados déficits hídricos dessas áreas, com valores em torno de 850 mm.

2.1.3 – CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

2.1.3.1 - Litoestratigrafia

Geologicamente, o território das Bacias Metropolitanas é composto por dois grandes domínios litológicos, as coberturas sedimentares cenozóicas representadas pelo Grupo Barreiras, Coberturas Colúvio-eluviais, Aluviões, Dunas Móveis, Paleodunas e depósitos de praia, e as rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino. Estas últimas representadas, principalmente, pelos Complexos Gnáissico-Migmatítico e Granitóide-Migmatítico, aparecendo com menor representatividade o Grupo Ceará, o Complexo Independência, além de Rochas Plutônicas Granulares, Diques Ácidos e Corpos Vulcânicos Alcalinos.

As bacias dos rios Malcozinhado, Uruaú, Caponga Roseira, Caponga Funda e Catu, bem como as Faixas Litorâneas de Escoamento Difuso (FLED) desenvolvem-se integralmente sobre rochas sedimentares. As demais bacias apresentam um predomínio do embasamento cristalino, constituindo exceção as bacias dos rios Pirangi, Gereraú e Juá, onde há uma certa equidade na distribuição dos dois domínios litológicos e o Sistema Cocó/Coaçu, onde o embasamento sedimentar apresenta-se dominante.

O [Mapa 2.1](#) mostra a distribuição, no território das Bacias Metropolitanas, das unidades geológicas supra-mencionadas, as quais são descritas a seguir.

▶ **Grupo Barreiras (TQb)**

O Grupo Barreiras ocorre por toda a região costeira das Bacias Metropolitanas, constituindo uma faixa grosseiramente paralela à linha da costa. Ocorre capeando em discordância erosiva angular as rochas do embasamento cristalino, sendo capeado na linha da costa pelo cordão litorâneo de dunas, através de discordância, e no interior passa transicionalmente, em alguns pontos, para as Coberturas Colúvio-eluviais indiferenciadas. Afloramentos na linha da praia, formando falésias, são observados nas praias de Iparana, Diogo e Morro Branco, entre outras.

Apresenta largura variável, chegando a penetrar cerca de 30,0 km em direção ao interior em sua porção oriental, sendo mais estreito na região situada a leste de São Gonçalo do Amarante, devido ao pronunciado avanço, em direção ao litoral, do maciço da Serra do Juá. Sua espessura, também, é bastante variável, fato decorrente do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento cristalino, aumentando em direção a costa. Apesar de apresentar espessuras consideráveis, em determinados trechos os vales entalhados pelos principais rios expõe o cristalino, refletindo, desta forma, um avançado estágio de erosão fluvial em toda a unidade sedimentar.

Litologicamente a seqüência é representada por arenitos areno-argilosos, de coloração variegada, com matizes avermelhados, creme ou amarelados. A matriz apresenta material argiloso caulínico, com cimento argiloso-ferruginoso, e as vezes, silicoso. A granulação varia de fina a média com horizontes conglomeráticos e incrustações lateríticas



na base. Estes níveis lateríticos não tem cota definida, estando comumente associados aos níveis de percolação das águas subterrâneas.

Estruturalmente esta unidade apresenta-se horizontalizada, com estratificação indistinta, notando-se apenas um paralelismo entre níveis de constituição faciológica diferentes. Nos níveis de cascalhos, por vezes observa-se um incipiente organização em estruturas cruzadas e paralelas, bem como aumento de granulometria em direção à base (granodecrescência).

Em algumas áreas, observa-se a ocorrência de fontes de águas no contato desta seqüência com os sedimentos arenosos de dunas, tendo como exemplo as praias do Iguape, Prainha e das Fontes, situadas nos municípios de Aquiraz e Beberibe. Tais fontes são originadas pela percolação, sobre o material argiloso, da água absorvida pelas áreas sobrepostas.

▸ □ Cobertura Colúvio-Eluviais (TQc)

As Coberturas Colúvio-eluviais apresentam distribuição irregular na área das Bacias Metropolitanas, estando representadas por manchas dispersas, assentadas diretamente sobre o embasamento cristalino, apresentando espessuras nunca superiores a 5 m.

Morfologicamente caracterizam-se como tabuleiros aplainados com suaves ondulações, muitas vezes rebaixados ao nível da superfície cristalina. A semelhança morfológica com os sedimentos costeiros dificultam o traçado de um contato definido entre os dois tipos de sedimentos. Assim sendo, nas áreas mapeadas como representativas das coberturas colúvio-eluviais é possível encontrar resquícios de sedimentos do Grupo Barreiras.

Segundo BRAGA et al (1981) estes sedimentos são litologicamente constituídos por um material areno-argiloso alaranjado e/ou avermelhado, de granulação fina a média, ocasionalmente mais grosseiro, inconsolidado, com horizonte laterizado na base. A matriz é areno-argilosa caulínica, com cimento argiloso e/ou ferruginoso. São constituídos por grãos de quartzos imaturos, pouco desgastados, com ocasionais pontuações de opacas, palhetas de mica e grãos de feldspato em vias de alteração.

A ausência de estratificação, o caráter arcoseano, a morfoscopia dos grãos de quartzo e a presença de minerais micáceos e feldspáticos caracterizam estes sedimentos como imaturos e, por outro lado, sugerem as condições climáticas semi-áridas a que foram submetidos a desagregação até os tempos atuais.

Nas áreas serranas, BRANDÃO (1995), distinguiu três zonas principais, onde predominam movimentos com componente gravitacional dominante: zona primária de fornecimento de clásticos grossos; zona de tálus a meia encosta que representa, ao mesmo tempo, área fonte e de deposição de detritos, com mistura de material coluvionar de granulação variada, se constituindo na área mais instável; e zona de deposição final, nas partes mais baixas das encostas, onde colocam-se cones de dejeção e depósitos de piemonte em condições de estabilidade. Tais depósitos são, geralmente, inconsolidados, mal classificados, formados por seixos, blocos, matações, grãos de areia e, às vezes, argilas impuras.



► □ Paleodunas (Qpd)

Sobrepostos aos sedimentos do Grupo Barreiras, nas regiões das bacias dos rios São Gonçalo, Gereraú, Cauhipe, Cocó/Coaçu, Pacoti, Catu e Caponga Funda, bem como nas Faixas Litorâneas de Escoamento Difuso (FLED), ocorrem dunas edafizadas ou paleodunas, formadas por areias bem selecionadas, de granulação fina a média, quartzosas e/ou quartzo-feldspáticas, raramente siltosas, com coloração variando de cinza claro e alaranjado no topo a avermelhado na base. Normalmente são constituídas por sedimentos inconsolidados, embora em alguns locais possam apresentar um certo grau de compactação.

Representam uma geração mais antiga de dunas, caracterizando-se pelo desenvolvimento de processos pedogenéticos, com a conseqüente fixação de um revestimento vegetal de porte arbóreo/arbustivo. Morfológicamente exibem feições típicas de dunas parabólicas, com eixos alinhados segundo a direção E-W, refletindo a predominância dos ventos que sopram do quadrante Leste. Apresentam espessuras em torno de 15m próximo a linha da costa, podendo ocorrer valores altimétricos mais elevados. Para o interior apresentam-se rebaixadas quase ao nível dos tabuleiros pelo constante retrabalhamento dos ventos, com progressiva redução de espessura e com formas dissipadas em algumas áreas.

► □ Dunas Móveis (Qd)

As dunas móveis são formadas a partir da acumulação de sedimentos removidos da face de praia pela deflação eólica. Formam um cordão contínuo disposto paralelamente à linha da costa, com largura variando de 2 a 3 km e espessuras em torno de 30m. Apresenta-se seccionado em alguns pontos pelas planícies fluviais e flúvio-marinhas, ou ainda pela projeção até o mar de sedimentos do Grupo Barreiras, formando falésias, e de promontórios formados por cangas lateríticas (ponta do Mucuripe), quartzitos (ponta do Iguape) e quartzitos/gnaisses (ponta do Pecém).

Morfológicamente apresentam feições de barcanas, com declives suaves a barlavento, e inclinações mais acentuadas nas encostas protegidas da ação eólica. Geometrias lineares também são identificadas. Ocorrem capeando a geração de dunas mais antigas, estando em algumas áreas assentes diretamente sobre os sedimentos do Grupo Barreiras.

Seus contatos, em relação às formações sotopostas são, em geral, abruptos. Localmente, onde elevam-se às cotas superiores dos tabuleiros do Grupo Barreiras, ocasionam o soterramento dos vales costeiros, impedindo que os cursos d'água com descargas deficientes atinjam o oceano pela obstrução das suas desembocaduras, dando origem assim a uma série de lagoas costeiras.

Litologicamente, são constituídas por areias esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo foscos e arredondados, muitas vezes encerrando níveis de minerais pesados, principalmente ilmenita. Caracterizam-se pela ausência de vegetação ou pela fixação de um revestimento pioneiro, o qual detém ou atenua os efeitos da dinâmica eólica, responsável pela migração das dunas.



► □ Depósitos Fluvio-Aluvionares e de Mangues (Qa)

Compreendem as faixas alongadas, estreitas e sinuosas depositadas nas calhas dos rios, predominantemente orientadas segundo NE e NNE, que iniciando-se no interior, alargam-se paulativamente no sentido da zona litorânea, onde são seccionadas pela linha da costa. As principais áreas de ocorrências, pela importância geográfica, são as Aluviões dos rios Pirangi, Choró e Pacoti.

Litologicamente, as Aluviões estão representadas por argilas, areias argilosas, areias puras e cascalho. As argilas são abundantes, sendo constatadas em todas as calhas de rios, com destaque para os rios Choró, Pirangi e Pacoti. São argilas detríticas, de boa plasticidade, de cores variadas, sendo constituídas predominantemente por caulinita. Nos médios cursos, as Aluviões são constituídas principalmente por areias grossas, puras com seixos e calhaus, enquanto que nos baixos cursos predominam areias mais impuras, com elevados teores de argila e silte escuro. Manchas de cascalheiras ocorrem, às vezes, intercaladas entre as areias e na superfície dos terraços laterais, merecendo destaque as cascalheiras do rio Choró.

Nas lagoas costeiras e interiores são depositados sedimentos pelíticos e grande quantidade de matéria orgânica, sendo comum nas primeiras a ocorrência de diatomito, muitas vezes com volume suficiente para justificar a sua exploração econômica.

Próximo à costa, sob influência marinha, os sedimentos aluvionares correspondem a vasas escuras, flúvio-marinhas, onde se misturam materiais pelíticos e matéria orgânica em decomposição, formando extensos manguezais, alagados na preamar. Destacam-se na região das Bacias Metropolitanas as áreas de mangues associadas aos rios Ceará, Cocó, Pacoti, Pirangi e Choró, bem como à lagoas, que por sofrerem a influência da maré, recebem a denominação de lagamar.

► □ Depósitos de Praia e Afloramentos Rochosos

Os depósitos de praia formam um cordão contínuo, alongado por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis. São acumulações de areias de granulação média a grossa, com abundantes restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados, com predomínio da ilmenita. Pode ocorrer, ocasionalmente, a presença de cascalhos próximo às desembocaduras dos rios principais.

Ao longo das praias, na faixa situada abaixo da linha de maré alta, observa-se a ocorrência de alinhamentos rochosos descontínuos, ocupando ora a desembocadura de alguns rios ora as enseadas, sendo denominados de arenitos de barra e arenitos de praia, respectivamente. Estas formações rochosas funcionam, muitas vezes, como proteção a determinados setores da costa, diminuindo a energia das ondas e evitando sua ação erosiva. Ressalta-se que estas unidades não estão representadas no mapa geológico dado a escala do mapeamento.

Os arenitos de barra, de origem flúvio-marinha, são constituídos por sedimentos grosseiros, conglomeráticos, com seixos de até 3cm, bem rolados, englobando conchas marinhas recentes, principalmente de lamelibrânquios, e fragmentos de madeira. A matriz é areno-argilosa, porosa, de coloração cinza-escuro e o cimento é calcífero. Na área do estudo, as principais ocorrências estão situadas em Barra Nova (próximo a foz do rio



Choró), e em Uruaú. Por sua vez, os arenitos de praia, de origem marinha, são sedimentos de granulação média a grosseira, de cor clara, em geral esbranquiçados, constituídos predominantemente de grãos de areia com conspícuos seixos de quartzo e cimento calcífero. Muitas vezes, porém, as correntes marinhas transportam detritos de origem fluvial, das barras, até grandes distâncias, os quais dão origem a arenitos escuros com matriz areno-argilosa. As principais ocorrências de arenitos de praia são verificadas nas praias de Sabiaguaba, COFECO, Iparana e enseada do Mucuripe, entre outras, sendo que neste último local, os arenitos diferenciam-se por exibirem um avançado estágio de laterização.

► **Complexo Gnáissico-Migmatítico (pEgn-mg)**

A associação petrotectônica denominada de Complexo Gnáissico-Migmatítico (LIMA et al, 1980 in BRANDÃO, 1995) representa o embasamento cristalino, com posicionamento no Proterozóico Inferior. Em termos geográficos é a unidade que ocupa maior área de distribuição no âmbito do território das Bacias Metropolitanas.

Litologicamente o Complexo Gnáissico-Migmatítico é definido como uma seqüência constituída de gnaisses variados, em parte migmatizados, freqüentemente intercalados por níveis quartzíticos (q) e carbonáticos (ca). Observa-se o predomínio de biotita-gnaisses com ou sem muscovita, anfíbolio, granada e sillimanita, muitas vezes servindo de encaixante para sheets de leuco-ortognaisses, pegmatóides e augen-ortognaisses. Subordinadamente ocorrem corpos anfíbolíticos e calcossilicáticos em jazimentos lenticulares de pequenas dimensões, concordantes com o bandamento gnáissico.

Os migmatitos ocupam grandes extensões na região de ocorrência do Complexo Gnáissico-Migmatítico, tendo como áreas de predominância representativas as serras do Juá - Conceição - Camará e o serrote Bico Fino. Os termos migmatíticas mais comuns são os de estrutura bandada/dobrada, sendo constatados em menor proporção tipos mais evoluídos mostrando tendência a homogeneização. Os migmatitos ocorrem, em geral, intimamente associados aos demais litocomponentes da unidade.

Segundo BRANDÃO (op. cit.), a análise globalizada das rochas deste Complexo mostra a atuação de processos metamórficos e deformacionais, que em escala regional são compatíveis com a fácies anfíbolito, e uma anisotropia estrutural representada por uma foliação resultante de deformação dúctil ou plástica em regime de cisalhamento simples.

► **Complexo Granitóide Migmatítico (pEgr - mg)**

Litologicamente esta unidade é composta por granitóides diversos, migmatitos (diatexitos dominantes) e gnaisses migmatíticos. Ocorre a sudoeste de Fortaleza, abrangendo as regiões de Maranguape, Pacatuba e porção norte do maciço de Batutité e apresenta forma ovalada, com o eixo maior alinhado na direção NE-SW.

Do ponto de vista tectônico, o Complexo Granitóide-Migmatítico constitui-se segundo BRAGA (1981), numa estrutura do tipo "domo gnáisse-granítico" de Salop (1970), também chamada de "domos gnáissicos manteados" de Eskola (in: Salop op.cit.), ou "domos migmatíticos" de Mehnert (1972).



Apresenta litotipos foliados na periferia, desde gnaisses e gnaisses migmatizados, até migmatitos metatexiticos, e núcleos granitóides nas porções centrais. A passagem de uma fácies para outra é gradual, com perda de foliação dos gnaisses e migmatitos gnáissicos, para estruturas de fluxo e difusas dos migmatitos diatexiticos, até a homogeneização franca nos núcleos centrais, onde as rochas se enriquecem de uma blastese potássica, que propicia a formação de litotipos de composição próxima dos granitos.

Os contatos com as unidades circunjacentes são bruscos quando com os sedimentos do Grupo Barreiras, que recobrem discordantemente a porção setentrional da área de ocorrência, e transicionais ou tectônicos, ou eventualmente bruscos, quando em contato com as rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico. Nos contatos transicionais, ocorre quase sempre uma faixa marginal onde se observa a mudança de rochas amplamente foliadas para aquelas mais migmatizadas.

▸ □ Grupo Ceará (pEce)

Litologicamente, o Grupo Ceará é formado por uma seqüência ectinítica parametamórfica onde, na base estão os constituintes de natureza clástica, seguidos de representantes pelíticos, clástico-pelíticos e o horizonte carbonático no topo.

Ocorre como faixas estreitas e alongadas que representam estreitas e alongadas sinclinais, concordantes com a estrutura regional. Seus contatos com as rochas circundantes são normais, nítidos e retilíneos. Outra característica desta unidade é o quartzito basal apresentar a morfologia de cristas alongadas em apenas um dos flancos das sinclinais.

As exposições desta unidade na área das Bacias Metropolitanas estão representadas por duas regiões: a seqüência que ocorre entre Boqueirão de Cesário e Ibicuitinga, margeando o limite da bacia do Piranji, formando a serra do Félix, e a situada a sul de Redenção representada pela serra de Ubirajara, ambas alinhadas segundo a direção NE-SW.

Os clásticos basais, sob a atuação do metamorfismo regional, originaram quartzitos bem recristalizados, com laminação pronunciada, muscovíticos, de coloração creme amarelada, com espessuras delgadas, constituindo excessão a ocorrência de Boqueirão de Cesário, onde estes apresentam-se excepcionalmente mais espessos (10m).

Entre as litologias pelíticas predominam os xistos, de cor cinza-escuro, granulação média a grossa, englobando na base leitos filiticos. Os metassedimentos de origem clástico-pelítica são os mais espessos, no contexto do Grupo Ceará, sendo representados pelas fácies cianita - moscovita - biotita - gnaisses - granadíferos, gnaisses quartzofeldspáticos, moscovita - biotita - gnaisses e biotita-gnaisses. Na parte superior dos gnaisses, ocupando o topo da seqüência parametamórfica do Grupo Ceará, ocorre um horizonte carbonático representado por calcário cristalino. Eventualmente podem ocorrer lentes calcossilicáticas.

Com base nas associações litológicas do Grupo Ceará, verifica-se um quadro mais ou menos uniforme no que se refere ao grau de metamorfismo, porém separados em fácies de alto (ocorrência de Redenção) e baixo graus (ocorrência de Boqueirão de Cesário).



► □ Complexo Independência (pEi)

O Complexo Independência ocorre no setor sudoeste da região estudada, a leste de Choró, formando a serra do Estevão. Apresenta na sua extremidade ocidental, contato tectônico marcado por falhamento de empurrão.

Constitui uma seqüência parametamórfica composta basicamente de biotita - gnaisses, hornblenda-biotita-gnaisses e moscovita-biotita-gnaisses granadíferos, com intercalações de lentes anfíbolíticas e de calcário cristalino.

Os biotita-gnaisses são de coloração cinza clara, com granulação de fina a média, textura gnáissica, representada por alternância de finos leitões claros e escuros. Os hornblenda-biotita-gnaisses apresentam coloração cinza esverdeada, granulação fina a média, e constituição quartzo-feldspática e hornblenda-biotítica, formando rochas compactas, com foliação proeminente e laminação acentuada. Por sua vez, os moscovitas-biotita-gnaisses granadíferos, de cor cinza clara, apresentam foliação proeminente, granulação média, com intercalações felsicas e márficas de espessuras variáveis.

► □ Rochas Plutônicas Granulares

Na área das Bacias Metropolitanas as rochas granulares estão representadas por granitóides (pEg), que englobam as rochas graníticas, granodioríticas e afins, e gabróides que reúnem dioritos (pEd) e ultrabásitos (pEud).

Os granitóides constituem os corpos plutônicos ácidos, estando distribuídos em várias ocorrências na área estudada. No setor centro-sul do território das Bacias Metropolitanas ocorre um corpo granitóide de forma elipsoidal, alinhado segundo a direção NE-SW, representado pela Serra Azul, cujo contato com o Complexo Gnáissico-Migmatítico é nítido. A borda oriental do granitóide Serra Azul dista 1,5 km da falha de Senador Pompeu, apresentando indícios de deformação tectônica, como deslocamentos e quebramentos dos componentes minerais. A rocha aflorante é leucocrática, maciça, de granulação média a grosseira, sendo formada por quartzo, feldspato e biotita. Merece destaque, ainda, o corpo granitóide de Itaitinga, constituído por granito mesocrático, de granulação média, estrutura isotrópica a incipientemente foliada, encerrando enclaves gnaissificados de composição diorítica.

Encaixando na seqüência do Complexo Gnáissico-Migmatítico, ocorre o corpo ultrabásico (pEub) do serrote Manoel Gonçalves, próximo à borda oeste da serra de Maranguape. Apresenta forma elipsoidal, estando alinhado grosseiramente segundo a direção N-S. Trata-se de um piroxenito, com aspecto maciço, coloração escura e granulação média.

Outra ocorrência de rochas básicas que se destacam na região são os dioritos (pEd), representados principalmente pela Pedra Aguda, localizada a leste de Capistrano. De formato elipsoidal, apresenta o eixo maior orientado segundo a direção N-S e concordante com as estruturas regionais. Litologicamente é composta predominantemente por dioritos, dioritos gnáissicos e representantes locais de granito gnáissico e aplito. A leste do povoado de Caio Prado, no município de Itapiúna, constata-se outro corpo básico de forma ovalada, com eixo maior orientado na direção E-W, o qual apresenta contato transicional com as rochas encaixantes. De textura homogênea ou gnáissica e granulação média a grossa, apresenta litologia variada, desde rochas fêlsicas (leuco-granito) a ultramáficas



(espessartito). Observa-se o predomínio da fácies hiperstênio-diorito, com andesina, hiperstênio, biotita, hornblenda básica e augita.

► **Vulcanismo Alcalino (Tal)**

A maioria dos corpos vulcânicos alcalinos existentes na região das Bacias Metropolitanas, ocorrem encaixados no Complexo Gnáissico-Migmatítico, constituindo exceção os serrotes Ancuri e Cararu, os quais encontram-se circundados por sedimentos do Grupo Barreiras. São representados pelos litotipos classificados como fonolitos, tranquitos, tufos e essexitos, ocorrendo sob a forma de "diques" ou "necks".

Os "necks" apresentam formato circular a elipsoidal, sendo representados pelos serrotes Preto, Japarara, Ancuri, Cararu, Salgadinho e Pão de Açúcar, com destaque para os dois últimos por exibirem forma característica de cones vulcânicos, com presença de diques associados ao corpo central. Os diques de rocha alcalina, muitos dos quais não podem ser mapeados dado a dimensão reduzida, ocorrem com maior frequência concordantes com a estrutura regional, alinhados segundo a direção NE-SW, preenchendo zonas de fraturamento de tensão das rochas encaixantes.

NASCIMENTO et al (1981) estudaram geocronologicamente as rochas dos serrotes Cararu, Ancuri, Salgadinho, Japarara e Pão de Açúcar, obtendo datações Rb/Sr e K/Ar que as posicionavam com idade em torno de 34 milhões de anos. Estudos anteriores mostram que essas rochas alcalinas representam uma importante fase de reativação da Plataforma Sul-Americana, vinculadas a zonas de fraqueza que se estenderiam desta região até o arquipélago de Fernando de Noronha e o Atol das Rocas.

► **Diques Ácidos (pEda)**

São agrupadas nesta unidade todas as rochas tabulares de caráter ácido a hiperácido sob a forma de diques e veios, geralmente não cartografáveis na escala do mapeamento. São constituídos por granitos, pegmatitos e veios quartzosos, que apresentam controle estrutural, estando associados ao preenchimento de fraturas, e, em geral, dispostos discordantemente à foliação regional. Aparecem com maior evidência cortando as litologias do Complexo Gnáissico-Migmatítico e do Complexo Granítico-Migmatítico, apresentando espessuras variáveis.

Os diques graníticos são, geralmente, de coloração cinza clara ou creme, com granulação fina a média, formando matacões quando intemperizados, devido a fraturas subperpendiculares a sua orientação. Os veios de quartzo, de caráter hiperácido, formam cristas alongadas e finas, de coloração creme ou branca leitosa, apresentando-se bastante fraturados. Os pegmatitos são esbranquiçados, aparentemente estéreis, de composição basicamente quartzo-feldspática, com ou sem presença de muscovita.

2.1.3.2 - Áreas com Tradição em Eventos Sísmicos

A análise do panorama sismotectônico da Região Nordeste revela uma maior concentração de sismos nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, onde os abalos ocorrem em áreas de rochas do embasamento e nas áreas próximas ao litoral onde se iniciam as rochas sedimentares das bacias costeiras. Entretanto, verifica-se que os sismos nordestinos dificilmente atingem magnitude 5 na escala Richter ([Tabela 2.4](#)).



Tabela 2.4 - Distribuição dos Sismos no Nordeste, segundo a Magnitude (mb \geq 3,0)

Magnitude dos Sismos (mb)	Anos									
	1801/1820	1821/1840	1841/1860	1861/1880	1881/1900	1901/1920	1921/1940	1941/1960	1961/1980	1981/1996(*)
3,0	-	-	-	-	-	1	2	3	8	5
3,1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	5
3,2	-	-	-	1	-	-	-	-	3	2
3,3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2
3,4	-	-	-	1	-	1	-	-	3	4
3,5	-	-	1	-	1	2	-	-	6	2
3,6	-	-	-	-	-	1	1	-	4	2
3,7	-	-	-	1	-	3	-	-	5	1
3,8	1	-	-	-	-	1	-	-	2	5
3,9	-	-	-	-	-	2	-	1	7	-
4,0	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-
4,1	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-
4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,3	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2
4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
4,7	1	-	-	-	-	1	-	-	1	-
4,8	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-

FONTE: Berrocal, J. et alii, Sismicidade do Brasil. São Paulo, IAG/USP, 1984.

Ferreira, J.M., Sismicidade do Nordeste do Brasil. Tese de mestrado. São Paulo, IAG/USP, 1983.

RBGF, ESB/UNB e CAI/UFRN, Boletins Sísmicos.

(*) Excluindo o ano de 1983.

No Ceará, especificamente, já foram identificadas quatro regiões com tradição em eventos sísmicos na zona nordeste do estado, todas situadas no território das Bacias Metropolitanas: Cascavel (Pitombeiras), Ibaretama, Pacajus e Palhano. Dessas regiões, Pacajus foi a que apresentou eventos de maior magnitude, chegando a atingir em 1980, 5,2 graus na escala Richter e intensidade VII na escala Mercalli. Foram, também, registrados sismos de magnitudes significativas nas regiões de Groaíras, Irauçuba, Hidrolândia, Aiuaba e Pereiro, fora da área ora em estudo. A [Tabela 2.5](#) mostra a relação dos sismos com magnitudes superiores a 4,0 mb ocorridos no Estado do Ceará.

Quanto a ocorrência de eventos sísmicos isolados na área do estudo, há registro de ocorrência de atividades sísmicas nos municípios de Caucaia, Palmácia, Redenção, Beberibe, Baturité, Maranguape, Ibaretama, Morada Nova e Aracoíaba, conforme pode ser visualizado na [Figura 2.1](#).

Tendo, em vista a ocorrência de áreas com tradição em eventos sísmicos na região, torna-se imperativo por ocasião do planejamento de obras hidráulicas, especificamente no caso de reservatórios de grande porte, avaliar os riscos de ocorrência de sismicidade induzida.



Tabela 2.5 - Relação dos Sismos com Magnitude mb \geq 4,0 ocorridos no Estado do Ceará

Localidade	Data	Magnitude (mb)	Intensidade (mmi)	Observações
Baturité	02/1903	3,9	-	3 sismos
Baturité	02/1903	4,1	VI	2 sismos
Maranguape	24/11/1919	4,5	IV	-
Aracati	14/04/1928	4,0	VI	-
Pereiro	1968	3,9-4,5	V-VII	5 sismos (janeiro a março)
Beberibe	03/1974	-	V	vários sismos
Ibaretama	12/03/1977	3,9	-	-
Pacajus	20/11/1980	5,2	VII	-
Cascavel (Pitombeiras)	22/04/1995	3,8	VI	-

FONTE :Ferreira, J.M., Sismicidade no Rio Grande do Norte in Simpósio sobre Sismicidade Atual em João Câmara (RN). Rio de Janeiro, 1986.p.32-48.
Defesa Civil do Ceará.

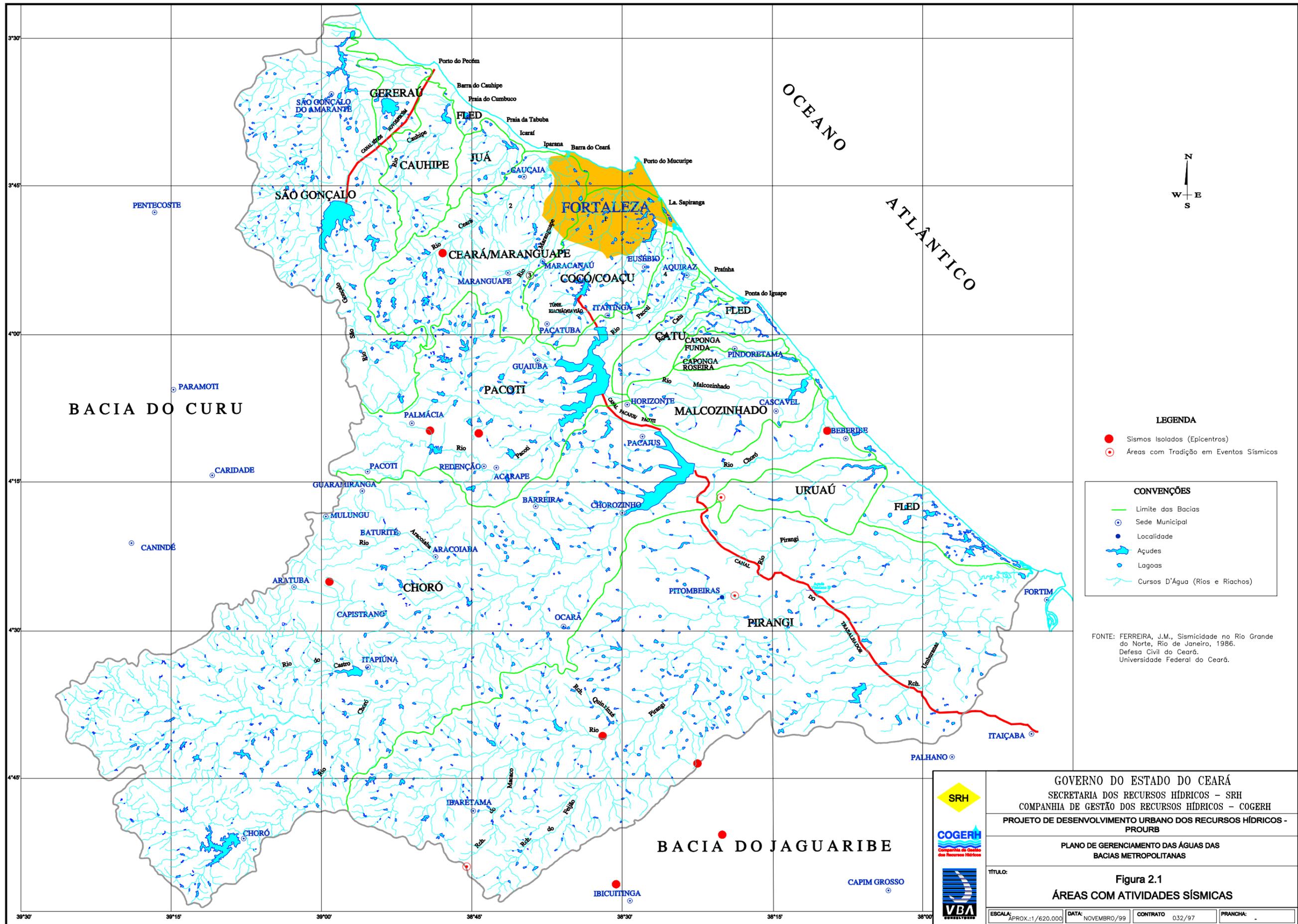
2.1.3.3 - Recursos Minerais

De acordo com informações do DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral, o território das Bacias Metropolitanas conta com 460 lavras/depósitos minerais registrados ou cadastrados por este órgão, conforme pode ser visualizado na [Tabela 2.6](#). Destas, apenas 23,7% são representadas por depósitos minerais, sendo as demais constituídas por lavras, dos quais 48,7% estão com situação regularizada perante os órgãos competentes, 39,6% operam de forma clandestina e 11,7% estão desativadas.

Dentre os depósitos minerais com registro de pesquisa no DNPM, merecem destaque os minerais industriais (calcário-19, grafita-07, mica-05, talco-03, feldspato-03, titânio-03, manganês-01, ilmenita-01, rutilo-01 e tantalita-01) com 44 requerimentos ao todo; as rochas (granito-12, gnaisse-07, mármore-02, quartzito-02, sienito-01 e diorito-01), com 27 requerimentos; as pedras ornamentais com 13 requerimentos, dos quais 92,3% são de quartzo e apenas 7,7% de berilo, e as rochas alcalinas com 10 requerimentos (fonolito-07 e traquito-03).

As lavras de areia grossa; argila; areia vermelha; minerais industriais, com destaque para o calcário; areia branca; diatomito; pedra britada e saibro, são as mais representativas. Merece menção, no entanto, o fato de 87,5% das lavras de diatomito encontrarem-se desativadas face ao baixo preço alcançado pelo produto no mercado. Com menor representatividade aparecem as lavras de rochas (gnaisse, granito e grabo, com destaque para o primeiro), água mineral, rochas alcalinas (fonolito e traquito) e pedras ornamentais (ametista).

Causa preocupação, o fato de 70,7% das lavras de areia grossa e 67,1% das lavras de argila, principais minérios explorados na região, operarem de forma clandestina, não sendo submetidas a nenhum controle por parte dos órgãos competentes, o que implica em elevados riscos de degradação ambiental.



LEGENDA

- Sismos Isolados (Epicentros)
- Áreas com Tradição em Eventos Sísmicos

CONVENÇÕES

- Limite das Bacias
- Sede Municipal
- Localidade
- Açudes
- Lagos
- Cursos D'Água (Rios e Riachos)

FONTE: FERREIRA, J.M., Sismicidade no Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro, 1986. Defesa Civil do Ceará. Universidade Federal do Ceará.



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO DOS RECURSOS HÍDRICOS - PROURB

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS

TÍTULO:
Figura 2.1
ÁREAS COM ATIVIDADES SÍSMICAS

ESCALA: APROX.: 1/620.000 DATA: NOVEMBRO/99 CONTRATO: 032/97 PRANCHA: -



Tabela 2.6 - Atividades Minerárias nas Bacias Metropolitanas

Recurso Mineral	LAVRAS				Depósito Mineral Pesquisa	Total
	Total	Regularizada	Clandestina	Desativada		
Areia Branca	31	22	09	-	-	31
Areia Vermelha	38	38	-	-	-	38
Areia Grossa	92	27	65	-	-	92
Argila	73	19	49	05	08	81
Saibro	18	10	08	-	-	18
Pedra Britada	23	19	04	-	-	23
Rochas (1)	08	04	03	01	27	35
Rochas Alcalinas (2)	04	04	-	-	10	14
Diatomito	24	03	-	21	03	27
Água Mineral	07	07	-	-	04	11
Minerais Industriais (3)	32	17	01	14	44	76
Pedras Ornamentais (4)	01	01	-	-	13	14
Total	351	171	139	41	109	460

FONTE: DNPM, 1999.

(1) Granito, Mármore, Quartzito, Migmatito, Gnaisses, Sienito, Gabro e Diorito.

(2) Fonolito e Traquilo.

(3) Calcário, Talco, Grafita, Mica, Feldspato, Titânio, Manganês, Caulim, Ilmenita, Rutilo e Tantalita.

(4) Quartzito, Berilo e Ametista.



Quanto à distribuição geográfica das lavras/depósitos minerais no território das Bacias Metropolitanas, cujos dados constam nos Anexos, esta apresenta a seguinte configuração:

- Água Mineral - As sete fontes, todas regularizadas, distribuem-se pelos municípios de Fortaleza, com registros na Bacia do Cocó/Coaçu (02) e FLED (01); Pacoti e Eusébio, na Bacia do Pacoti com uma fonte cada; Aquiraz na Bacia do Catu (01); e Guaramiranga na Bacia do Choró, onde há o registro de uma exploração de água potável de mesa. Os depósitos minerais ocorrem nos municípios e Aquiraz (01), na Bacia do Malcozinhado; e Pacajus (02) e Guaramiranga (01), na Bacia do Choró. Estão relacionadas aos aquíferos costeiros (Dunas) e a meios fraturados do Complexo Gnáissico-Migmatítico;
- Areia - Ocorrem em diversos pontos ao longo do território das Bacias Metropolitanas, formando concentrações econômicas nas planícies aluvionares dos principais eixos de drenagem (rios Choró, São Gonçalo, Pacoti, Ceará e Cocó) e de alguns tributários, nos depósitos eólicos (dunas antigas e recentes) e nos domínios do Grupo Barreiras. Os jazimentos aluvionares são constituídos de areias variando de fina a grossa, com coloração creme a acinzentada, enquanto que nas dunas apresentam granulometria fina a siltosa, bem selecionadas, com cor esbranquiçada nas dunas recentes e avermelhada na paleodunas. As areias do Grupo Barreiras, também, apresentam coloração avermelhada. Quanto à tipologia, são classificadas como areias branca, vermelha e grossa cujas distribuições no território das bacias é a seguinte:
 - Areia Branca: As 31 extrações identificadas, encontram-se distribuídas pelos municípios de Fortaleza, com 8 lavras regularizadas e duas clandestinas na Bacia do Cocó/Coaçu; Eusébio, com seis lavras regularizadas e duas clandestinas, todas situadas na Bacia do Cocó/Coaçu; e Caucaia, com 7 lavras regularizadas e duas clandestinas na Bacia do Ceará/Maranguape, duas lavras clandestinas na Bacia do Cauhipe e uma lavra, também, clandestina na FLED;
 - Areia Vermelha: As 38 extrações, todas regularizadas, distribuem-se pelos municípios de Aracoiaba (16) e Choró (11) na Bacia do Choró; Caucaia (01) e Pentecoste (02) na Bacia do São Gonçalo; Fortaleza com duas explorações na Bacia do Cocó/Coaçu e outra na FLED; Chorozinho na Bacia do Pirangi com três explorações, além de Horizonte na Bacia do Malcozinhado, e Caucaia na Bacia do Cauhipe, com uma exploração cada;
 - Areia Grossa: As 65 extrações clandestinas estão distribuídas pelos municípios de Aquiraz (09), Guaiúba (03) e Itaitinga (01) na Bacia do Pacoti; Maracanaú (06) e Pacatuba (03) na Bacia do Cocó/Coaçu; Caucaia, com 13 lavras na Bacia do Ceará/Maranguape, 09 na Bacia do São Gonçalo e 08 na do Cauhipe; e Aquiraz, onde ocorrem 11 lavras na Bacia do Catu e duas na FLED. As lavras com situação regularizada, por sua vez, ocorrem nos municípios de Cascavel (06) e Beberibe (01) na Bacia do Choró; São Gonçalo do Amarante (03), Maranguape (06) e Caucaia (01) na Bacia do São Gonçalo; Pacatuba (02) e Aquiraz (01) na Bacia do Cocó/Coaçu; Aquiraz (03) e Guaiúba (01) na Bacia do Pacoti; Caucaia e Fortaleza, com uma lavra cada, na Bacia do Ceará/Maranguape e Aquiraz com uma lavra na FLED;



- Argila - Ocorre em abundância na maioria das planícies aluvionares dos principais eixos de drenagem da região, notadamente nos rios Pirangi, Choró, Pacoti, São Gonçalo e Cauhipe, bem como no entorno de diversas lagoas. Predominam as argilas de cor creme-avermelhada, constituídas, principalmente, por argilo-minerais do grupo caulinita, as quais são utilizadas na indústria da cerâmica vermelha. A grande maioria das lavras de argila são praticadas de forma clandestina, estando distribuídas pelas bacias dos rios Pacoti, com 10 explorações informais em Guaiúba e seis em Aquiraz; Cocó/Coaçu, com duas extrações clandestinas no Eusébio, duas em Maracanaú, além dos municípios de Fortaleza e Aquiraz com uma extração irregular cada; Ceará/Maranguape com cinco lavras em Caucaia, uma lavra em Fortaleza e outra em Maracanaú; São Gonçalo que apresenta cinco lavras clandestinas em Caucaia, e duas em Maranguape. Além destas, o município de Caucaia conta com cinco explorações irregulares na Bacia do Cauhipe, três na Bacia do Juá e uma na do Gereraú, enquanto que o município de Aquiraz conta com quatro lavras informais na Bacia do Catu. Minerações paralisadas são observadas nos municípios de Aquiraz com duas lavras abandonadas na bacia do Cocó/Coaçu, uma na do Pacoti e outra na FLED, e Caucaia com uma lavra desativada na Bacia do São Gonçalo. As lavras com situação regularizada distribuem-se pelos municípios de Aquiraz, onde constata-se sete lavras dispostas nas bacias do Cocó/Coaçu, Caponga Roseira, FLED e Pacoti, esta última bacia com quatro explorações; Beberibe e Cascavel na Bacia do Choró com duas lavras cada; Fortaleza, Maracanaú e Pacatuba, na Bacia do Cocó/Coaçu, com quatro lavras, das quais 50,0% estão localizadas neste último município; e São Gonçalo e Caucaia na Bacia do São Gonçalo, com quatro lavras ao todo, das quais três estão situadas no território da primeira bacia. Os depósitos de argila, por sua vez, estão distribuídos pelas bacias do Cocó/Coaçu, com Fortaleza e Aquiraz contando com um depósito cada e Pacatuba com dois; Choró e Catu com um único depósito cada, registrados nos municípios de Beberibe e Aquiraz, respectivamente, e FLED com o registro de dois depósitos de argila em Aquiraz;
- Saibro ou piçarra - A maioria das lavras (82,3%) localizam-se na Bacia do Cocó/Coaçu, estando as clandestinas situadas nos municípios de Eusébio, com duas lavras, e no de Pacatuba com três lavras, enquanto que as regularizadas ocorrem nos municípios de Fortaleza (07), Itaitinga (01) e Pacatuba (01). A Bacia do Pacoti conta com duas lavras operando de forma clandestina no município de Aquiraz, e as bacias do Ceará/Maranguape e FLED, com uma única lavra, ambas localizadas no município de Caucaia, sendo uma regularizada e a outra clandestina. As ocorrências de piçarra estão geralmente associadas aos sedimentos do Grupo Barreiras;
- Pedra britada - Envolve vários tipos petrográficos como granitos, migmatitos e gnaisses diversos. Com ocorrência concentrada na Região Metropolitana de Fortaleza, as pedreiras localizam-se em área de excelentes exposições, em relevos serranos ou colinosos, tais como na serra de Maranguape e no serrote de Itaitinga, entre outros. As lavras regularizadas distribuem-se pelos municípios de Caucaia (01), Maracanaú (01) e Maranguape (03), na Bacia do Ceará/Maranguape; Itaitinga (01) e Pacatuba (02) na Bacia do Cocó/Coaçu; Itaitinga na Bacia do Pacoti com seis lavras, e Caucaia com duas lavras na Bacia do Juá e três na Bacia do Cauhipe. Operando clandestinamente, foram



identificadas três lavras em Itaitinga, na Bacia do Pacoti, e uma em Maranguape, na Bacia do Ceará/Maranguape;

- Diatomito - São comuns nas lagoas e córregos próximos à linha da costa, tendo utilização na fabricação artesanal de tijolos e na produção de filtrantes, isolantes e cargas industriais. A desordenada expansão urbana da Região Metropolitana de Fortaleza tem provocado o aterramento de várias lagoas que, muitas vezes, encerram significativas reservas desta substância. Os depósitos minerais desta substância com registro no DNPM estão restritos a três ocorrências no município de Beberibe na FLED. As três lavras em atividade, todas regularizadas, estão distribuídas pelos municípios de Pacajus na Bacia do Choró e Paracuru e Aquiraz, na FLED, com uma lavra cada. Por sua vez, as lavras abandonadas ocorrem nos municípios de Aquiraz, distribuídas pelas bacias do Catu (01), Caponga Roseira (01) e FLED (07), e Caucaia, nas bacias do Cauhipe e Juá com uma lavra cada, Ceará/Maranguape com duas e FLED com seis lavras paralisadas;
- Rochas Alcalinas - Englobam os traquitos, cujas ocorrências concentram-se na localidade de Sítios Novos, em Caucaia, e os fonolitos que ocorrem sob a forma de necks vulcânicos e diques, nos municípios de Caucaia, Eusébio e Itaitinga, estando associados aos serrotes Japarara, Preto, Salgadinho, Poção, Pão de Açúcar, Cararu, Ancuri e a Serra das Danças. Os fonolitos são utilizados como brita e na indústria cimenteira, por conterem uma considerável quantidade de matérias fundentes. Dois depósitos de traquitos e a lavra regularizada ocorrem no território da Bacia do São Gonçalo, sendo constatado, ainda, um depósito desta substância no município de Acarape, na Bacia do Pacoti. Por sua vez, os depósitos de fonolitos todos situados no município de Caucaia, estão distribuídos pelas bacias do Ceará/Maranguape (02), Cauhipe (01) e São Gonçalo (04), enquanto que as três lavras, todas regularizadas, ocorrem nas bacias do Cocó/Coaçu, sendo uma em Itaitinga e a outra no Eusébio, e do Pacoti com uma lavra no Eusébio;
- Pedras Ornamentais - Englobam ocorrências de quartzo, berilo e ametista, as quais ocorrem encravadas em veios pegmatíticos com formas, tipos e dimensões variadas, e em veios que se formam por intrusões silicosas em zonas fissuradas das rochas pré-existentes como é o caso das ametistas. A maioria dos depósitos de quartzo (80,0%), ou seja, 12 ocorrências, estão vinculadas à área pegmatítica de Itapiúna, na Bacia do Choró, e os outros três ocorrem no município de Beberibe, na Bacia do Pirangi. O único depósito de berilo com registro no DNPM está locado no município de Beberibe, na Bacia do Pirangi, enquanto que a lavra de ametista, cuja exploração encontra-se regularizada, ocorre no município de Cascavel, na Bacia do Choró;
- Minerais Industriais (calcário) - Com produção destinada basicamente para a fabricação de cal, cimento, tinta, corretivos do solo e carbonato de cálcio natural, tem suas áreas de lavras ativas, todas regularizadas, distribuídas pelos municípios de Acarape (04) e Redenção (07), na Bacia do Pacoti. Áreas com atividades minerárias paralisadas são verificadas nos municípios de Maranguape (04), na Bacia do São Gonçalo; Pacatuba (01), na Bacia do Pacoti; e Caucaia, onde se constata a presença de lavras abandonadas nas bacias dos rios Ceará/Maranguape (02), Cauhipe (02) e São Gonçalo (03). Os depósitos minerais com



registro no DNPM distribuem-se pelos municípios de Acarape (04) e Redenção (13) na Bacia do Pacoti, bem como em Caucaia, na Bacia do Ceará/Maranguape, e Choró, na bacia homônima com um depósito cada;

- Minerais Industriais (Caulim, Talco e Manganês) - O caulim, com produção voltada, principalmente, para a fabricação de azulejos e cerâmica conta com duas lavras regularizadas, situadas nos municípios de Cascavel e Guaramiranga, na Bacia do Choró. O talco com uma lavra clandestina e duas desativadas no município de Guaiúba (Bacia do Pacoti), conta, ainda, com uma lavra regularizada e um depósito mineral em Baturité (Bacia do Choró), e com dois depósitos em Caucaia (Bacia do Ceará/Maranguape). O manganês, por sua vez, conta com duas lavras regularizadas no município de Ocara, na Bacia do Pirangi, e com um depósito mineral com requerimento de pesquisa em Guaiúba, na Bacia do Pacoti;
- Minerais Industriais (Feldspato, Grafita, Rutilo, Tantalita e Titânio) - Os depósitos minerais dessas substâncias encontram-se distribuídos pelos territórios das bacias do Pacoti, com um depósito de rutilo em Acarape; do Choró com três depósitos de feldspato, sendo dois em Itapiúna e um em Guaramiranga, e sete de grafita em Itapiúna; e do Pirangi, com um depósito de tantalita em Ocara. O titânio com ocorrências restritas ao município de Paracuru, conta com um depósito na Bacia do São Gonçalo e os outros dois na FLED;
- Minerais Industriais (Mica e Ilmenita)- As extrações de mica na Bacia do Pirangi são efetuadas através de duas lavras garimpeiras no município de Cascavel, e uma lavra regularizada em Ocara, ocorrendo, ainda, um depósito mineral desta substância em Cascavel. Constata-se, também, uma lavra regularizada de mica em Cascavel, na Bacia do Choró. A ilmenita conta com apenas uma lavra regularizada no município de Caucaia, na Bacia do Cauhipe, e um depósito em Paracuru, Bacia do São Gonçalo;
- Rochas (Quartzito, Migmatito, Diorito, Mármore e Sienito) - Os depósitos minerais dessas substâncias com requerimentos de pesquisa junto ao DNPM distribuem-se pelas bacias do Choró, que conta com uma ocorrência de migmatito em Itapiúna e outra de sienito em Chorozinho; São Gonçalo, com dois depósitos de quartzito, um de diorito e um de migmatito, todos locados no município de São Gonçalo do Amarante; e Pacoti, com dois depósitos de mármore em Redenção;
- Rochas (Granitos, Gnaisses e Gabros) - As minerações destes tipos de rochas distribuem-se pelos municípios de Caucaia, na Bacia do Cauhipe, onde constata-se a presença de duas lavras clandestinas de gnaisse; Cascavel, na Bacia do Malcozinhado, também com uma lavra clandestina de gnaisse; Maranguape e Itaitinga, na Bacia do Pacoti, com uma lavra de gnaisse cada, estando a primeira com situação regularizada e a outra desativada; Aracoiaíba, com duas explorações de granito na Bacia do Pirangi, ambas com situação regularizada e Chorozinho, na Bacia do Choró, com uma lavra regularizada de gabro. Quanto aos depósitos minerais, São Gonçalo do Amarante conta com três depósitos de granito na Bacia do São Gonçalo; Caucaia conta com quatro ocorrências de gnaisse na Bacia do Cauhipe e outras duas na Bacia do Sistema Ceará/Maranguape, enquanto que Maranguape conta com um depósito de



gnaisse na Bacia do Ceará/Maranguape. Os depósitos de granito, por sua vez, distribuem-se pelos municípios de Redenção e Guaiúba, na Bacia do Pacoti, com uma ocorrência cada; São Gonçalo do Amarante, na Bacia do São Gonçalo com quatro ocorrências; Itapiúna e Chorozinho, na Bacia do Choró, com um depósito cada, e Caucaia, na Bacia do Juá, também, com apenas um depósito com requerimento de licença no DNPM.

Para uma melhor visualização da distribuição das atividades minerárias pelo território das bacias ora em estudo, são apresentados, para cada uma destas, na [Figura 2.2](#), gráficos com a repartição percentual de cada substância mineral identificada, estando aí englobados, de forma conjunta, as áreas de lavras e os depósitos minerais.

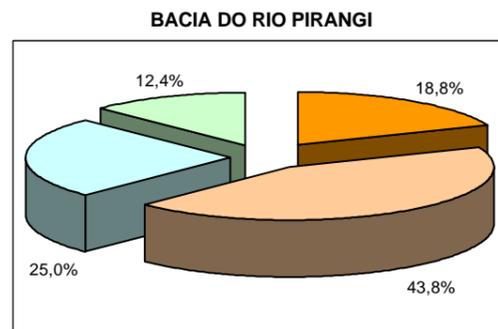
2.1.4 – GEOMORFOLOGIA

A compartimentação do relevo do território das Bacias Metropolitanas é representada, basicamente, por cinco domínios geomorfológicos: Planície Litorânea, Glacis Pré-Litorâneos dissecados em interflúvios tabulares, Depressão Sertaneja, e Maciços Residuais, cujos limites são estabelecidos com base na homogeneidade das formas de relevo, posicionamento altimétrico, estrutura geológica, atividade tectônica, bem como nas características do solo e vegetação. Dentro de cada domínio ou unidade geomorfológica, foram caracterizadas tanto as formas de acumulação ou agradacionais, como as de dissecação ou degradacionais.

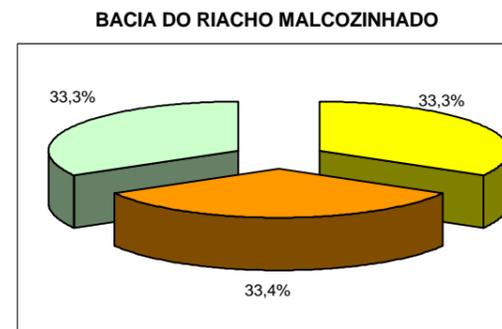
► □ Planície Litorânea

Compreende os campos de dunas, as praias e as planícies flúvio-marinhas. As dunas formam cordões quase contínuos que acompanham paralelamente a linha de costa, sendo interrompidos, vez ou outra, por planícies fluviais e flúvio-marinhas, por falésias, ou ainda por promontórios constituídos por litologias mais resistentes (pontas do Mucuripe e do Pecém). As dunas móveis ou recentes são caracterizadas pela ausência de vegetação e ocorrem mais próximo à linha de praia, onde a ação dos ventos é mais intensa. Podem também apresentar um recobrimento vegetal pioneiro, que detém ou atenua os efeitos da deflação eólica, tornando-as fixas ou semi-fixas. Quanto a morfologia, geralmente esses corpos apresentam feições de barcana, e em forma de meia lua, com declives suaves a barlavento, contrastando com inclinações mais acentuadas das encostas protegidas da ação dos ventos. Geometrias lineares também são identificadas para esses depósitos.

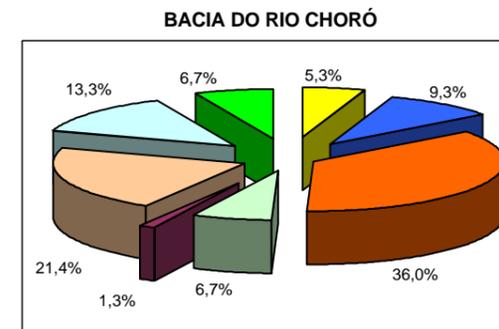
As falésias são formadas por camadas argilosas do Grupo Barreiras na base, capeadas por sedimentos eólicos variados, que se projetam até a linha da praia, aparecendo como exemplos mais notáveis as falésias das praias do Morro Branco e das Fontes. No contato das duas unidades, emergem pequenas fontes d'água perenes que abastecem as populações locais. O trabalho de solapamento das falésias pelas ondas é bem significativo em vários trechos da costa, cujas escarpas festonadas só ficam inteiramente expostas durante a baixa-mar.



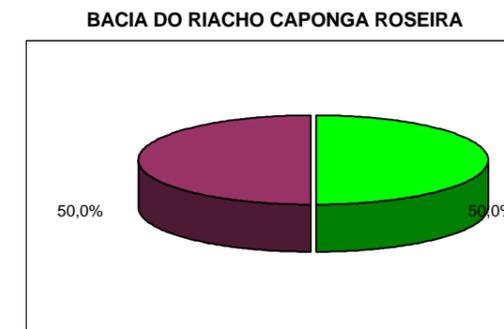
NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 16



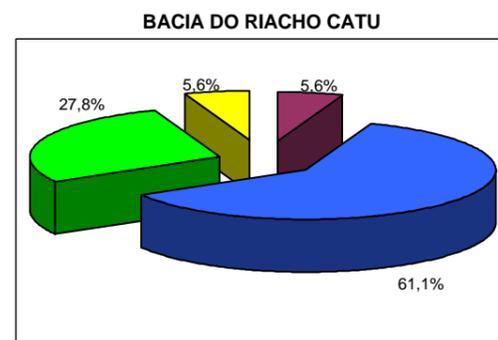
NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 03



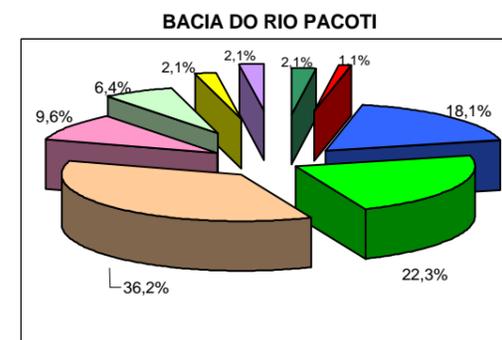
NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 75



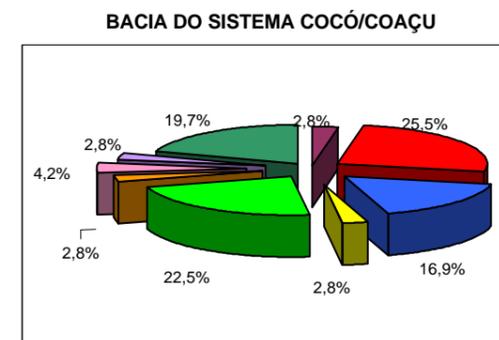
NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 02



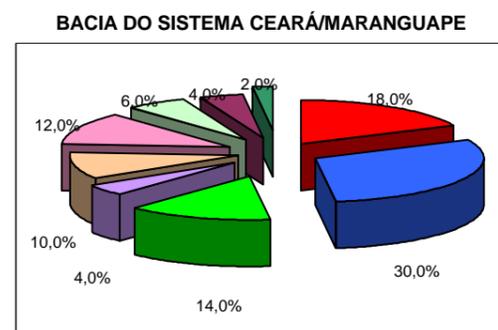
NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 18



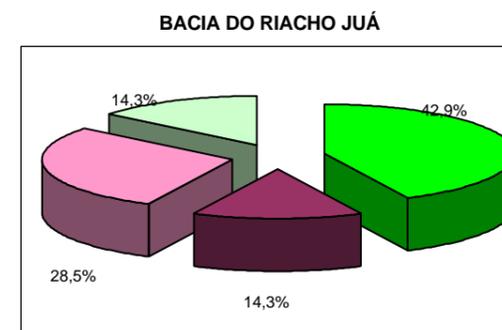
NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 94



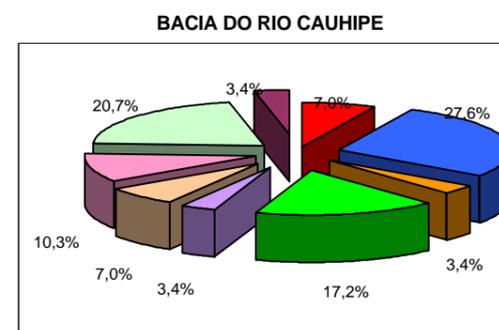
NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 71



NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 50



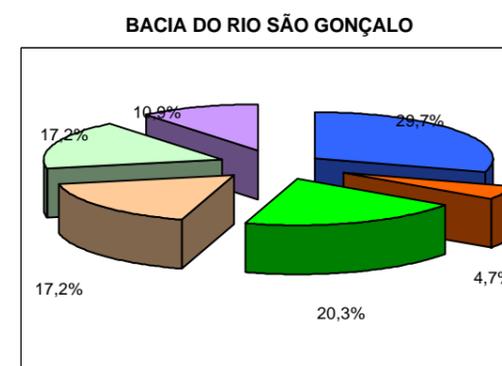
NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 07



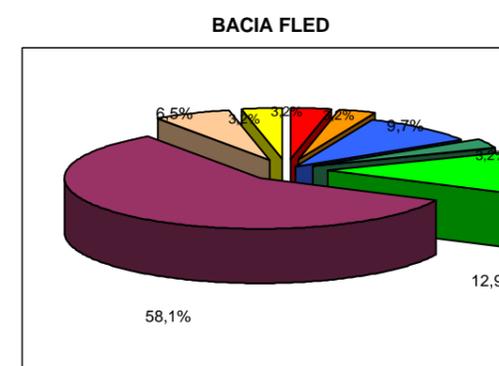
NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 29



NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 01



NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 64



NÚMERO TOTAL DE OCORRÊNCIAS - 31

Figura 2.2
Bacias Metropolitanas
Distribuição das Ocorrências Minerais



A retaguarda das dunas recentes, especificamente nas bacias do São Gonçalo, Gereraú, Cauhipe, Catu, Caponga Funda e FLED, observam-se gerações de dunas mais antigas, alcançando alturas superiores a 10 m, as quais apresentam desenvolvimento de processos pedogenéticos, resultando na fixação de um revestimento vegetal de maior porte. Morfológicamente, exibem feições típicas de dunas parabólicas, com eixos alinhados aproximadamente segundo a direção E-W, refletindo a predominância dos ventos que sopram do quadrante Leste. Para o interior, mostram-se rebaixadas ao nível dos tabuleiros pré-litorâneos (Grupo Barreiras), apresentando formas dissipadas em algumas áreas.

Os campos de dunas são responsáveis pelo barramento de algumas drenagens que possuem descargas deficientes, provocando a obstrução dos vales costeiros, impedindo assim que os cursos d'água atinjam diretamente o oceano, resultando na formação a montante, de típicas lagoas de barragem, ou desviando com frequência as embocaduras em relação ao curso original para o mar.

As praias formam um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis. Observa-se a presença de *beach rocks* aflorando em diversos trechos da costa (praias do Ideal, Iguape e Sucatinga, entre outras), ao longo das zonas de estirâncio e de arrebenção, os quais funcionam como barreiras naturais, protegendo as praias dos efeitos da erosão marinha.

A linha da costa é via de regra retificada, sendo identificados dois setores onde as feições litorâneas são dotadas de maior homogeneidade: no setor a leste da ponta do Mucuripe, observa-se um litoral retilinizado e com direção SSE-NNO, sendo a ponta do Iguape o único acidente a interromper a retificação, sem contudo mudar a direção da costa. As dunas ocupam extensivamente a área, provocando em determinados pontos o represamento das águas e a formação de pequenas lagoas. Da ponta do Mucuripe para oeste, o litoral tem direção SE-NO, com amplas enseadas e presença de dunas que penetram para o interior ocupando faixas de até 4 km. A drenagem tem o fluxo dificultado, divagando através de canais sinuosos sendo, ocasionalmente, obstruída formando lagoas à retaguarda das dunas.

As planícies flúvio-marinhas são ambientes formados pela deposição de sedimentos predominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica, onde se desenvolve a vegetação de mangue, sendo caracterizadas pela ação conjunta de processos continentais e marinhos. No território das Bacias Metropolitanas, as planícies flúvio-marinhas estão associadas aos rios Ceará/Maranguape, Cocó/Coaçu, Pacoti, Choró e Pirangi, e a algumas lagoas costeiras que apresentam contato temporários com o mar sendo denominados de "lagamar".

► □ Glacis Pré-Litorâneos

Os glacis pré-litorâneos são formados pelos sedimentos pertencentes ao Grupo Barreiras, que distribuem-se como uma faixa de largura variável que acompanha a linha de costa por trás dos depósitos eólicos antigos e atuais. Formam relevos tabulares, dissecados por vales alongados e de fundo chato, com cotas altimétricas baixas e suave inclinação em direção ao mar, sendo conhecido como tabuleiros. Na costa, apresentam-se cobertos pelos cordões de areias, e no interior limitam-se por uma linha de escarpa de contorno extremamente irregular, com desníveis pequenos em relação a depressão periférica.



Constata-se a presença de testemunhos isolados da faixa principal dos tabuleiros, recortados pela erosão fluvial. Originalmente formavam uma superfície contínua, bem mais ampla que os limites atuais, elaborada a partir da coalescência de leques colúvios-eluviais, numa época em que o nível do mar era mais baixo do que o atual, permitindo o recobrimento de uma extensa plataforma.

Nesta unidade as associações de solos são caracterizadas pela dominância de Podzólicos Vermelho Amarelos e Areias Quartzosas, recobertos por vegetação secundária de porte arbóreo-arbustivo.

As planícies fluviais são, dentre as áreas de acumulação, as que abrigam as melhores condições de solo para exploração agrícola e de disponibilidade hídrica, constituindo-se, portanto, em zonas de diferenciação geo-ambiental no contexto dos sertões semi-áridos. Na região do embasamento cristalino, os cursos d'água formam depósitos aluvionares estreitos, enquanto sobre a zona pré-litorânea, à medida em que entalham os sedimentos do Grupo Barreiras, as faixas de acumulação tornam-se mais expressivas. No território das bacias ora em estudo, destacam-se as planícies fluviais dos rios Pirangi, Choró e Pacoti, como as mais significativas.

▸ □ Depressão Sertaneja

Este domínio geomorfológico é o que ocupa maior extensão de área no âmbito do território das Bacias Metropolitanas, constituindo exceção as bacias do Catu, Caponga Funda, Caponga Roseira, Malcozinhado, Uruaú e FLED, as quais se desenvolvem exclusivamente sobre o embasamento sedimentar. Corresponde a uma superfície de aplainamento, desenvolvida sobre as rochas cristalinas, onde o trabalho erosivo truncou indistintamente variados tipos litológicos. A morfologia da Depressão Sertaneja é representada por extensas rampas pedimentadas que se iniciam na base dos maciços residuais e se inclinam suavemente em direção aos fundos de vales e ao litoral. Verifica-se a predominância de uma topografia plana ou levemente ondulada.

As associações dos solos são bastante diversificadas, normalmente rasos ou medianamente profundos, com grande incidência de afloramentos rochosos e pavimentos detríticos. A vegetação é típica dos sertões semi-áridos, onde predomina a caatinga, com seus padrões fisionômicos e florísticos heterogêneos.

▸ □ Maciços Residuais

A monotonia das formas planas a suavemente onduladas da Depressão Sertaneja, vez por outra é interrompida pela forte ruptura de declive das serras e morros residuais. Esses relevos são constituídos, predominantemente por rochas granítico-migmatíticas e gnáissicas e foram formados a partir da erosão diferencial que rebaixou as áreas circundantes, de constituição litológica gnáissica e migmatítica menos resistente. Apresentam-se dissecados em feições de colinas, relevos tabulares e em forma de inselbergs.

No território das Bacias Metropolitanas destacam-se as serras de Baturité, Maranguape, Aratanha/Pacatuba, Juá/Conceição e Camará, que atingem níveis altimétricos da ordem de 350 a 800 m. Elas caracterizam-se por apresentar condições de umidade bastante elevadas nas vertentes voltadas para o mar, onde o intemperismo químico é predominante, favorecendo o desenvolvimento de solos do tipo Podzólico Vermelho



Amarelo, que sustentam uma cobertura vegetal de grande porte, formada por floresta plúvio-nebular (matas úmidas). A serra de Aratanha dentre todas os outros maciços residuais é o que preserva maior extensão de floresta nativa. Nos setores de sotavento, as condições ambientais são mais agressivas, sendo o intemperismo físico o principal processo modelador da paisagem. Nessas vertentes secas, observa-se o desenvolvimento de uma vegetação arbórea, intermediária entre a caatinga e a floresta plúvio-nebular (matas secas). As outras elevações, de menor representatividade espacial e altimétrica, possuem condições ambientais que se assemelham mais com as características físicas das superfícies rebaixadas do sertão, sendo denominadas de serras secas.

2.1.5 – SOLOS

O estudo que ora se apresenta foi elaborado de forma compilatória, sendo consolidado no [Mapa 2.2](#), e corresponde ao levantamento de solos da área de abrangência das Bacias Metropolitanas de Fortaleza, baseando-se nos trabalhos existentes que serviram de fontes dos dados, listados a seguir:

- SEARA – Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária, Zoneamento Agrícola do Estado do Ceará, 1982;
- PROJETO RADAM, Levantamento de Recursos Naturais 1973;
- MA/DNPEA – SUDENE/DRN, Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, 1973;
- SRH - Secretária dos Recursos Hídricos, Programa Estadual de Irrigação, 1988;
- FUNCATE – Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional, Estudos de Inserção Regional, Análise Prospectiva da Irrigação – VBA Consultores, 1998.

O trabalho em foco é de caráter generalista enquadrando-se tecnicamente no nível de levantamento compilatório de solos, tendo como principal objetivo o levantamento dos recursos relativos a solos, visando a confecção do Mapa de Solos da Área de abrangência do Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas, conforme as normas seguidas pela Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, Divisão de Pesquisa Pedológica, atual Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo (SNLCS) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Objetiva, também, a identificação e estudo dos solos existentes nas Bacias Metropolitanas, compreendendo a distribuição das áreas, um estudo sintético das principais características, bem como sua classificação.

Tendo em vista o nível generalista do mapeamento, deve-se ressaltar, que é de se esperar obter do mesmo, uma visão global dos diversos solos existentes nas Bacias Metropolitanas, elemento básico essencial para planejamentos regionais, escolha de áreas prioritárias que justifiquem levantamentos de solos mais detalhados e seleção de áreas para implementação de projetos agrícolas. Não deve ser considerado, portanto, como a solução final do processo de identificação de solos de glebas específicas, constituídas por pequenas propriedades.

Os delineamentos das unidades de mapeamento estão precisos na medida em que o nível dos diversos estudos consultados permite, em função da escala empregada e do



alcance dos detalhes utilizados nos trabalhos, elaborados por diferentes entidades. Há que se considerar que em zona de clima semi-árido é muito grande a heterogeneidade, complexidade no arranjo e variação dos solos dentro de uma pequena área. Em razão disso, é relativamente alto o grau de inclusões dentro de cada uma das unidades de mapeamento, ocorrendo em alguns casos inclusões de manchas de solos de relativo potencial agrícola no âmbito de unidades de solos com baixíssimo ou nenhum potencial agrícola. O inverso também ocorre, com inclusões de solos sem nenhum potencial agrícola no interior de unidades de mapeamento com elevado potencial para exploração agrícola.

Baseando-se nessas premissas, pode-se considerar que na análise dos diversos estudos de solos, em quaisquer níveis, para quantificação das áreas destinadas à exploração com agricultura irrigada, bem como, de outras atividades interligadas à irrigação, é importante observar os mais diferentes conceitos e parâmetros emitidos pela Pedologia para que se possa alcançar resultados, senão reais, mas que possam retratar valores estimativos aproximados.

A legenda de identificação dos solos predominantes nas áreas das Bacias Metropolitanas tem um caráter eminentemente generalizado em função do tipo de mapeamento executado (levantamento a nível de reconhecimento), do arranjo intrincado dos solos nas associações e da presença de inclusões não facilmente detectáveis no âmbito da unidade de mapeamento.

Levando em conta esses aspectos, a legenda de solos foi elaborada formando unidades de mapeamento constituídas por até quatro componentes ou tipos de solos. A composição das associações de solos foi elaborada da seguinte maneira: em primeiro lugar figura o componente de maior importância sob o ponto de vista de extensão, seguindo em ordem decrescente, respectivamente, o segundo, o terceiro e o último componente. Em função do primeiro componente, as associações são enquadradas nas diferentes classes de solos.

As principais unidades de mapeamento com potencial são listadas a seguir :

- LVe – LATOSSOLO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO podzólico A fraco e moderado textura arenosa/média, fase caatinga hipoxerófila relevo plano.
- LAd – LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO podzólico A fraco textura arenosa/média, fase caatinga hipoxerófila.
- PVa – Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ÁLICO Tb abrupto textura arenosa/média + AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS, ambos A fraco, fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.
- PVd3 – Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb textura arenosa/média + REGOSSOLO DISTRÓFICO com fragipan, ambos A fraco, fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.
- PVd4 – Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb abrupto textura arenosa/média + AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS, ambos A fraco, fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.



- PVd5 – Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb textura arenosa/argilosa, + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb abruptico plintico textura arenosa/argilosa, ambos A moderado, fase floresta/caatinga relevo plano e suave ondulado.
- PVd6 – Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb textura argilosa, fase floresta subcaducifolia e floresta/caatinga + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO abruptico plintico textura arenosa/argilosa e média, fase floresta subcaducifolia e floresta/caatinga + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb textura argilosa, fase floresta subcaducifolia + AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS fase floresta/caatinga, todos A fraco e moderado fase relevo plano e suave ondulado.
- PVd8 – Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb abruptico plintico textura arenosa/argilosa + LATOSSOL VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO textura média + PODZÓLICO ACINZENTADO DISTRÓFICO Tb com fragipan textura média + AREIAS QUARTZOSAS, todas A fraco e moderado, fase caatinga hipoxerófila e floresta/caatinga relevo plano e suave ondulado.
- PE3 – PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb A moderado textura média/argilosa, fase floresta caducifolia relevo plano e suave ondulado.
- PE7 – PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb A moderado textura média/argilosa, fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado.
- PE11 – PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb abruptico A fraco e moderado textura arenosa/argilosa, fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.
- PE15 – PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb latossólico A fraco textura média/argilosa, fase floresta caducifolia relevo plano e suave ondulado.
- PE17 – Associação de : PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb relevo plano e suave ondulado + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb latossólico relevo plano, ambos A moderado textura média/argilosa, fase floresta caducifolia.
- Ae1 – SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS A moderado textura indiscriminada, fase floresta caducifolia de várzea relevo plano.
- Ae2 – SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS A moderado textura siltosa/média, fase floresta ciliar de carnaúba e caatinga hiperxerófila de várzea relevo plano.
- Ae3 – SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS A fraco e moderado textura indiscriminada, fase caatinga hipoxerófila de várzea relevo plano.
- Ae4 – Associação de : SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada + SOLONETZ SOLODIZADO textura arenosa/média, ambos A



fraco, fase caatinga hiperxerófila de várzea e floresta ciliar de carnaúba relevo plano e suave ondulado .

- AQd1 – AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco, fase floresta caducifolia
- AQd2 – AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco, fase floresta litorânea relevo plano e suave ondulado.
- AQd3 – AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco, fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.
- AQd5 – Associação de : AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A moderado, fase caatinga hipoxerófila + PODZÓLICO VERMELHO DISTRÓFICO Tb abrupto plântico A fraco textura arenosa/média, fase floresta/caatinga + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb A fraco textura arenosa/média, fase floresta/caatinga, todos relevo plano e suave ondulado.

2.1.5.1 - Descrição dos Solos

O conhecimento dos solos constitui uma das principais bases nos programas de planejamento territorial, tornando possível a implementação de ações voltadas para o desenvolvimento da agricultura irrigada, bem como de técnicas de manejo e conservação dos solos e aumento da produtividade agrícola. Assim sendo, apresenta-se a seguir uma breve descrição das principais características dos grandes grupos de solos predominantes no território das Bacias Metropolitanas, cuja distribuição pode ser visualizada no [Mapa 2.2](#).

▶ Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico

Ocupam terrenos de relevo variado desde plano até montanhoso e originados a partir de materiais distintos. São bem desenvolvidos, as vezes rasos, com horizonte B textural, argila de atividade baixa, média a baixa acidez, e fertilidade natural média a alta. Via de regra são solos moderadamente drenados, não raro imperfeitamente a bem drenados, com os solos rasos ou com plinthite apresentando drenagem moderada ou imperfeita.

O horizonte A, frequentemente moderado, possui textura arenosa a franco-argilo-arenosa e tonalidade bruna a acizentada. A transição para o horizonte B pode ser gradual ou abrupta, sendo este textural (argiloso), apresentando uma cerosidade variável e a coloração vai desde bruna até avermelhada. De um modo geral esses solos possuem elevado potencial agrícola, dependendo da disponibilidade hídrica e das condições de relevo. Dentro dessa unidade ocorrem as variações cascalhento ou com cascalho, abrupto e plântico.

Com relação ao uso agrícola atual estes solos são, nas áreas onde predomina relevo menos movimentado, bastante utilizados com milho, feijão, mandioca, algodão e pecuária extensiva. Para o aproveitamento racional com agricultura, estes solos exigem práticas de conservação simples nas áreas de relevo suave ondulado e de maior complexidade a medida que o relevo vai se tornando mais movimentado. Práticas simples de adubação



podem ser necessárias. Na maior parte das áreas ocupadas por estes solos a principal limitação é a falta d'água.

O relevo plano e suave ondulado, que ocorre nos solo potencialmente irrigáveis, favorece o uso intensivo de máquinas agrícolas, porém cuidados devem ser adotados no que se refere ao tipo de maquinário e a intensidade das práticas agrícolas, particularmente nos solos com textura superficial leve, para evitar a ocorrência de erosão.

► **Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico**

Ocorrem predominantemente na zona pré-litorânea, em relevo plano a suavemente ondulado, ou na região da serra do Baturité, em relevo forte ondulado a montanhoso. São profundos, geralmente bem drenados (exceto os de caráter plíntico, que são de moderada a imperfeitamente drenados), ácidos a moderadamente ácidos, porosos a muito porosos, e de textura variando de arenosa/média a argilosa. A coloração é muita variada, indo desde tonalidades vermelho-amareladas até bruno-acizentadas.

O horizonte A mostra-se fraco a moderadamente desenvolvido, com textura arenosa ou média. A passagem para o horizonte B pode ser difusa ou abrupta, e este exibe coloração entre amarela e vermelha, sendo que em solos com plintita mostra-se variegado, com abundantes mosqueados. A textura é argilosa ou média. Dentro desta unidade, destacam-se os tipos abrupto e plíntico. Apresentam baixa fertilidade natural e forte acidez, recomendando-se o uso de fertilizantes e a correção do pH. O uso intensivo de maquinários agrícolas nos solos com textura superficial leve deve ser evitado, para evitar o desencadeamento de processos erosivos.

Os solos que integram este grupo apresentam-se cultivados com culturas variadas, sobressaindo-se milho, feijão, mandioca e cajueiro, além se áreas com pastagens naturais destinadas a criação da pecuária extensiva. Constitui importante limitação ao uso agrícola, além da baixa fertilidade natural, o longo período de estiagem e a irregularidade na distribuição das precipitações pluviométricas.

► **Podzólico Vermelho Amarelo Álico**

Esta classe compreende solos com horizonte B textural, não hidromórficos, com argila de atividade baixa. São solos, em geral, fortemente ácidos e de baixa fertilidade natural. Apresentam perfis bem diferenciados, sendo normalmente profundos a muito profundos, com textura arenosa no horizonte A e média no horizonte B. Apresentam saturação com alumínio superior a 50% e teor de alumínio extraível superior a 0,3 mE. As cores variam entre vermelho amarelado e amarelo avermelhado, apresentando estrutura fraca, sendo porosos a muito porosos e bem a acentuadamente drenados .

Quanto ao uso agrícola verifica-se que o uso destes solos restringem-se às culturas de subsistência (mandioca, milho e feijão) e pequenos plantios de algodão, destacando-se, entretanto, como principal cultura o cajueiro. As maiores limitações ao uso agrícola decorre da baixa fertilidade natural e da forte acidez, sendo necessário, portanto, o uso de corretivos em quantidades elevadas por hectare . São favorecidos pelo relevo plano a suave ondulado que proporciona totais condições ao uso de máquinas agrícolas. A irregularidade na distribuição das precipitações pluviométricas constitui, também, forte empecilho ao seu uso agrícola.



► **Podzólico Acinzentado**

Compreende solos Podzólicos, de coloração acinzentada (predominância do bruno), saturação de bases baixa e com fragipan. São, portanto, solos com B textural, distróficos, argila de atividade baixa, fortemente ácidos, fertilidade natural baixa e moderadamente drenados. Apresentam perfis profundos e bem diferenciados, textura média e o horizonte A apresenta-se fraco ou moderado.

No uso atual destes solos destaca-se a cultura do cajueiro, e em pequena proporção cultivos de mandioca, milho e feijão. As principais limitações ao uso agrícola decorrem da baixa fertilidade natural e da acidez elevada, sendo necessário o uso de fertilizantes químicos e orgânicos, bem como de corretivos para o seu aproveitamento racional. Apresentam regulares condições físicas que, aliadas às boas condições de relevo (plano a suave ondulado), favorecem ao manejo e a motomecanização das áreas. São solos com potencial mediano para a agricultura irrigada.

► **Areias Quartzosas Distróficas**

Distribuem-se na faixa litorânea e pré-litorânea, com maior área de incidência nas bacias do Pirangi, Choró, Uruaú, Malcozinhado, Caponga Roseira, Caponga Funda e Catu, estando por vezes associadas as Areias Quartzosas Marinhas e Podzólicos Vermelho Amarelo, ambos distróficos. São solos profundos a muito profundos, com sequência de horizontes A-C, excessivamente drenados, forte a moderadamente ácidos, com coloração variando de vermelha até branca, sendo freqüente as tonalidades amareladas.

Quanto ao uso agrícola atual, estes solos apesar de apresentarem limitações físicas, baixa fertilidade natural e textura arenosa, são muito aproveitados com a cultura do cajueiro e culturas de subsistência como a mandioca, milho e feijão. Nas áreas não cultivadas é comum a prática de uma pecuária extensiva aproveitando para isso a própria vegetação natural.

São solos de fertilidade natural muito baixa, pobres em macro e micronutrientes, ácidos a muito ácidos, necessitando de fortes doses de calagens para corrigir a acidez, apresentando porém relevo propício à mecanização. O aproveitamento agrícola racional destes solos requer doses elevadas de adubações, inclusive com micronutrientes, que devem ser aplicados de forma parcelada, em face da textura arenosa dos solos. As adubações orgânicas são muito indicadas. Apesar das fortes limitações físicas, estes solos poderão ser irrigados apresentando boas produtividades, quando corrigidas suas deficiências. Prestam-se principalmente para culturas irrigadas de cajueiro, coqueiro, melão, melancia e mandioca, utilizando-se irrigação localizada ou microaspersão.

► **Areias Quartzosas Marinhas Distróficas**

Situam-se na planície litorânea (campos de dunas), constituindo uma estreita faixa que acompanha paralelamente a linha de costa. São solos de fertilidade muito baixa, profundos a muito profundos, excessivamente drenados, distróficos e ácidos.

Em geral, o horizonte A é fracamente desenvolvido, de textura arenosa e coloração cinza-escuro a muito escuro. Nas áreas mais próximas do mar, onde a ação dos ventos é mais intensa, este horizonte pode estar ausente. O horizonte C, com características semelhantes ao A, exibe coloração mais clara, geralmente cinza-clara a bruno-amarelada.



São solos que apresentam, sob vários aspectos, limitações fortes ou muito fortes para o uso agrícola. Não são cultivados.

► □ Planossol e Planossol Solódico

Esses solos ocupam áreas consideráveis nas bacias do Pirangi, Choró, Ceará/Maranguape, Cauhipe e São Gonçalo, sendo normalmente relacionados ao relevo plano da superfície pediplanada (Depressão Sertaneja), estando desenvolvidos sobre os litotipos da seqüência gnáissico-migmatítica. Frequentemente estão associados a solos halomórficos (Solonetz Solodizado) e Litólicos Eutróficos. São moderadamente profundos a rasos, moderadamente ácidos a praticamente neutros, bastante susceptíveis à erosão, imperfeitamente drenados e de baixa permeabilidade, sofrendo encharcamento durante os períodos chuvosos e fendilhamento nas épocas secas. As cores dominantes variam de bruno-acinzentado a bruno-escuro, mostrando também mosqueados e/ou cores de redução devido à drenagem imperfeita. Apresentam teores elevados de sódio nos horizontes subsuperficiais.

O horizonte A é predominantemente fraco, podendo às vezes ser moderado e com textura arenosa, enquanto o horizonte B é textural, com argila de alta atividade e de estrutura moderada a forte. Os fatores limitantes à utilização agrícola são: estrutura colunar ou prismática, soma de bases trocáveis alta, baixa profundidade efetiva, elevada saturação de sódio, susceptibilidade à erosão, excesso de água nos períodos chuvosos e ressecamento nas estações secas, com o horizonte B apresentando condições físicas pouco favoráveis à penetração de raízes. São fortemente limitados pela falta d'água.

Atualmente a exploração destes solos centra-se no extrativismo da carnaúba, além da pecuária extensiva suplementada com pastagens naturais. São aproveitados, também, em pequena escala, com cultura de subsistência.

Do ponto de vista do potencial para exploração com agricultura irrigada, são solos de muito baixo ou nenhum potencial. O seu aproveitamento preferencial é dirigido para a pecuária com a implantação e intensificação da utilização de novas forrageiras, introdução do sistema de capineiras, bem como o emprego de reservas de forragens para o período seco.

► □ Solonetz Solodizado

Compreende solos halomórficos com horizonte B solonézico ou nátrico, distinguindo-se por possuir estrutura colunar ou prismática, e alto teor de sódio nos horizontes subsuperficiais. São solos rasos a pouco profundos, imperfeitamente a mal drenados e bastante susceptíveis à erosão.

Apresentam mudança textural abrupta do horizonte A para o B. O horizonte A é fraco com textura arenosa, enquanto que o B possui textura geralmente argilosa. Apresentam cores acinzentadas e presença de mosqueados ou coloração variegada.

Quimicamente apresentam reação moderada a ligeiramente ácida no horizonte A e neutra a alcalina nos horizontes subsuperficiais, os quais apresentam, também, elevados valores para somas de bases trocáveis, saturação de bases e saturação com sódio trocável, principalmente no horizonte C.



Situam-se em áreas de relevo plano que acompanham os principais eixos de drenagem das bacias do Pirangi, Uruaú, Choró, Pacoti, Ceará/Maranguape, Cauhipe e São Gonçalo, onde predomina a vegetação do tipo caatinga hiperxerófila, ocorrendo em menor escala a floresta ciliar de carnaúba e os campos xerófilos.

Apresentam como restrição ao uso agrícola o elevado teor de sódio trocável nos horizontes subsuperficiais, além de condições físicas muito desfavoráveis ao manejo, grande susceptibilidade à erosão e escassez d'água no período seco. A exemplo do que ocorre com os Planossolos Solódicos apresentam, também, problemas de estrutura colunar ou prismática no horizonte B, soma de bases trocáveis elevadas, baixa profundidade efetiva e encharcamento durante os períodos chuvosos, e ressecamento/fendilhamento nos períodos de estiagem.

A exploração dos carnaubais nativos constitui o seu aproveitamento mais econômico. Nas áreas onde o horizonte A é mais espesso observa-se o cultivo do algodão arbóreo, cultura tolerante a teores médios de sódio, no entanto há fortes limitações quanto ao impedimento à mecanização. Atualmente a maior parte destes solos não é cultivada, sendo aproveitada com pecuária extensiva. Verifica-se, também a exploração de pequenos cultivos de subsistência.

Do ponto de vista do potencial para exploração com agricultura irrigada, são solos de muito baixo ou nenhum potencial. O seu aproveitamento preferencial é dirigido para pecuária com a implantação e intensificação da utilização de novas forrageiras, introdução do sistema de capineiras, bem como, o emprego de reservas de forragens para o período seco.

► **Solonchak Solonétzico**

São solos halomórficos, pouco diferenciados, intermediários para Solonetz, com elevados teores em sódio trocável, condutividade elétrica do extrato de saturação muito elevada podendo alcançar valores acima de 200 mmhos nos primeiros centímetros durante o período chuvoso. Em grande parte são moderadamente alcalinos. São encontrados em áreas baixas (várzeas), influenciado pelas águas do mar, e derivados de sedimentos fluviais recentes (Holoceno), desde argilosos até arenosos.

Apresentam seqüência de horizontes ou camadas A e C, com a camada C podendo ser gleyzada ou não. O horizonte A pouco espesso é, normalmente, seguido de camadas estratificadas (IIC ou IIC₁, IIC₂ e IVC₃ ou IVC_{3g}). Quando não existe o horizonte A formado, encontra-se uma camada superficial de pouca espessura, resultante de sedimentação bem recente. Por vezes, encontra-se na camada superficial ou no horizonte A, cristais de sais em forma de agulhas, misturados à estrutura granular. O horizonte A, quando existente ou quando em forma de camada, apresenta cores do bruno escuro ao bruno acinzentado e estrutura maciça ou fraca, pequena, granular. As camadas (C) subjacentes tem coloração variando desde o bruno amarelado ao bruno acinzentado, ou até mesmo cores bem mais acinzentadas.

Não se prestam para o uso agrícola, em face da elevada salinidade e difícil manejo, requerendo vultosos investimentos afim de que possam ser dessalinizados, e isso seria, também, complicado, em decorrência do clima, visto que a evaporação, na maior parte das áreas, supera a precipitação pluviométrica.



▸ **Solos Indiscriminados de Mangue**

Compreende solos halomórficos indiscriminados, alagados, que se distribuem nas partes baixas da orla marítima sob influência das marés e com vegetação característica denominada manguesais. Na área das Bacias Metropolitanas ocorrem nas regiões de baixo curso dos rios Pirangi, Choró, Pacoti, Cocó/Coaçu, Ceará/Maranguape e São Gonçalo. Englobam, principalmente, os Solonchak e os Solos Gley Thiomórficos ou Solos Ácidos Sulfatados.

Os Solonchak são solos halomórficos com altos teores de sais diversos, pouco diferenciados, que apresentam normalmente um horizonte sálico. Os solos Gley Thiomórficos apresentam horizontes gley, e contem teores de sulfatos e/ou enxofre elementar suficientemente elevados, podendo causar grande acidificação quando oxidados (após serem drenados), tornando o pH do solo extremamente baixo. Os Solos Indiscriminados de Mangues são, portanto, solos gleyzados, não ou muito pouco desenvolvidos, mal a muito mal drenados, com alto conteúdo em sais provenientes da água do mar e de compostos de enxofre que se formam nestas áreas sedimentares de baixadas salinizadas .

De uma maneira geral não possuem diferenciação de horizontes, exceto nas áreas marginais, onde verifica-se o desenvolvimento de um horizonte A. Apresentam textura variável desde argila até areia. Ocorrem nas desembocaduras de rios, margens de lagoas (lagamares) e partes baixas da orla marítima sob influência das marés, onde a diminuição da corrente de água favorece a deposição de sedimentos finos de natureza argilo-siltosa, argilosa e arenosa, em mistura com detritos orgânicos, ocorrendo, também, material mineral de natureza arenosa . Não possuem nenhum potencial agrícola, encontrando-se encobertos pela vegetação natural de mangues.

▸ **Solos Aluviais**

Constituídos por solos provenientes de deposições fluviais que apresentam apenas um horizonte superficial A ou Ap, ao qual seguem-se camadas estratificadas sem relação genética entre si, de composição e granulometria distinta e sem disposição preferencial. São de fertilidade natural alta, com drenagem moderada a imperfeita, sem problemas de erosão, mas com riscos periódicos de inundações. São moderadamente profundos a muito profundos. Ocupam as partes de cotas mais baixas da região, em relevo plano a suave ondulado, possuindo maior expressão geográfica quando ocorrem ao longo dos rios Pirangi, Choró e Pacoti.

O horizonte A ou Ap é pouco espesso com coloração variando do bruno ao bruno escuro passando pelas cores mais acinzentadas tipo bruno acinzentado escuro e bruno acinzentado muito escuro. As texturas são variadas desde arenosas até argilosas; a estrutura é fraca ou moderada, maciça, blocos angulares e granular. As camadas subjacentes mostram textura que varia de arenosa, argilosa e até siltosa, com cores normalmente brunadas e mosqueado, por vezes, abundante nos solos de drenagem mais deficientes. Quanto às propriedades químicas, apresentam reação desde moderadamente ácida até alcalina, argila de atividade alta, baixa saturação de alumínio e alta saturação de bases.

São solos de grande potencialidade para a agricultura, não sofrendo maiores restrições ao seu uso, devendo ser cultivados intensivamente. A principal limitação ao uso



agrícola decorre da falta d'água, face às insuficientes precipitações pluviométricas nas áreas semi-áridas. Há limitações ao uso de maquinaria agrícola, principalmente nos solos argilosos imperfeitamente drenados. Além disso, as áreas destes solos estão sujeitas aos riscos de inundações periódicas.

Nas áreas secas, há necessidade de irrigação e drenagem, as quais devem ser conduzidas rigorosamente de maneira racional, a fim de evitar os riscos de salinização dos solos, haja vista que os teores de sódio em algumas áreas são significativos.

Nas áreas de ocorrência destes solos, nota-se um aproveitamento agrícola intenso, em face da situação que ocupam, ou seja, várzeas de áreas semi-áridas. As culturas encontradas são: capineira, algodão, milho, feijão, arroz e fruticultura diversificada. O aproveitamento da carnaubeira no extrativismo vegetal é muito intenso nestas áreas. A fertilidade normalmente alta, associada ao relevo plano, sem problemas de erosão, propiciam a estes solos condições que permitem uma exploração agrícola intensiva com irrigação, apresentando perspectivas de boa produtividade e rentabilidade.

► Bruno Não Cálculo

Ocupam extensas áreas de relevo plano a suave ondulado, nos domínios da Depressão Sertaneja, onde predominam rochas gnáissico-migmatíticas. Normalmente encontram-se associados com solos Litólicos Eutróficos e Planossolos Solódicos. São rasos ou moderadamente profundos, de alta fertilidade natural, moderado a imperfeitamente drenados, ácidos a praticamente neutros e com grande quantidade de minerais primários no perfil. Caracterizam-se, também, pela freqüente presença de pedregosidade superficial, constituída por calhaus ou matações caracterizando aparentemente um pavimento desértico. A erosão laminar nestes solos, muitas vezes chega a ser severa ou até em sulcos repetidos.

Apresentam horizonte A fraco a moderado, de textura arenosa ou média e coloração bruna (marrom), enquanto o horizonte B possui estrutura moderada forte, textura argilosa a média e coloração avermelhada. Dentro deste grupo, há uma variedade – vértico – que contém teores mais elevados de minerais de argila do grupo montmorilonita, estrutura prismática e grau de consistência extremamente duro quando seco.

Em sua maior parte, estes solos são utilizados com pecuária extensiva em meio à vegetação natural. As culturas mais comumente encontradas são as de algodão, milho e feijão, entre outras mais freqüentes. Apresentam fortes limitações ao uso agrícola, em particular, à agricultura irrigada, face aos inúmeros fatores impeditivos: longos períodos de estiagem com distribuição irregular das precipitações pluviométricas, forte susceptibilidade à erosão, relevo normalmente movimentado, presença de calhaus ou matações na superfície dos solos, e não raro, a ocorrência de halomorfia principalmente no horizonte Bt. A utilização com pecuária parece ser a mais indicada, a partir de pastagens naturais melhoradas, plantio de palma forrageira ou capineiras irrigadas naquelas áreas que apresentam melhores condições físicas. Quanto às culturas de subsistência, em regime de sequeiro, deve-se desenvolver variedades de ciclo bem curto que possam produzir boas colheitas no curto período de chuvas.



▶ **Litólico Eutrófico e Distrófico**

São solos pouco desenvolvidos, não hidromórficos, rasos a muito rasos. Apresentam seqüência de horizonte A - R, onde o horizonte A encontra-se assente diretamente sobre a rocha, ou sobre materiais primários e blocos de rocha semi-intemperizados (A - C - R). Pode-se verificar em alguns perfis a formação de um horizonte B incipiente. O horizonte A apresenta-se fraco a moderado com textura arenosa, média argilosa ou siltosa, normalmente com fase pedregosa e rochosa, podendo ser eutróficos ou distróficos. Possuem drenagem moderada a acentuada, e são bastante susceptíveis à erosão, face a sua reduzida espessura.

Apresentam fortes limitações no que se refere à deficiência d'água no período seco e à difícil mecanização, em face da pequena profundidade dos solos e da pedregosidade / rochosidade superficial, não se prestando ao uso agrícola.

São geralmente destinados à pecuária extensiva, sendo necessário a introdução de pastagens artificiais e fazer reserva de forragens para o período seco. Atualmente constata-se nas áreas onde o horizonte A é mais espesso, pequenos cultivos de subsistência.

▶ **Latossol Vermelho Amarelo Eutrófico**

Apresentam o horizonte B latossólico, não hidromórficos, possuindo uma dominância das frações areia e/ou argila e teores de silte normalmente baixos, em decorrência do estágio avançado de intemperização dos solos. São muito porosos, muito friáveis ou friáveis quando úmidos, bem a fortemente drenados, normalmente bastante resistentes à erosão em decorrência da baixa mobilidade da fração argila, do alto grau de flocculação e da grande porosidade e permeabilidade. A coloração varia do vermelho ao amarelo passando por todas as gamas intermediárias. Apresentam-se, normalmente, muito lixiviados e bastante intemperizados, com predomínio de sesquióxidos e argila 1:1, quase sempre caulinita, na fração mineral coloidal. São solos com alta saturação de bases, horizonte A moderado ou fraco e textura arenosa ou média.

São utilizados com pecuária extensiva em meio à vegetação natural, sendo freqüente o plantio de culturas de subsistência (milho, feijão e mandioca). Constata-se, também, cultivos de algodão e cajueiro. São, portanto, solos de boas condições físicas com relevo, em sua maior parte, plano a suave ondulado, muito favorável ao manejo de máquinas agrícolas. Além disso, apresentam fertilidade natural média, e alumínio trocável praticamente ausente do complexo sortivo, dispensando quase sempre o uso de calagem. Todavia são limitados fortemente pela falta d'água em decorrência das baixas precipitações pluviométricas, requerem para o seu uso racional a adoção de irrigação e de adubações complementares.

▶ **Latossol Amarelo Distrófico**

Compreende solos com horizonte B latossólico, não hidromórficos, com predominância das frações areia e/ou argila com baixos teores de silte, em decorrência do estágio avançado de intemperização dos solos. São profundos a muito profundos, predominando as transições difusas e graduais entre os horizontes, de textura arenosa e - média, bem a acentuadamente drenados, susceptíveis à erosão, porosos a muito porosos e muito friáveis. A coloração varia de vermelho ao amarelo ou ao bruno forte, sendo muito



lixiviados e bastante intemperizados, com predomínio de sesquióxidos e argila do grupo 1:1, normalmente caulinita, na fração mineral coloidal. Estes solos, são em geral ácidos, com baixa saturação de bases.

O horizonte A apresenta-se freqüentemente fraco e de textura arenosa. A textura do horizonte B é predominantemente média. Quanto ao uso agrícola, são muito cultivados com culturas de subsistência (mandioca, feijão e milho) e cajueiro. As maiores limitações ao uso agrícola estão relacionadas à deficiência de água provocada por um período longo de estiagem; à fertilidade natural, em geral baixa, exigindo calagens para correção da acidez, e fertilizações químicas e orgânicas para reduzir esta deficiência e aumentar a produtividade. Podem mostrar alta susceptibilidade à erosão, em função de sua textura superficial e estrutura física, que favorecem os processos erosivos, quando ocorrem, principalmente, em relevo com topografia mais movimentada.

► □ Brunizem Avermelhado

Compreende solos com horizonte B textural, não hidromórficos, argila de atividade alta, horizonte A erodido, alta soma de bases trocáveis e elevada saturação de bases. Caracteristicamente possuem nítida diferenciação de horizontes, apresentando grande contraste entre o horizonte A escuro erodido e o horizonte B de coloração bruno avermelhado a bruno amarelado escuro, freqüentemente com película de material coloidal (cerosidade) entre os elementos estruturais. São moderadamente profundos, raramente rasos, moderadamente drenados, bastante susceptíveis à erosão, e com regular quantidade de minerais primários facilmente decomponíveis no perfil. Apresentam elevada potencialidade agrícola.

Atualmente estes solos são cultivados com algodão, milho e feijão, estando, também, voltados para a pecuária extensiva. São solos de alta fertilidade natural, moderadamente ácidos a neutros, com alumínio trocável baixo ou ausente, dispensando normalmente o uso de calagem. As principais limitações ao uso agrícola, decorrem da escassez de água e da susceptibilidade à erosão, principalmente nas áreas de relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso. Pelos fatores limitantes apresentados, estes solos não são indicados para irrigação, prestando-se mais comumente para uma agricultura de sequeiro racional, pecuária extensiva ou conservação do seu habitat natural com a manutenção da fauna e da flora.

► □ Vertissolo

Compreende solos AC, argilosos a muito argilosos, com alto conteúdo de argila 2:1 (grupo da montmorilonita), que provoca expansões e contrações da massa do solo, aparecimento de “slikensides” nos horizontes subsuperficiais e fendilhamento dos solos na época seca, podendo ou não apresentar microrelevo constituído por “gilgai“. Durante a época chuvosa tornam-se encharcados, muito plásticos e muito pegajosos, em decorrência da drenagem imperfeita, com lenta a muito lenta permeabilidade, sendo portanto solos bastante susceptíveis à erosão, apesar de normalmente apresentarem relevo plano a suave ondulado.

Possuem elevada soma de bases trocáveis, alta saturação de bases, pouco profundos, reação praticamente neutra ou moderadamente alcalina, imperfeitamente ou mal drenados. A contração e expansão que se processa no interior dos perfis provoca o deslizamento da massa do solo, formando superfícies lustrosas, alisadas e estriadas



(slikensides), que são inclinadas em relação ao prumo do perfil. Durante a época seca dá-se a contração da massa do solo, resultando no aparecimento de fendas que atingem até a superfície e danificam o sistema radicular das plantas. Através das fendas, materiais da superfície chegam até as partes mais profundas dos perfis. Por outro lado, no início da época chuvosa dá-se a expansão do solo e os materiais de baixo são pressionados, podendo eventualmente, serem expelidos para a superfície. Verifica-se, assim, um verdadeiro auto-revolvimento nestes solos.

Quanto à morfologia, estes solos apresentam seqüência de horizontes A e C. O horizonte A é fraco a moderado, textura argilosa ou muito argilosa, cores escuras, estrutura em blocos angulares e subangulares, com fraco grau de desenvolvimento e tamanho variando de pequeno a grande, raramente prismática. O horizonte C apresenta textura argilosa e muito argilosa, com cores predominantemente escuras, podendo ou não apresentar mosqueado, estrutura prismática, fraca ou fortemente desenvolvida, média a grande, com presença característica de “slikenside”, nítido, moderado ou fortemente desenvolvido.

Atualmente estes solos são mais utilizados com cultura do algodão, constatando-se, também, cultivos de milho, arroz e raramente feijão. As áreas não cultivadas são utilizadas com pecuária extensiva em meio à vegetação natural. São solos de elevado potencial agrícola, apresentando, entretanto, no que diz respeito à irrigação, problemas relacionados com as suas condições físicas, presença de pedregosidade superficial e não raramente na massa do solo, riscos de halomorfização e de erosão. São também, em grande parte, limitados fortemente pela escassez de recursos hídricos. Podem ser explorados intensivamente com pecuária extensiva em meio a pastagens naturais melhoradas ou capineiras nas áreas que apresentam melhores condições físicas.

► **Regossolo Eutrófico**

Compreende solos AC, muito arenosos, pouco desenvolvidos (muitas vezes com cascalho ou cascalhamento), medianamente profundos ou profundos, em geral, com fragipan, apresentando médio a elevados teores de minerais primários facilmente intemperizáveis. O fragipan destes solos está presente na maioria dos perfis, geralmente situado sobre a rocha subjacente. Constata-se, também, a presença de fragipan incipiente, em início de formação.

De um modo geral o fragipan apresenta mosqueado, e estrutura tipicamente maciça. As cores mais freqüentes são bruno claro acinzentado e bruno amarelo claro. São solos cuja drenagem está em função da profundidade onde se encontra o fragipan e a rocha, podendo variar desde moderada até excessiva.

Embora possuindo pequenas extensões, estes solos são bastante utilizados com diversas culturas de subsistência (mandioca, milho, feijão) e com plantios de algodão, cajueiro e mamona. São bastante utilizados com pecuária extensiva em meio a pastagens nativas. O cultivo racional destes solos requer, mesmo em regime de sequeiro, controle rigoroso da erosão, bem como adubações químicas e, principalmente, orgânicas que supram as deficiências de fósforo e nitrogênio. Deve-se ter em vista também, a forte carência d'água em decorrência do longo período seco e da irregularidade na distribuição das precipitações pluviométricas. Pelos inúmeros fatores limitantes apresentados estes solos podem ser considerados como não detentores de potencial para agricultura irrigada.



► Laterita Hidromórfica

Compreende solos minerais, imperfeitamente drenados, que se caracterizam por apresentar plinthe (situada imediatamente abaixo do horizonte A), coincidindo com os horizontes B_t e C (B_{tpl} e C_{pl}). O plinthe é de coloração variegada, com predomínio de cores avermelhadas e acinzentadas. São moderadamente a fortemente ácidos, ricos em sesquióxidos e pobres em matéria orgânica, com dominância de argilas caulínicas e de minerais de quartzo. São em geral de baixa fertilidade natural.

O horizonte A é maciço ou com estrutura fraca, de coloração normalmente bruno escuro ou bruno acinzentado com teores baixos a médios de matéria orgânica. O horizonte B_{tpl} é, em geral, espesso e tem suas características determinadas pela presença de plinthe, destacando-se a coloração variegada, estrutura pouco desenvolvida e acentuada compactação quando seco. As características morfológicas do horizonte C_{pl} são semelhantes às do B_{tpl}, diferenciadas essencialmente pelo maior desenvolvimento do plinthe, decréscimo nos teores de argila e maior quantidade de material semi-intemperizado na massa do solo.

Em decorrência de sua baixa fertilidade natural e más condições físicas, estes solos são raramente cultivados, sendo aproveitados muito precariamente com pecuária extensiva em meio à vegetação natural de caatinga. Constata-se, também, o uso incipiente com pequenas lavouras de subsistência (milho, feijão e mandioca), nas áreas onde o horizonte A se apresenta mais espesso.

São solos bastante susceptíveis à erosão, com horizonte B_{tpl} muito compactado e de baixa permeabilidade, o que dificulta a penetração das raízes. Além disso são solos de baixa fertilidade natural e com acentuada acidez. Se cultivados necessitam praticamente de uma recuperação, envolvendo subsolagem, drenagem e métodos de conservação de solos, além de adubações e calagens a fim de se obter um solo com algumas condições favoráveis para serem utilizados racionalmente com agricultura. Em termos de agricultura irrigada estes solos podem ser considerados como solos de potencial nulo.

► Afloramentos de Rocha

Os Afloramentos de Rocha são tipos de terrenos representados por exposições de diferentes tipos de rochas, brandas ou duras, nuas ou com reduzidas porções de materiais detriticos grosseiros não consolidados, formando misturas de fragmentos provenientes da desagregação das rochas com material ferroso, especificamente não classificáveis como solos.

Constituem associações principalmente com os Solos Litólicos e ocorrem, também, como inclusões em áreas de outros solos. Estes afloramentos de rochas ocorrem principalmente na zona semi-árida, formando inselbergues e cristas com encostas íngremes, relevo forte ondulado e montanhoso. Nas superfícies suave onduladas e onduladas, os Afloramentos de Rocha são, também, encontrados. Estas exposições de rochas são nuas ou apresentam vegetação rala e baixa, constituindo formações rupestres xerófilas, onde são mais encontrados os representantes das bromeliáceas, cactáceas, velosiáceas, apocináceas e outras.



2.1.5.2 – Identificação da Área Com Potencial Agrícola Para Irrigação

Com base nas informações pedológicas constantes dos estudos, citados anteriormente, foram identificadas como áreas potencialmente agricultáveis as unidades simples de solo e as associações, destacadas no [Mapa 2.3](#), e descritas a seguir:

- as unidades simples LVe, LAd, PE3, PE7, PE11, PE15, Ae1, Ae2, Ae3, AQd1, AQd2, AQd3, representam áreas 100% formadas por solos considerados irrigáveis, num total de 165.713 ha;
- as associações representadas pelas unidades de mapeamento PVa, PVd4 e PE17, também, representam áreas 100% formadas por solos considerados irrigáveis, num total de 37.724 ha;
- para as unidades de mapeamento PVd3, PVd5 e Ae4, formadas pela associação de dois solos sendo um potencialmente irrigável com outros de baixo ou nenhum potencial agrícola para irrigação, estimou-se em 80% o percentual mínimo de solos com potencial para irrigação nestas associações, o que representam 42.527 ha de um total de 53.159 ha .
- para a unidade de mapeamento AQd5, formada pela associação de três solos, dos quais um apresenta-se com baixo ou quase nenhum potencial agrícola para irrigação, estimou-se em 80% o percentual mínimo de solos com potencial para irrigação nesta associação, o que representam 133.495 ha de um total de 166.869 ha .
- para as unidades de mapeamento PVd6 e PVd8, formadas pela associação de quatro classes de solos, dos quais um apresenta-se com baixo ou quase nenhum potencial para irrigação, estimou-se em 75% o percentual mínimo de solos com potencial para irrigação nestas duas associações, o que representam 21.311 ha de um total de 28.415 ha .

No Capítulo 6 do presente relatório serão apresentados detalhadamente os conceitos e parâmetros relativos à determinação das áreas efetivamente irrigáveis nas Bacias Metropolitanas, bem como a determinação da demanda hídrica dessas áreas.

2.1.6 – USO ATUAL DO SOLO E VEGETAÇÃO

2.1.6.1 - Metodologia

A elaboração do mapa de uso atual do solo teve como base a interpretação de imagens do satélite LANDSAT 5, sensor TM, em formato papel, composição colorida, nos canais 3, 4 e 5 (azul, verde e vermelho), na escala 1:100.000. Para recobrir toda a área das Bacias Metropolitanas foram utilizadas as imagens orbitais 216.063, 217.062 e 217.063, por serem as mais recentes e de melhor qualidade disponíveis no INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Para os trabalhos de registro e georeferenciamento das imagens foram utilizadas 13 cartas da SUDENE, na escala 1:100.000 (Paracuru, Lagoa São Pedro, São Luís do Curu, Fortaleza, Aquiraz, Canindé, Baturité, Beberibe, Parajuru, Quixadá, Itapiúna, Bonhu e Aracati), por estas constituírem a melhor cartografia disponível.



No tratamento radiométrico das imagens foram utilizados os processamentos de realce e equalização de histogramas, visando obter uma homogeneização espectral entre as cenas, obtidas em diferentes datas e condições atmosféricas.

Em seguida foi efetuada a classificação digital do uso atual do solo, utilizando funções de realce e processamentos específicos, para o mapeamento das diferentes categorias de uso identificadas, a saber: vegetação arbórea, vegetação arbustiva/herbácea, mata ciliar, mangue, campos de dunas, áreas urbanas, áreas irrigadas, áreas agrícolas de sequeiro/antropizadas, açudes e espelhos d'água acima de 5 ha, nuvem/sombra e unclassified/ruídos.

Foram efetuadas investigações de campo visando o esclarecimento de dúvidas surgidas durante os trabalhos de geoprocessamento e para controle das áreas consideradas confiáveis quanto à interpretação realizada.

Após a integração dos dados obtidos nas imagens de satélite e daqueles oriundos dos trabalhos de campo, foram processados os resultados das classificações para a geração da carta temática de uso atual do solo, com auditoria visual e edições específicas em função da classe de mapeamento. Os produtos gerados constam de 13 mapas de uso e cobertura do solo em formato digital BIL, no corte 1:100.000, os quais serviram de base para a elaboração do Mapa de Uso Atual do Solo, na escala 1:250.000 apresentado no presente estudo.

Também com base nos dados das imagens de satélite foram atualizadas as informações relativas aos espelhos d'água contidos nas Bacias Metropolitanas.

Por sua vez, o Mapa de Vegetação ora também apresentado, teve como base, além das cartas temáticas de usos do solo elaboradas, as seguintes documentações cartográficas:

- Carta Geológica do Projeto Fortaleza, quadrículas – SB.24 V B – Quixadá, SB.24 Y D – Sobral, SA.24 Z C – Fortaleza e SB.24 X A – Aracati, na escala 1:250.000, DNPM/CPRM (BRAGA, 1981);
- Mapa de Unidades Fitoecológicas da Região Metropolitana de Fortaleza, escala 1:100.000, SEPLAN/AUMEF (CEARÁ, 1984); e
- Mapa de Vegetação do Estado do Ceará, escala 1:1.500.000, Atlas do Ceará (CEARÁ, 1995).

2.1.6.2 - Uso Atual do Solo

Englobando a maior parte do território das Bacias Metropolitanas, os terrenos assentes sobre o embasamento cristalino apresentam-se cobertos, predominantemente, por uma vegetação de caatinga arbustiva densa, sendo bastante comum a presença de campos de macegas e capoeiras, em substituição a vegetação de maior porte erradicada. As atividades agrícolas bastante reduzidas e localizadas, apresentam um predomínio de cultivos de subsistência (milho, feijão e mandioca) e capineiras, em função da baixa disponibilidade de água, fruto da irregularidade das chuvas, aliado a baixa vocação para recursos hídricos subterrâneos.

Outro fator a considerar é que, em virtude da não reposição em termos de nutrientes dos solos, as áreas de pequena produção são exploradas até a exaustão, após o que são



entregues aos fatores diagenéticos do solo, para sua gradual e lenta reconstituição, ou continuam sendo exploradas com culturas menos exigentes em termos de fertilidade, mesmo assim com baixo rendimento. O mais comum, no entanto, é a incorporação de novas áreas ao processo produtivo para, por sua vez, sofrerem o mesmo desgaste. É o predomínio da chamada agricultura itinerante. Vale observar que este tipo de agricultura é responsável em grande parte pelo intenso desmatamento provocado na região.

A prática da agricultura de vazantes, ao longo dos cursos e mananciais d'água é bastante difundida na região, com estes apresentando suas matas ciliares em grande parte degradadas ou substituídas por cultivos agrícolas.

A irrigação é pouco difundida, estando associada, em geral, a trechos de rios perenizados ou a área de entorno de reservatórios, tendo como principal obstáculo ao seu desenvolvimento a escassez de recursos hídricos durante o período seco. Além disso, essa prática encontra-se centrada, geralmente, a utilização de técnicas de irrigação pouco eficientes e com elevado consumo de água, sendo a irrigação difusa desenvolvida através de aspersão por canhão hidráulico e métodos gravitatórios. A irrigação pública encontra-se associada aos perímetros Choró Limão (35,9 ha) no município de Choró e Califórnia (69,0 ha) em Quixadá.

A pecuária apresenta-se como a atividade predominante desta região, sendo praticada de forma extensiva, em meio a vegetação de caatinga, com a alimentação do gado sendo suplementada com o plantio de capineiras. A abertura de pastos pela atividade pecuária, aliado ao extrativismo da lenha e do carvão vegetal, também, contribuem para o crescente desmatamento da caatinga.

As regiões serranas de Maranguape, Aratanha, Baturité e Juá/Conceição, caracterizadas pelo ecossistema de matas úmidas, ostentam uma vegetação arbórea exuberante em função da topografia e das altas declividades, que propiciam impedimentos às atividades agropastoris e ao extrativismo. Evidencia-se, no entanto, nas faixas de gradiente moderado o desenvolvimento de agricultura rudimentar de sequeiro, com o plantio de milho, feijão, banana e café, notadamente pelas boas características químicas do solo, estando esta última cultura presente apenas na região serrana de Baturité, sendo adotado no seu cultivo o sombreamento com o ingá.

Nos relevos de meia encosta e vertentes de sotavento de tais serras, assim como nos serrotes que se distribuem ao longo da área das Bacias Metropolitanas, a vegetação de mata seca apresenta sinais de degradação. Essas áreas tem sido exploradas agricolamente, embora haja restrições de uso devido aos riscos de erosão. Em consequência dos desmatamentos, alguns setores das vertentes secas estão sendo amplamente tomados pela vegetação de caatinga, a qual já atinge níveis topográficos elevados.

O crescimento desordenado dos núcleos urbanos existentes nas serras de Maranguape e Baturité também, vem contribuindo para a degradação das suas coberturas vegetais. O [Mapa 2.4](#) mostra de forma mais detalhada os níveis de degradação incidentes sobre a cobertura vegetal destas áreas serranas.

Nos tabuleiros arenosos do Grupo Barreiras, que ocorrem na zona pré-litorânea, o conjunto vegetacional apresenta-se diversificado, principalmente quando analisado do ponto de vista fitofisionômico. Ocupando a maior extensão deste ecossistema observa-se a vegetação de tabuleiros propriamente dita, ora constituída de arbustos pouco adensados,



ora formada de agrupamentos arbustivos mais fechados, entremeados de espécies arbóreas, apresentando feições de mata baixa. Nas regiões a sudeste da localidade de Garrote, em Caucaia e ao longo da CE-040, no trecho Facundes-Cascavel, a vegetação apresenta um padrão similar ao cerrado, contando inclusive com espécimes peculiares a este tipo de vegetação. Nas áreas mais interiores, já próximo ao sertão observa-se a ocorrência da caatinga, a qual se faz presente, também, nas áreas onde a vegetação de tabuleiro sofreu sucessivos desmatamentos, em substituição a mata original.

O antropismo apresenta-se intenso na região dos tabuleiros, sendo observado extensas áreas ocupadas com cajueirais, com destaque para as regiões de Chorozinho e Pacajus. Apresentando menor representatividade aparecem plantios de capineiras, coqueirais, cana-de-açúcar e pequenos cultivos de subsistência (milho, feijão e mandioca).

Ao longo do Canal do Trabalhador, na região de Beberibe, observa-se o cultivo de caju em regime de sequeiro e irrigado, explorado pelas empresas CICAJU e FAISA. Além disso, constata-se a captação d'água no canal para a irrigação de melão, capineiras, sorgo, pequenos cultivos de milho, feijão e mandioca, bem como de outras culturas perenes. Verificou-se, também, que a população periférica ao canal capta água deste para alimentação artificial dos sistemas lacustre marginais, com riscos de desencadeamento de processo erosivos no ponto de entrada da água nos sistemas, e de salinização dos solos pela elevação do lençol freático.

São identificadas, ainda, ao longo do percurso do canal, áreas que apresentam propensão a instabilidade dos taludes de corte e desencadeamento de processos erosivos, com conseqüente assoreamento da secção hidráulica do canal e do sistema de drenagem, causados pela sedimentação do material desagregado. Esses processos geralmente se manifestam em função de fatores como tipologia das rochas, topografia, nível de degradação da cobertura vegetal periférica, clima (ação eólica ou pluvial) e a intervenção antrópica.

A proliferação de vegetação invasora nos taludes internos do canal é bastante comum, tendo sido constatado, também, a presença de vegetação aquática, que inclui plantas emergentes, plantas flutuantes, plantas submersas e algas, tanto na barragem vertedoura de Itaiçaba como no próprio canal adutor. Embora este trecho se situe fora do território das Bacias Metropolitanas, a presença das plantas pode interferir na operação do canal, dado a possibilidade de redução do fluxo d'água e de obstrução de sifões e outras infra-estruturas. Além disso, caso essas plantas sejam tóxicas podem vir a influir na qualidade da água aduzida.

Na baixada costeira, as planícies litorâneas apresentam ante-dunas com vegetação pioneira formando um tapete de gramíneas e ciperáceas, que se expandem atingindo, também, a vertente à barlavento das dunas primárias. Recobrando as dunas fixas e semi-fixas observa-se uma vegetação com variações fisionômicas, em decorrência do grau de edafização, do relevo e de outras implicações, principalmente a exposição aos ventos e a radiação solar. Assim sendo, a vegetação que se desenvolve à barlavento apresenta um porte predominantemente arbustivo, enquanto que as encostas à sotavento são ocupadas por uma vegetação de porte arbóreo.

Nas baixadas úmidas existentes entre as dunas, onde se formam lagoas relativamente extensas, nota-se a presença de remanescentes de vegetação perenifólia, apesar da devastação imposta a estas áreas. Observa-se, ainda, a erradicação da cobertura



vegetal de paleodunas para dar lugar a cultivos agrícolas de subsistência (milho, feijão e mandioca), bem como para exploração mineral (areia), sendo esta última atividade praticada de forma mais intensiva no litoral da Região Metropolitana de Fortaleza. Constata-se, também, a urbanização desordenada da linha da costa, com diversas localidades praianas, apresentando esta área intensamente ocupada por casas de veraneio, tendo como consequência a interrupção do transporte de sedimentos e o desencadeamento de processos erosivos costeiros, como é o caso de Pecém e Taíba, em São Gonçalo do Amarante, e Morro Branco, em Beberibe, entre outras.

Nas regiões de médio/baixo curso das bacias do Pirangi, Choró, Pacoti, Cocó/Coaçu, Cauhipe, São Gonçalo e Ceará/Maranguape são observados nas várzeas dos eixos principais, extensos carnaubais explorados economicamente pela população local. Essas áreas, por sofrerem constantes alagamentos durante o período chuvoso, apresentam restrições para a agricultura, aliado ainda, ao fato de comportarem solos com elevados teores de sódio nos horizontes subsuperficiais. Apesar dessas restrições, verifica-se a exploração de pequenos cultivos de subsistência.

Nas baixadas litorâneas, atingidas pela influência das marés, encontram-se os manguezais, atualmente mais expressivos na desembocadura dos rios Ceará/Maranguape, Cocó/Coaçu, Pacoti e Pirangi, ocorrendo em menor proporção no rio Choró. O manguezal do rio São Gonçalo encontra-se praticamente erradicado. Verifica-se, ainda, a presença de vegetação de mangue associada a lagunas e pequenos estuários, como é o caso das lagunas do Iguape e do Barro Preto, em Aquiraz e do riacho das Guaribas, em São Gonçalo do Amarante.

As áreas de manguezais dos rios Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu exibem alterações de profundidade variável em seu aspecto original, decorrentes, principalmente, de intervenções antrópicas provocadas pelo acelerado processo de urbanização (desmatamentos, aterramentos, lançamentos de resíduos sólidos e líquidos, etc.). A atividade salineira, também, tem contribuindo para a degradação dos manguezais, sendo constatada a presença de salinas nas regiões próximas as desembocaduras dos rios Pirangi, Choró, Pacoti, Cocó/Coaçu e Ceará/Maranguape, a grande maioria desativada.

O [Mapa 2.5](#) apresenta a compartimentação das diferentes categorias de usos dos solos identificadas no território das Bacias Metropolitanas, considerando aspectos como características florísticas, impedimentos físicos do terreno, tipo de cultura dominante, manejo da terra e intensidade das atividades antrópicas.

2.1.6.3 - Vegetação

A cobertura vegetal do território das Bacias Metropolitanas é predominantemente constituída pela caatinga arbustiva densa, a qual encontra-se geralmente associada ao domínio do embasamento cristalino. Nas áreas serranas das regiões de alto curso dos rios Pirangi e Choró constata-se a presença da caatinga de porte arbóreo, enquanto que na região periférica ao açude Pompeu Sobrinho ocorre a caatinga arbustiva aberta.

Nos tabuleiros arenosos do Grupo Barreiras, ocupando a região de baixo curso das bacias ocorre a vegetação de tabuleiros, a qual apresenta-se substituída em grandes extensões de áreas por cultivos de cajueiro. Na zona praiana, observa-se sobre o cordão de dunas a ocorrência de um capeamento gramíneo e de várias espécies herbáceas que agem como elementos fixadores se distribuindo de forma bastante irregular na área. As



paleodunas, por sua vez, exibem uma vegetação de porte arbóreo, sendo representativas nas regiões do Pecém e Iguape.

Nas regiões de baixo/médio curso das bacias dos rios Pirangi, Choró, Pacoti, Cocó/Coaçu, Ceará/Maranguape, Cauhipe e São Gonçalo são verificadas nas várzeas dos eixos principais de drenagem a presença de densos carnaubais. Nas baixadas litorâneas que sofrem a influência das marés pode ser detectada a presença de manguezais, estando os principais associados aos rios Pirangi, Choró, Pacoti, Cocó/Coaçu e Ceará/Maranguape. Os manguezais do rio São Gonçalo estão praticamente erradicados.

Às regiões serranas de Maranguape, Aratanha, Baturité e Juá/Conceição ostentam nos setores mais elevados uma vegetação exuberante de porte arbóreo denominada matas úmidas. Ocupando os níveis inferiores dos citados relevos cristalinos, e portanto, a retaguarda da floresta citada, encontra-se as matas secas. Esta última formação vegetal recobre, ainda, relevos cristalinos mais baixos denominados serrotes.

Apresenta-se a seguir uma breve descrição das diferentes tipologias vegetais que ocorrem no território das Bacias Metropolitanas, cuja distribuição pode ser visualizada no [Mapa 2.6](#).

▸ □ Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Matas Úmidas)

Localiza-se nos setores mais elevados das serras de Maranguape, Baturité, Aratanha, Juá e Conceição. A altitude e a exposição aos ventos úmidos, que favorecem as chuvas orográficas, são os principais fatores que condicionam a instalação desse ecossistema. As condições de acentuada umidade nas vertentes de barlavento (voltadas para o oceano) determinam a formação de solos profundos, da classe Podzólico Vermelho Amarelo, favorecendo a fixação desse revestimento vegetal de grande porte.

Sua composição florística caracteriza-se por árvores que alcançam até 30 m, com espécies que conservam 75 a 100% das folhas durante o ano. Dentre as espécies dominantes nessa unidade, destacam-se: babaçu (*Orbignya martiana*), potumuju (*Centrolobium robustum*), jatobá (*Himenaea courbaril*), tuturubá (*Lucuna grandiflora*), piroá (*Basiloxylom brasiliensis*) etc.

▸ □ Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Matas Secas)

Recobre os níveis inferiores (meia encosta) e vertentes de sotavento dos relevos acima citados, assim como dos serrotes que se distribuem no território das Bacias Metropolitanas. Ocorre em setores de declividade média a alta, com solos rasos, do tipo Litólico, onde os afloramentos rochosos são frequentes e a temperatura é mais elevada do que no ambiente da floresta úmida. Essas características são mais marcantes nas encostas voltadas para oeste (sotavento), onde o intemperismo físico é o principal processo modelador da paisagem.

Trata-se de uma cobertura vegetal de porte arbóreo, intermediária entre floresta úmida e caatinga que circunda esses relevos. A maioria das espécies apresenta queda de folhas nos períodos de estiagem. Destaca-se, entre outras, as seguintes espécies: angico (*Anadenanthera macrocarpa*), aroeira (*Astronium urundeuva*), Gonçalo Alves (*Astronium fraxinifolium*), mulungu (*Erythrina velutina*) e sipaúba (*Thiloua glaucocarpa*).



Essas áreas têm sido exploradas agricolamente, embora haja restrições de uso devido aos riscos de erosão. Em consequência dos desmatamentos, alguns setores das vertentes secas estão sendo amplamente ocupados pela vegetação de caatinga, a qual já atinge níveis topográficos elevados.

▸ □ Complexo Vegetacional Litorâneo (Vegetação dos Tabuleiros)

Os tabuleiros litorâneos tem como característica apresentar uma vegetação densa, de porte médio, além de contar com sub-bosque e com um estrato herbáceo periódico. Predominam as espécies *Guettarda angelica* (angélica), *Dioclea Sclerocarpa* (mucunã de batata), *Bauhinia forticata* (mororó), *Chicocca racemosa* (cainca), *Helicteres heptandra* (saca-rolhas), *Andira sp* (angelim) e *Ouratea fieldingiana* (batiputá), entre outros.

Esporadicamente pode ser encontrado em alguns setores um padrão de vegetação que apresenta similaridades com o cerrado. Tal semelhança pode ser identificada não só pela fisionomia da vegetação, mas também pela presença de espécies peculiares a esse tipo de vegetação, algumas delas representando formas variantes e outras sem correspondentes no cerrado, embora com adaptações equivalentes de natureza escleromorfa. As principais espécies encontradas neste ambiente são: *Curatella americana* (lixreira), *Anacardium occidentale* (cajueiro), *Stryphnodendron coriaceum* (barbatimão), *Anacardium humile* (cajuí), entre outros.

O conjunto vegetacional dos tabuleiros não se apresenta homogêneo, principalmente quando se analisa o padrão fisionômico da vegetação. São constatadas duas feições distintas de plantas lenhosas, compreendendo vegetação subperenifolia e vegetação caducifolia. Esta última ocorrendo nas áreas mais afastadas do litoral, em decorrência da maior semi-aridez do clima regional, apresentando uma maior penetração de espécies da caatinga. São comuns as espécies: *Caesalpinia ferrea* (jucá), *Mimosa acustistipula* (jurema preta), *Jatropha pohliana* (pinhão bravo), *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Croton hemiargyreus* (marmeleiro) e *Combretum leprosum* (mofumbo).

A cajucultura tem sido a principal atividade agrícola nessas áreas e, juntamente com outras formas de ocupação, tem provocado modificações significativas na cobertura vegetal primária.

▸ □ Complexo Vegetacional Litorâneo (Manguezais)

Os mangues são ecossistemas formados, principalmente, nas áreas estuarinas ou de planícies flúvio-marinhas, que se caracterizam pela mistura de água doce e água salgada. São, portanto, ambientes mistos criados pela atuação conjunta de processos continentais e marinhos, os quais proporcionam a deposição de sedimentos sílticos-argilosos, muito ricos em matéria orgânica e que sustentam a vegetação típica dos mangues, denominada manguezais. Sua distribuição estende-se, também, para montante dessas áreas, acompanhando os cursos d'água até onde se faz sentir os efeitos da penetração das marés, e formam faixas de transição com as florestas ribeirinhas. No território das Bacias Metropolitanas, os principais manguezais estão associados aos rios Ceará/Maranguape, Cocó/Coaçu, Pacoti, Choró e Pirangi. Os manguezais do rio São Gonçalo foram praticamente erradicados.

Sua composição florística é representada pelas seguintes espécies arbóreas: mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue branco (*Laguncularia racemosa*), mangue siriúba



(*Avicennia shaueriana*), mangue canoé (*Avicennia nitida*) e o mangue de botão (*Conocarpus erecta*). Além das árvores, os mangues abrigam grande variedades de plantas epífitas (que se apoiam em outras), como bromélias, orquídeas e samambaias, assim com líquens, que se fixam nas copas, formando o estrato superior dos manguezais. Por outro lado, as raízes e os troncos são intensamente ocupados por algas marinhas.

Os manguezais constituem ecossistemas complexos e frágeis, que desempenham importantes funções ambientais tanto do ponto de vista físico quanto biológico e são susceptíveis a profundas alterações em suas características, quando submetidos à ocupação e exploração dos seus recursos. São áreas importantes para a reprodução de um grande número de espécies de peixes, crustáceos e moluscos de valor econômico para o homem, servindo também, como abrigo para reprodução, alimentação e descanso de aves aquáticas. Por outro lado, funcionam como filtros naturais, retendo os sedimentos oriundos das áreas erodidas, bem como poluentes. Fornecem, ainda, ao longo dos rios, proteção contra as enchentes, diminuindo a força das inundações e preservando os campos agricultáveis adjacentes. São considerados áreas de preservação permanente.

► □ Complexo Vegetacional Litorâneo (Vegetação de Dunas)

Nos campos de dunas, as áreas localizadas mais próximas do mar caracterizam-se por vegetação pioneira, onde predominam gramíneas e várias espécies rasteiras que atuam como agentes fixadores contra a deflação eólica. Como espécies mais representativas, destacam-se: salsa-da-praia (*Ipomoea pes-caprae*), bredo-da-praia (*Iresine portulacoides*), capim-da-praia (*Paspalum vaginatum*), cipó-da-praia (*Remirea marítima*) e oró (*Phaseolus ponduratus*), além de arbustivas como o murici (*Byrsonima cericea*).

As dunas edafizadas ou em processo de edafização, onde desenvolveu-se um perfil de solo, situam-se à retarguada dos campos de dunas móveis e apresentam um revestimento vegetal de porte arbóreo, caracterizado por espécies que ocorrem em outras unidades fito-ecológicas. Os principais representantes de sua flora são: João-mole (*Pisonia tormentosa*), jucá (*Caesalpinia ferrea*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), pau d'arco roxo (*Tabebuia avellaneda*), tatajuba (*Chloroflora tinctoria*) e cajueiro (*Anacardium occidentale*). São consideradas áreas de preservação permanente, tendo ocorrência nas bacias do São Gonçalo, Gereraú, Cauhipe, Catu, Caponga Funda e nas Faixas Litorâneas de Escoamento Difuso (FLED).

► □ Cerrado

Registra-se manchas deste tipo de vegetação ocorrendo sobre os tabuleiros litorâneos, a oeste das cidades de Cascavel e Caucaia, nas bacias do Malcozinhado e Juá/Ceará, respectivamente. Ilhada pela vegetação de tabuleiros que se apresenta heterogênea face a penetração de espécies da caatinga, esta mancha atesta o saldo florístico de uma antiga cobertura vegetal que ao longo do tempo sofreu modificações na dependência das alterações climáticas e conseqüentemente, pedológicas. As espécies de caatinga já invadem a área de cerrado em diferentes proporções. Fisionomicamente o cerrado é constituído de um estrato arbóreo, com indivíduos isolados ou em grupos e um estrato herbáceo de gramíneas e dicotiledôneas. Entre as espécies de cerrado encontram-se: lixeira (*Curatella americana*), carvoeiro (*Callisthene fasciculata*), cajú (*Anacardium microcarpum*) e faveiro (*Dimorphandra gardneriana*), entre outras.



▸ □ Floresta Caducifolia Espinhosa (Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta)

Ocupa uma porção considerável do território das Bacias Metropolitanas, associando-se aos domínios dos terrenos cristalinos da Depressão Sertaneja, onde a deficiência hídrica é a característica mais marcante, juntamente com solos de pouca profundidade, freqüentemente revestidos por pavimentos detríticos (seixos). Constitui a vegetação típica dos sertões nordestinos, ostentando padrões fisionômicos e florísticos heterogêneos, e faixas de transição para outras unidades fito-ecológicas. Apresenta espécies arbóreas e arbustivas, podendo ser densa ou aberta, refletindo as relações mútuas entre os componentes do meio físico, tais como: relevo, tipo de rocha, tipo de solo e grau de umidade.

Encontra-se bastante descaracterizada, tanto pela interferência antrópica, através da agricultura, pecuária e retirada de lenha, como pela incidência de períodos críticos de estiagem acentuada. A degradação da caatinga arbórea determina a maior expansão das espécies arbustivas, reduzindo a diversidade da flora e modificando o equilíbrio ecológico. Tendo em vista os fatores limitantes para a atividade agrícola (clima, profundidade do solo, pedregosidade superficial, deficiência hídrica e erosão), tem-se praticado nesses ambientes uma agricultura nômade, em que, após dois ou três anos, a área é abandonada, favorecendo o aparecimento de uma vegetação secundária (capoeira) que não oferece nenhuma proteção ao solo e não possui nenhum valor econômico.

A caatinga arbustiva tem porte mais baixo do que a arbórea, com caules retorcidos e espinhosos, perdendo a folhagem nas estações secas. A exemplo da caatinga arbórea, a densidade maior ou menor dos indivíduos determina a fisionomia do conjunto, que pode ser classificado como caatinga arbustiva densa e caatinga arbustiva aberta. As espécies mais representativas são: jurema (*Mimosa hostile*), catingueira (*Caesalpinha bracteosa*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), marmeleiro (*Croton sonderianus*) e mandacaru (*Cereus jamacaru*).

▸ □ Floresta Mista Dicótilo-Palmácea (Matas Ciliares e Lacustres)

As planície fluviais são áreas que apresentam boas condições hídricas e solos férteis, favorecendo a instalação de uma cobertura vegetal, cuja fisionomia de mata galeria ou ciliar, dominada por carnaubais, contrasta com a vegetação caducifolia e de baixo porte dos interflúvios sertanejos. A principal espécie que habita esses ecossistemas é a carnaúba (*Copernicea cerifera*), que normalmente ocorre associada ao mulungu (*Erythrina velutina*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), oiticica (*Licania rigida*) e ingá-bravo (*Lonchocarpus sericeus*), além de espécies arbustivas e trepadeiras. No território das Bacias Metropolitanas destacam-se as matas ciliares ou florestas ribeirinhas relacionadas às planícies dos rios São Gonçalo, Ceará, Cocó, Pacoti, Choró, Pirangi e outros menores.

Da mesma forma, as áreas de acumulação inundáveis (depressões de pequenos desníveis que acumulam água de chuva) e as áreas em torno de lagoas e reservatórios d'água artificiais, que se caracterizam pela presença do lençol freático sub-aflorante, também suportam uma vegetação arbórea com palmeiras e um estrato rasteiro formado por gramíneas, denominada de floresta lacustre.



2.1.6.4 – Situação Atual das Matas Ciliares

A análise realizada pautou-se na interpretação de imagens de satélite efetuada pela INTARE, que deu origem ao mapa de uso atual dos solos do território das Bacias Metropolitanas, na escala 1:250.000, o qual pode ser visualizado no Mapa 2.4, anteriormente apresentado.

Com base no mapeamento das matas ciliares dos rios principais das 13 bacias hidrográficas que compõem as Bacias Metropolitanas, excetuando-se aí as Faixas Litorâneas de Escoamento Difuso (FLED), foram analisados os níveis de degradação impostos as suas faixas de proteção, as quais funcionam como um filtro contra o aporte de sedimentos e poluentes a estes cursos d'água. Os rios Maranguape e Coaçu, por desaguiarem no rio principal próximo ao oceano, formando praticamente bacias independentes, foram também incluídos na análise, a qual englobará assim 16 cursos d'água, a saber: rios Pirangi, Choró, Pacoti, Cocó, Coaçu, Ceará, Maranguape, São Gonçalo, Cauhipe, Gereraú, Juá, Caponga Funda, Caponga Roseira, Catu e Uruaú.

Foram analisadas tanto a continuidade como a compacidade da mata ciliar preservada ao longo dos rios e verificados os tipos de uso do solo próximo às margens, identificando as áreas mais críticas. Foram verificadas, ainda, as condições das faixas de proteção dos açudes de grande porte que encontram-se posicionados ao longo dos rios analisados. Ressalta-se, no entanto, que a análise efetuada apresenta um cunho qualitativo. Apresenta-se a seguir uma descrição sucinta das condições em que se encontram as matas ciliares dos rios analisados.

▸ **□ Rio Pirangi**

O rio Pirangi apresenta na região de alto e médio curso sua mata ciliar representada por pequenas manchas descontínuas. As áreas com culturas agrícolas e antropizadas não apresentam-se muito significativas, sendo observado ao longo do traçado do rio o predomínio da vegetação de caatinga arbustiva, que avança até a sua calha.

Embora as nascentes dos riachos formadores do rio Pirangi apresentem-se relativamente preservadas, observa-se próximo à região das cabeceiras do rio o predomínio de áreas antropizadas ou com cultivos agrícolas.

No seu baixo curso a mata ciliar de carnaúbas forma uma larga faixa compacta, que se estende por cerca de 30 km até o manguezal na região litorânea, adentrando, ainda, ao longo do riacho Umburanas, um dos seus principais tributários. Entre esta área e o Canal do Trabalhador observa-se o predomínio da vegetação de caatinga em meio a áreas antropizadas ou com cultivos agrícolas.

▸ **□ Rio Choró**

As nascentes dos riachos formadores do rio Choró apresentam sua cobertura vegetal relativamente preservada, sendo esta composta predominantemente pela caatinga de porte arbustivo. Na área de entorno do açude Pompeu Sobrinho observa-se a degradação imposta pelas atividades antrópicas, estando apenas cerca de 30,0 % do seu perímetro com a vegetação da faixa de proteção preservada.



No trecho compreendido entre os açudes Pompeu Sobrinho e Pacajus, observa-se ao longo do rio Choró o predomínio de áreas agrícolas e antropizadas, sendo constatado inclusive o uso de irrigação difusa em duas áreas. Neste trecho a mata ciliar apresenta-se praticamente erradicada, podendo ser visualizado apenas pequenas manchas esparsas.

A faixa de proteção do açude Pacajus apresenta-se na sua quase totalidade preservada, sendo composta predominantemente por vegetação de porte arbustivo, havendo ainda, manchas com vegetação de porte arbóreo. As áreas degradadas apresentam-se representativas apenas nas imediações de Pacajus e Chorozinho, cidades cujos crescimentos das malhas urbanas vem se processando em direção ao referido reservatório.

No trecho a jusante do açude Pacajus a mata ciliar de carnaúbas apresenta-se preservada formando uma larga faixa compacta próximo a área litorânea, que vai se estreitando a medida que se aproxima do açude Pacajus, apresentando-se pouco densa e entremeada pela vegetação de caatinga.

► □ Rio Uruaú

O rio Uruaú apresenta sua mata ciliar composta por vegetação de porte arbóreo quase totalmente preservada. Observa-se na área de entorno da Lagoa de Uruaú a substituição deste padrão fitofisionômico, havendo aí um predomínio de espécies arbustivas. Observa-se a ocupação da faixa de proteção da referida lagoa por chácaras, onde prevalece o cultivo de fruteiras, sendo as áreas antropizadas mais significativas na sua margem esquerda, não tendo sido possível, no entanto, a sua representação gráfica no mapa de uso atual dos solos, dado a escala adotada.

► □ Rio Pacoti

O rio Pacoti apresenta na região de alto curso, mais especificamente na Serra de Baturité, sua mata ciliar relativamente preservada, composta por vegetação de porte arbóreo, sendo observadas apenas pequenas áreas antropizadas e uma com irrigação difusa imediatamente a jusante do açude Engenheiro Gudin.

No trecho compreendido entre as cidades de Redenção e Acarape observa-se a substituição da mata ciliar por cultivos agrícolas irrigados. Entre Acarape e o Sistema Pacoti/Riachão a fitofisionomia da mata ciliar passa a ter um padrão arbustivo, sendo observado pequenas manchas esparsas de área antropizadas.

A faixa de proteção do Sistema Pacoti/Riachão apresenta-se preservada, composta na sua maior parte por vegetação de porte arbóreo, sendo observado, também, o padrão arbustivo. As áreas degradadas são pouco significativas não tendo sido possível o seu mapeamento na escala adotada no mapa de uso atual do solo.

Imediatamente a jusante do açude Pacoti observa-se uma mancha de área antropizada, a partir da qual o padrão da mata ciliar vai se alternando, ora prevalecendo vegetação de porte arbóreo, ora arbustivo até as imediações da cidade de Aquiraz. Na área de entorno do núcleo urbano de Aquiraz observa-se uma extensa área antropizada que se estende até as imediações do manguezal do rio Pacoti.



▶ **Rios Caponga Roseira, Caponga Funda, Catu e Mal-Cozinhado**

Os rios Caponga Roseira, Caponga Funda, Catu e Mal-Cozinhado apresentam suas matas ciliares compostas por vegetação de porte arbustivo, preservadas ao longo da quase totalidade da extensão dos seus talvegues.

Áreas antropizadas mais significativas são observadas nas cabeceiras dos rios Mal-Cozinhado e Catu e na área de entorno da Lagoa da Encantada, na Bacia do Catu, principalmente na sua margem esquerda.

▶ **Rio São Gonçalo**

As nascentes dos riachos formadores do Rio São Gonçalo apresentam sua cobertura vegetal preservada, sendo observado o predomínio de espécies arbóreas. No trecho compreendido entre a região da Serra de Baturité e o açude Sítios Novos, o Rio São Gonçalo tem sua mata ciliar composta predominantemente pela caatinga arbustiva, que avança até suas margens. Constata-se, no entanto, a presença de grandes manchas de áreas antropizadas próximo a confluência com o riacho do Amanari e na área a montante do açude Sítios Novos.

A faixa de proteção do açude Sítios Novos apresenta-se preservada, sendo composta predominantemente pela vegetação de caatinga arbustiva, ocorrendo, também, uma mancha significativa de caatinga arbórea em sua margem esquerda. As áreas degradadas mais significativas são observadas no trecho final do reservatório. Imediatamente a jusante do açude Sítios Novos a mata ciliar do rio São Gonçalo apresenta-se substituída por cultivos agrícolas e áreas antropizadas por cerca de 13 km.

Estendendo-se da área a montante da Lagoa dos Talos até um pouco depois da confluência com o Riacho do Meio, a mata ciliar de carnaúbas forma uma estreita faixa compacta, relativamente preservada.

A faixa de proteção da Lagoa dos Talos, por sua vez, apresenta-se substituída em grandes extensões de área, por culturas agrícolas e áreas antropizadas, principalmente na porção norte de sua margem esquerda. No restante da área, observa-se o predomínio da vegetação de porte arbustivo na margem direita e arbórea na margem esquerda. A vegetação de mangue outrora existente na região da referida lagoa foi erradicada após a execução de sucessivos barramentos ao longo do corpo da lagoa, os quais alteraram o seu regime hídrico.

▶ **Sistema Ceará/Maranguape**

Embora as nascentes dos riachos formadores do Rio Ceará apresentem-se preservadas, observa-se na região de suas cabeceiras a presença de extensas áreas degradadas, cuja vegetação apresenta-se substituída por cultivos agrícolas ou áreas antropizadas, com destaque para as áreas de entorno dos açudes Ipueiras e Bom Princípio.

No restante do traçado do rio, a mata ciliar é composta por vegetação de porte arbustivo relativamente preservada, passando a apresentar porte arbóreo na região de influência da Serra do Juá. A partir daí uma estreita faixa de mata ciliar de carnaúbas se estende até o manguezal na região litorânea.



O Rio Maranguape, por sua vez, tem a cobertura vegetal de suas nascentes preservada, sendo composta por vegetação de porte arbóreo. Ao longo do seu traçado a mata ciliar apresenta alternância do predomínio de vegetação de porte arbóreo e arbustivo, situação que se altera após o rio adentrar a cidade de Fortaleza. A partir deste ponto sua mata ciliar apresenta-se praticamente erradicada, sendo substituída por áreas urbanizadas, ocorrendo apenas em pequenas manchas bastante dispersas.

▸ **□ Sistema Cocó/Coaçu**

O Rio Cocó tem a cobertura vegetal da sua nascente, na serra de Pacatuba, relativamente preservada, sendo observado o predomínio de espécies de porte arbóreo. A faixa de proteção do açude Gavião apresenta-se composta em sua quase totalidade por vegetação arbórea, estando as áreas antropizadas restritas a uma pequena mancha na sua margem direita, e a área imediatamente a jusante do reservatório.

Após adentrar o território da cidade de Fortaleza, o rio Cocó tem sua mata ciliar substituída por áreas urbanizadas, podendo ser observado ao longo do seu percurso apenas pequenas manchas esparsas bastantes degradadas.

A mata ciliar do rio Coaçu, por sua vez, apresenta ao longo do seu traçado o predomínio de vegetação de porte arbóreo. Constata-se, ainda, a presença significativa de áreas onde a vegetação arbustiva apresenta-se dominante, principalmente, na sua margem direita. Áreas antropizadas são observadas, apenas na região de alto curso, próximo às cabeceiras do rio.

As faixas de proteção da lagoa da Precabura é composta por vegetação de porte arbustivo, a qual apresenta-se substituída em diversos pontos por cultivos agrícolas e áreas antropizadas, sendo constatado em seu entorno a presença de sítios e chácaras.

No trecho compreendido entre a lagoa da Precabura e o manguezal do rio Cocó, a mata ciliar apresenta-se bastante degradada, sendo substituída em diversos pontos por áreas antropizadas.

▸ **□ Rio Cauhipe**

A região de alto curso do rio Cauhipe apresenta sua mata ciliar composta por vegetação de porte arbóreo, estando as áreas de nascentes bem protegidas. Na faixa de proteção do açude Cauhipe pode ser constatada a presença de vegetação de porte arbóreo relativamente preservada na margem esquerda, enquanto que na outra margem predomina as espécies arbustivas.

A mata ciliar de carnaúba se estende por cerca de 15 km a partir do lagamar do Cauhipe, formando uma faixa estreita e compacta. Na área de entorno do lagamar do Cauhipe a presença de áreas antropizadas é bastante significativa, sendo constatado, também, pequenos cultivos agrícolas dispersos. Na porção norte de sua margem esquerda observa-se o avanço da vegetação de porte arbóreo até o corpo da lagoa. Situação semelhante ocorre na porção sul da margem esquerda, sendo neste caso a vegetação de porte arbustivo.



▸ □ Rio Juá

A mata ciliar do rio Juá apresenta-se relativamente preservada, sendo observado o predomínio de vegetação de porte arbóreo no seu alto e médio curso. A cobertura vegetal de sua nascente, posicionada na serra do Juá, apresenta-se conservada.

Na área de entorno da lagoa do Poço, por sua vez, predomina a vegetação de porte arbustivo, a qual apresenta-se substituída em diversos pontos por áreas antropizadas e cultivos agrícolas, tendo-se constatado o avanço da área urbana da localidade de Icaraí em sua direção, já existindo algumas casas às margens da lagoa.

▸ □ Rio Gereraú

A mata ciliar apresenta-se em boas condições na maior parte do seu traçado, sendo composta por vegetação de porte arbustivo. A presença de áreas antropizadas apresenta-se mais significativa ao sul do lagamar Gereraú e no seu baixo curso próximo ao limite com os campos de dunas.

2.1.7 - ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL

De acordo com a legislação ambiental vigente são consideradas áreas de reservas ecológicas, a serem destinadas a preservação no território da Bacias Metropolitanas, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- ao longo dos cursos d'água, em faixa marginal, além do leito maior sazonal, medida horizontalmente, cujas larguras mínimas são de 30 m para cursos d'água com largura inferior a 10 m, de 50 m para cursos d'água com largura entre 10 e 50 m e de 100 m para cursos d'água com largura entre 50 e 200 m, de 200 m para cursos d'água com largura entre 200 e 600 m e de 500 m para cursos d'água com largura superior a 600 m;
- em torno das lagoas e/ou reservatórios d'água artificiais, desde o seu nível mais alto medido horizontalmente, em faixa marginal, cuja largura mínima será de 30 m para os que estejam situados em áreas urbanas e de 100 m para os que estejam situados em áreas rurais, exceto os mananciais com até 20 ha de superfície, cuja faixa marginal será de 50 m;
- nas nascentes permanentes ou temporárias, incluindo os olhos d'água e veredas, seja qual for sua situação topográfica, com uma faixa mínima de 50 m a partir de sua margem;
- nas linhas de cumeada das serras, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a $2/3$ da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada;
- no topo de morros, montes e montanhas em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a $2/3$ da altura mínima da elevação em relação à base;
- nas encostas com declividades superior a 45° na sua linha de maior aclave;
- nas bordas de tabuleiros ou chapadas, em faixa com largura mínima de 100 m;
- nas dunas, como vegetação fixadora;



- nos manguezais, em toda a sua extensão;

No caso específico dos manguezais, as bacias que apresentam áreas recobertas com esse ecossistema são: Bacia do Ceará, com aproximadamente 640 ha de mangue; Bacia do Cocó, com 380 ha; Bacia do Pacoti, com 160 ha; Bacia do Choró com apenas 25 ha de zona de mangue, e Bacia do Pirangi, com 200 ha. No total, estima-se uma área aproximada de 1.400 ha de manguezais na região das Bacias Metropolitanas, sendo que 72,7% desta área corresponde a unidades de conservação. Aparecem, ainda, associados a lagunas e pequenos estuários que sofrem a influência das marés.

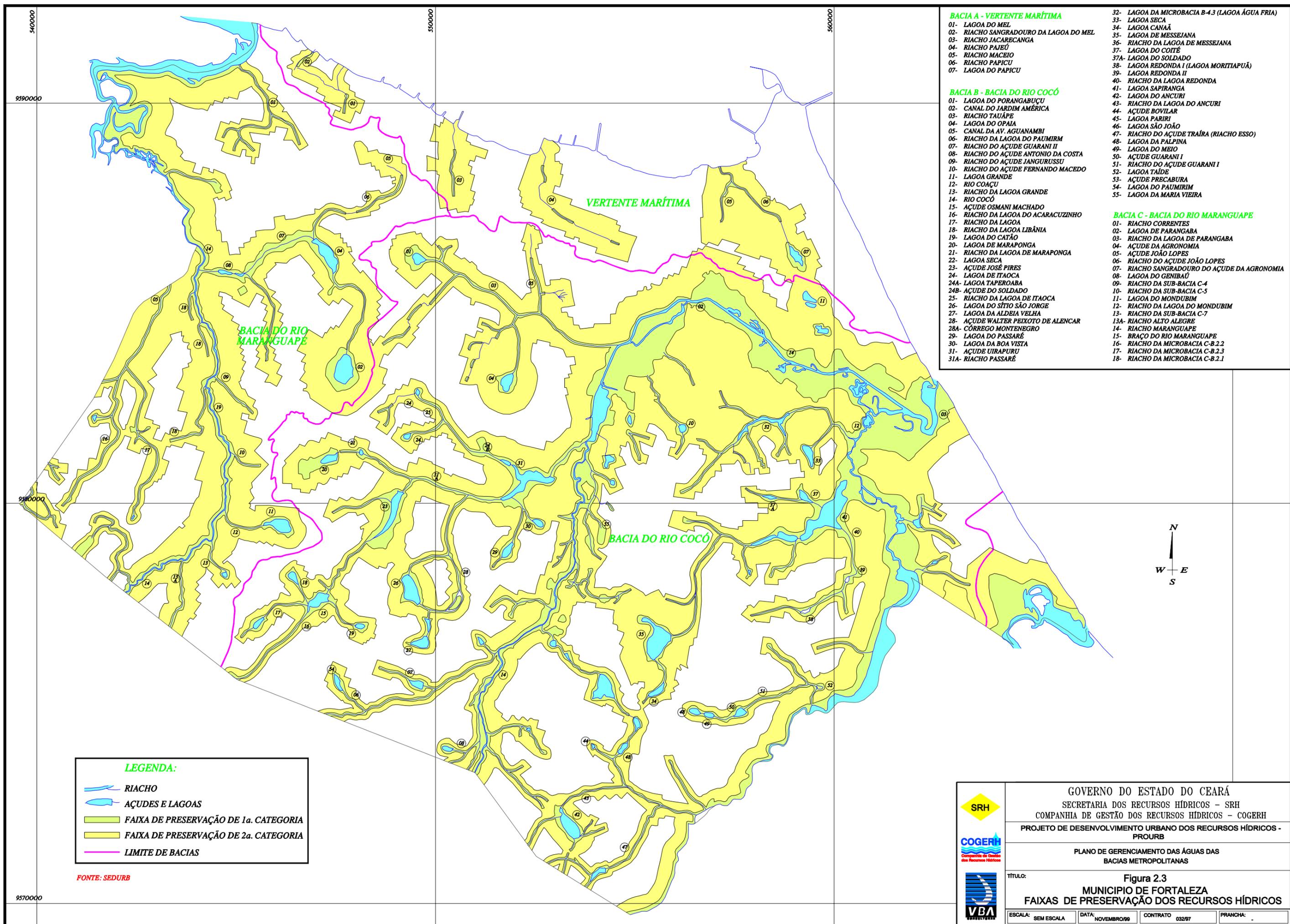
As paleodunas, que correspondem as dunas com vegetação fixadora, também constitui importante ecossistema litorâneo na área das Bacias Metropolitanas. As reservas ecológicas representadas por esse ecossistema referem-se a duas áreas: uma abrangendo trechos das bacias do São Gonçalo, Gereraú, Cauhipe e FLED; e outra mais a leste, compreendendo trechos das bacias do Catu, Caponga Funda e FLED.

Dentre os municípios que integram o território das Bacias Metropolitanas, apenas Fortaleza dispõe de enquadramento das faixas de proteção de 1ª e 2ª categoria dos recursos hídricos estabelecidas pela SEDURB com base na legislação vigente, mais especificamente nas Leis Federais nº 4.771, de 15/09/1965, que instituiu o Código Florestal, alterada pela Lei nº 7.803, de 18/07/1989, e Lei nº 6.766, de 19/09/79, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano; Resolução CONAMA nº 004, de 18/09/1985; Lei Estadual nº 10.147, de 10/12/1977, que disciplina o uso e ocupação dos solos para preservação dos recursos hídricos da Região Metropolitana de Fortaleza; e Lei Orgânica do Município de Fortaleza. Foram contemplados nesse enquadramento partes das bacias dos sistemas Ceará/Maranguape, Cocó/Coaçu, Pacoti e FLED (Figura 2.3).

O município de Caucaia conta com uma proposta de delimitação e ampliação das faixas de proteção de 1ª e 2ª categoria do rio Ceará elaborada pela SEDURB para a Prefeitura Municipal de Caucaia, compreendendo um trecho de 26,6 km de extensão, com início na localidade de Minguauá, distrito de Tuncunduba, no município de Caucaia, até a foz que limita os municípios de Fortaleza e Caucaia.

Contraditoriamente, no território das Bacias Metropolitanas como um todo, tanto no meio rural como no meio urbano, observa-se a degradação de grandes extensões das matas ciliares dos cursos e mananciais d'água, cuja preservação tem como função servir de barreira ao aporte de sedimentos e poluentes. Os manguezais e paleodunas são outras áreas de reservas ecológicas afetadas pelas ações antrópicas.

Quanto às ações preservacionistas aí desenvolvidas, o território das Bacias Metropolitanas conta com 13 reservas florestais, criadas pelo poder público, representativas dos ecossistemas de matas úmidas e complexo vegetacional litorâneo, sendo administradas pelas instâncias estadual, municipal e particular. O ecossistema representado pelo complexo vegetacional litorâneo corresponde a 77,0% das unidades de conservação identificadas na área de estudo, sendo o restante (23,0%), correspondente ao ecossistema de matas úmidas.



- BACIA A - VERTENTE MARÍTIMA**
- 01- LAGOA DO MEL
 - 02- RIACHO SANGRADOURO DA LAGOA DO MEL
 - 03- RIACHO JACARECANGA
 - 04- RIACHO PAJÉU
 - 05- RIACHO MACEIO
 - 06- RIACHO PAPICU
 - 07- LAGOA DO PAPICU
- BACIA B - BACIA DO RIO COCÓ**
- 01- LAGOA DO PORANGABUÇU
 - 02- CANAL DO JARDIM AMÉRICA
 - 03- RIACHO TAUÁPE
 - 04- LAGOA DO OPAIA
 - 05- CANAL DA AV. AGUANAMBI
 - 06- RIACHO DA LAGOA DO PAUMIRM
 - 07- RIACHO DO AÇUDE GUARANI II
 - 08- RIACHO DO AÇUDE ANTONIO DA COSTA
 - 09- RIACHO DO AÇUDE JANGURUSSU
 - 10- RIACHO DO AÇUDE FERNANDO MACEDO
 - 11- LAGOA GRANDE
 - 12- RIO COAÇU
 - 13- RIACHO DA LAGOA GRANDE
 - 14- RIO COCÓ
 - 15- AÇUDE OSMANI MACHADO
 - 16- RIACHO DA LAGOA DO ACARACUZINHO
 - 17- RIACHO DA LAGOA
 - 18- RIACHO DA LAGOA LIBÂNIA
 - 19- LAGOA DO CATÃO
 - 20- LAGOA DE MARAPONGA
 - 21- RIACHO DA LAGOA DE MARAPONGA
 - 22- LAGOA SECA
 - 23- AÇUDE JOSÉ PIRES
 - 24- LAGOA DE ITAOCA
 - 24A- LAGOA TAPEROABA
 - 24B- AÇUDE DO SOLDADO
 - 25- RIACHO DA LAGOA DE ITAOCA
 - 26- LAGOA DO SÍTIO SÃO JORGE
 - 27- LAGOA DA ALDEIA VELHA
 - 28- AÇUDE WALTER PEIXOTO DE ALENCAR
 - 28A- CÔRREGO MONTENEGRO
 - 29- LAGOA DO PASSARÉ
 - 30- LAGOA DA BOA VISTA
 - 31- AÇUDE UIRAPURU
 - 31A- RIACHO PASSARÉ
- BACIA C - BACIA DO RIO MARANGUAPÉ**
- 01- RIACHO CORRENTES
 - 02- LAGOA DE PARANGABA
 - 03- RIACHO DA LAGOA DE PARANGABA
 - 04- AÇUDE DA AGRONOMIA
 - 05- AÇUDE JOÃO LOPES
 - 06- RIACHO DO AÇUDE JOÃO LOPES
 - 07- RIACHO SANGRADOURO DO AÇUDE DA AGRONOMIA
 - 08- LAGOA DO GENIBÁU
 - 09- RIACHO DA SUB-BACIA C-4
 - 10- RIACHO DA SUB-BACIA C-5
 - 11- LAGOA DO MONDUBIM
 - 12- RIACHO DA LAGOA DO MONDUBIM
 - 13- RIACHO DA SUB-BACIA C-7
 - 13A- RIACHO ALTO ALEGRE
 - 14- RIACHO MARANGUAPÉ
 - 15- BRAÇO DO RIO MARANGUAPÉ
 - 16- RIACHO DA MICROBACIA C-B.2.2
 - 17- RIACHO DA MICROBACIA C-B.2.3
 - 18- RIACHO DA MICROBACIA C-B.2.1

LEGENDA:

- RIACHO
- AÇUDES E LAGOAS
- FAIXA DE PRESERVAÇÃO DE 1ª. CATEGORIA
- FAIXA DE PRESERVAÇÃO DE 2ª. CATEGORIA
- LIMITE DE BACIAS

FONTE: SEDURB



	GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH		
	PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO DOS RECURSOS HÍDRICOS - PROURB		
	PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS		
	TÍTULO: Figura 2.3 MUNICÍPIO DE FORTALEZA FAIXAS DE PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS		
	ESCALA: SEM ESCALA	DATA: NOVEMBRO/99	CONTRATO 032/97



Nas bacias do Gereraú, Cauhipe e FLED observa-se as Áreas de Proteção Ambiental (APA's) do Pecém e do Lagamar do Cauhipe, criadas pelo Decreto Estadual nº 24.957, datado de 05 de junho de 1998, sendo ambas administradas pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE) e representativas do complexo vegetacional litorâneo.

Na bacia do rio Ceará ocorrem três unidades de conservação, sendo duas representativas do ecossistema complexo vegetacional litorâneo e uma do ecossistema de matas úmidas. O Parque Botânico criado pelo Decreto Estadual nº 24.216 de 09 de setembro de 1996 e o Parque Ecológico do Rio Ceará criado pelo Decreto Estadual nº 24.787 de 10 de fevereiro de 1998, constituem áreas com vegetação litorânea, especialmente de mangue. A administração dessas reservas cabe, respectivamente, à SEMACE e à Secretaria de Desenvolvimento Urbano do Estado do Ceará (SEDURB). Ainda nessa bacia, ocorre como representante do ecossistema de matas úmidas, a APA da Serra de Maranguape, situada no município homônimo e administrada pela Prefeitura Municipal, tendo sido criada pela Lei nº 1.168 de 08 de junho de 1993.

Outra bacia com representativo número de unidades de conservação é a Bacia do rio Cocó. Nesta foram identificados os Parques Ecológicos do Cocó e da Lagoa de Maraponga, criados, respectivamente, pelos Decretos Lei nº 20.253, de 05 de setembro de 1989 e nº 21.349, de 03 de março de 1991, administrados pela SEDURB e representativos do complexo vegetacional litorâneo, especialmente os ecossistemas de mangue (Parque do Cocó) e Lacustre (Lagoa da Maraponga). Também representando essa formação vegetacional aparece a Reserva Particular do Patrimônio Nacional (RPPN) da Sapiranga, criada pela portaria SEMACE nº 031, de 03 de fevereiro de 1997, de administração particular. Nos limites da Bacia do Cocó com as bacias do Ceará e do Pacoti, tem-se localizada a APA da Serra da Aratanha, representativa do ecossistema de matas úmidas, criada por Decreto Estadual nº 24.959, datado de 05 de junho de 1998 e administrada pela SEMACE.

As bacias do Pacoti e Choró apresentam como unidade de preservação comum a APA da Serra de Baturité, criada pelo Decreto Lei nº 20.956 de 18 de setembro de 1990 e administrada pela SEMACE. Apresenta cobertura vegetal representativa do ecossistema de matas úmidas.

As Faixas Litorâneas de Escoamento Difuso (FLED), a leste de Fortaleza, contam com duas áreas de conservação, ambas representativas do complexo vegetacional litorâneo, sendo a APA de Balbino, criada pelo Decreto Lei nº 497, de 20 de setembro de 1998, administrada pela Prefeitura Municipal de Cascavel e a RPPN da Lagoa da Encantada, no município de Aquiraz, sob administração de particulares. Quanto ao estado de conservação dos seus recursos naturais, a APA de Balbino vem apresentando sinais de degradação ante a especulação imobiliária que vem se instalando no local, devendo ser alvo de ações do órgão ambiental competente.

A Bacia do Uruaú conta com uma unidade de conservação representativa do complexo vegetacional litorâneo recentemente legalizada, denominada APA da Lagoa de Uruaú, que foi criada pelo Decreto Estadual nº 25.355, de 26 de janeiro de 1999.

Por fim, foram, identificados no território das Bacias Metropolitanas três áreas de reservas indígenas, cujas terras ainda não foram demarcadas, a saber: Genipapo Canindé,



no município de Aquiraz; Pitaguaru, no município de Maracanaú e Tabela, em Caucaia, esta última perfazendo uma área de 4.675 ha, habitada por 914 silvícolas.

É importante ressaltar, ainda, que o estado de conservação dos recursos hídricos das unidades de preservação, especialmente as APA's representativas do ecossistema complexo vegetacional litorâneo, encontra-se bastante comprometido pela ação antrópica, merecendo uma política de recuperação urgente. O [Mapa 2.7](#) apresenta o mapa das unidades de conservação e reservas ecológicas existentes na área das Bacias Metropolitanas.

2.1.8 – RECURSOS HÍDRICOS

Face à sua importância no contexto do Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas, o segmento Recursos Hídricos é apresentado separadamente em dois capítulos específicos:

- Capítulo 4 – Os Recursos Hídricos Superficiais
- Capítulo 5 – Os Recursos Hídricos Subterrâneos

2.1.9 – ZONEAMENTO DE PERMEABILIDADE

Fator de marcante influência na geração dos escoamentos superficiais, a permeabilidade das Bacias Metropolitanas foi tomada com base nos originais do PERH-CE.

Utilizou-se o conceito de tipos de solos desenvolvido pelo SOIL CONSERVATION SERVICE, dos Estados Unidos¹, que apresenta a vantagem de ser compatível com o ponto de vista hidrológico, além de ser amplamente empregado em diversas metodologias e estudos hidrológicos no Nordeste e no País.

São estabelecidas nesta classificação quatro tipos de solos, conforme descrição a seguir:

- Tipo A → baixo potencial de escoamento: solos muito permeáveis tendo alta taxa de infiltração, mesmo quando continuamente umedecidos, consistindo principalmente de solos profundos, bem a excessivamente drenados, arenosos ou cascalhentos, alta taxa de transmissão d'água;
- Tipo B → solos tendo moderada taxa de infiltração (acima da média), mesmo quando continuamente umedecidos, moderadamente profundos a profundos, moderadamente bem a bem drenados, com textura moderadamente fina a moderadamente grossa, moderada taxa de transmissão d'água;
- Tipo C → solos tendo baixa taxa de infiltração (abaixo da média), quando continuamente umedecidos, consistindo principalmente de solos com um estrato que impede o movimento descendente da água, solos com textura moderadamente fina a fina, alta percentagem de argila e colóide, baixa taxa de transmissão;

¹ SOIL CONSERVATION SERVICE – “National Engineering Handbook”, Section 4 – Hydrology.



- Tipo D → alto potencial de escoamento: solos tendo muito baixa taxa de infiltração, quando continuamente umedecidos, consistindo principalmente de solos argilosos com alto potencial de expansão, solos com um lençol freático permanentemente alto, solos com camada argilosa na superfície, solos rasos sobre camada impermeável próximo à superfície, muito baixa taxa de transmissão d'água.

O zoneamento de permeabilidade encontra-se apresentado no [Mapa 2.8](#), em escala 1:250.000.

Predominam ao longo de todo o litoral solos do Tipo A, permeáveis e de menor capacidade de escoamento, avançando sobre largas porções interiores das bacias dos rios Choró e Pirangi.

Na porção média das Bacias Metropolitanas mesclam-se manchas de solos tipos B, C e D, com raras manchas de solo Tipo A próximo à Itapiuna, na Bacia do Rio Choró. Observa-se, no entanto, um claro predomínio de solos do Tipo B tanto na região da Serra de Baturité como estendendo-se na Bacia do Rio Pacoti até o açude de mesmo nome, enquanto a sudeste da Bacia do Rio Pirangi dominam solos Tipo D.

Por fim, saliente-se o predomínio dos solos tipos C e D, impermeáveis e de alto poder de escoamento, na porção mais meridional da Bacia do Rio Choró.

2.2 – CARACTERIZAÇÃO DOS FATORES SÓCIO-ECONÔMICOS

2.2.1 - DEMOGRAFIA

2.2.1.1 - Evolução da População e Distribuição Geográfica

De acordo com o IBGE, em 1996, a região das Bacias Metropolitanas contava com uma população total de 3.008.162 habitantes, o correspondente a 44,2% da população do Estado. Desse total, 1.965.513 habitantes, ou seja, 65,3% refere-se à população residente em Fortaleza que apresenta sua área territorial dividida em três bacias hidrográficas: Bacia do Sistema Ceará/ Maranguape, concentrando 48,4% da população do município; Bacia do Sistema Cocó/ Coaçu, com 32,0% da população; e Bacia FLED, com 19,6%.

A densidade demográfica atingiu nesse ano o patamar de 229,19 hab/km² para a região como um todo, apresentando maior concentração nas bacias que possuem área no município de Fortaleza como, Sistema Ceará/Maranguape (1.715,1 hab/km²), Sistema Cocó/Coaçu (1.506,00 hab/km²) e FLED (882,92 hab/km²). O município de Fortaleza, capital do Estado, apresentou uma carga demográfica de 6.540,86 hab/km². As demais bacias integrantes apresentaram uma densidade demográfica muito mais rarefeita, oscilando entre 12,10 hab/km², na bacia do Cauhipe, até 501,00 hab/km², na bacia do Caponga Funda.

Nas últimas décadas a ocupação dos espaços urbanos tem se acentuado, com a população se concentrando em torno dos grandes e médios centros urbanos (Fortaleza, Caucaia, Maracanaú), caracterizando um processo de inchamento das cidades, tendo como consequência o aumento do número de grupos populacionais marginalizados.



Analisando o comportamento da urbanização nas áreas das Bacias Metropolitanas (Tabela 2.7), observa-se que, com exceção das bacias do Pirangi, Caponga Funda, Caponga Roseira e Cauhipe, as demais apresentam taxas de urbanização superiores a 50,0%, com as bacias do Cocó/Coaçu, Ceará/Maranguape e FLED atingindo taxas de 99,1%, 98,9% e 96,5%, respectivamente. Apesar de constituir a área mais urbanizada, a bacia do Cocó/Coaçu apresentou no período 1991/96 uma pequena variação nos valores das taxas de urbanização (2,35%), seguida da bacia do Ceará/Maranguape (2,30%), enquanto que as maiores variações foram constatadas nas bacias do Malcozinhado (3,65%), São Gonçalo (3,41%) e Choró (3,37%).

O Mapa Demográfico (Mapa 2.9) constitui uma representação da tabela 2.7, indicando a população residente, taxa de urbanização e densidade demográfica dos municípios integrantes das Bacias Metropolitanas. Naqueles municípios cujas áreas territoriais estão inclusas em mais de uma bacia hidrográfica, as informações disponíveis foram desmembradas, de modo a possibilitar uma análise por bacia. Nos casos em que não existem distritos no trecho de algum município dividido, procedeu-se a estimativa do número de domicílio rurais através de contagem pelas cartas da SUDENE (escala 1:100.000), isto para estimativa da população e da densidade demográfica.

A taxa anual de crescimento da população total verificada para o período de 1991/96 foi de 2,01% ao ano, valor superior ao registrado pelo Estado (1,35% ao ano). O crescimento populacional na região das Bacias Metropolitanas acusou taxas decrescentes em 33,6% das localidades e sinais de estagnação em 3,9%, apresentando valores positivos na maior parte (62,5%) dos núcleos urbanos, com taxas oscilando entre 0,49% e 21,4%. Destacam-se neste grupo as sedes municipais de Horizonte (7,70%), Eusébio (5,92%), Caucaia (4,75%), e os distritos de Fátima em Pacoti (21,40%), Queimados em Horizonte (12,26%), Gado dos Rodrigues em Palmácia (9,33%) e Guararu em Caucaia (8,85%).

No período em análise, o crescimento urbano atingiu uma taxa média anual de 2,37% ao ano com 49,2% das localidades apresentando um nível médio de incremento urbano entre 1,0% e 5,0%. Cerca de 6,0% das localidades apresentaram taxas elevadas de crescimento urbano chegando a atingir valores superiores a 8,0% ao ano, como é o caso da sede municipal de Ibaretama, e dos distritos de Guararu, Mirambé e Tucunduba em Caucaia, Fátima em Pacoti, Itans em Itapiúna e Jenipapeiro em Aracoiaiba.

Em relação à população rural, esta apresentou taxas anuais de crescimento negativas em 40,6% das localidades, estagnação em 2,3% e valores positivos em 57,1% com destaque para Aracoiaiba, Itapiúna, Horizonte, Itaitinga, e os distritos de Penedo, Tanques e Umarizeiras em Maranguape, inclusive a sede, cujas taxas de crescimento oscilaram entre 3,0% e 8,0% ao ano.



Tabela 2.7 - Evolução da População e Distribuição Geográfica

Bacia Hidrográfica/ Municípios/Distritos	População Residente (hab) - 1996			Taxa de Urbanização (%)	Densidade Demográfica (hab/km ²)	Taxa Geométrica de Crescimento Anual - 1991/1996 (%)		
	Total	Situação do Domicílio				Total	Urbana	Rural
		Urbano	Rural					
RIO PIRANGI	52.542	12.407	40.135	23,6	14,19	-1,01	1,48	-1,71
Ibaretama	10.857	2.564	8.293	23,6	14,85	-0,71	5,05	-2,16
Oiticica	4.213	418	3.795	9,9	-	-0,08	2,98	-0,39
Pirangi	2.501	636	1.865	25,4	-	-0,73	2,00	-1,56
Nova Vida	1.494	193	1.301	12,9	-	-5,01	1,63	-5,80
Ibaretama	2.649	1.317	1.332	49,7	-	1,19	8,18	-3,70
Morada Nova	12.256	4.431	7.825	36,2	18,94	-1,47	1,94	-3,13
Aruaru	8.203	4.026	4.177	49,1	-	-1,75	1,46	-4,35
Boa Água	4.053	405	3.648	10,0	-	-0,88	7,51	-1,60
Aracati	1.129	335	794	29,7	9,22	-2,94	-2,13	-3,28
Jirau	1.129	335	794	29,7	-	-2,94	-2,13	-3,28
Fortim	1.584	918	666	58,0	8,31	-	-	-
Guajiru	709	526	183	74,2	-	-	-	-
Campestre	875	392	483	44,8	-	-	-	-
Beberibe	12.271	1.990	10.281	16,2	11,18	-1,16	-7,52	0,43
Serra do Félix	5.639	995	4.644	17,6	-	-0,38	-4,26	0,58
Itapeim	1.955	300	1.655	15,3	-	-4,24	-0,84	-4,79
Paripueira	4.677	695	3.982	14,9	-	-0,64	-12,97	2,98
Cascavel	2.589	512	2.077	19,8	9,45	-9,59	-0,04	-11,26
Pitombeiras	2.589	512	2.077	19,8	-	-9,59	-0,04	-11,26
Ocara	11.856	1.657	10.199	14,0	18,54	-0,62	-0,18	-0,69
Curupira	8.024	440	7.584	5,5	-	-0,28	0,65	-0,33
Serragem	2.563	562	2.001	21,9	-	-1,53	-0,90	-1,70
Novo Horizonte	1.269	655	614	51,6	-	-0,90	-0,09	-1,73
RIO CHORÓ	206.469	104.945	101.524	50,8	43,27	-0,39	3,37	-3,55
Aracoiaba	23.820	10.972	12.848	46,1	45,81	1,14	0,93	1,32
Aracoiaba	11.043	6.377	4.666	57,7	-	1,36	-0,16	3,68
Ideal	4.431	927	3.504	20,9	-	-1,31	-1,86	-1,16
Jaguarão	1.013	544	469	53,7	-	0,75	1,46	-0,04
Jenipapeiro	626	250	376	39,9	-	2,81	8,15	0,00
Lagoa de São João	880	403	477	45,8	-	1,85	2,28	1,49
Milton Belo	2.321	541	1.780	23,3	-	5,44	7,26	4,92
Pedra Branca	600	333	267	55,5	-	-1,59	-1,44	-1,77
Plácido Martins	896	294	602	32,8	-	7,79	6,36	-0,07
Vazantes	2.010	1.303	707	64,8	-	1,35	4,55	-3,32
Aratuba	11.524	1.836	9.688	15,9	85,81	1,73	3,99	1,33
Aratuba	11.524	1.836	9.688	15,9	-	1,73	3,99	1,33
Baturité	29.467	19.130	10.337	64,9	84,85	1,65	3,38	-1,14
Baturité	26.231	18.187	8.044	69,3	-	1,82	3,42	-1,32
Boa Vista	1.419	308	1.111	21,7	-	-1,71	-0,64	-2,00
São Sebastião	1.817	635	1.182	34,9	-	2,23	4,65	1,07



Tabela 2.7 - Evolução da População e Distribuição Geográfica (continuação)

Bacia Hidrográfica/ Municípios/Distritos	População Residente (hab) - 1996			Taxa de Urbanização (%)	Densidade Demográfica (hab/km ²)	Taxa Geométrica de Crescimento Anual - 1991/1996 (%)		
	Total	Situação do Domicílio				Total	Urbana	Rural
		Urbano	Rural					
Barreira	7.846	4.357	3.489	55,5	34,70	-11,87	5,45	-21,11
Barreira	7.846	4.357	3.489	55,5	-	-11,87	5,45	-21,11
Beberibe	12.297	4.686	7.611	38,1	173,93	2,33	4,15	1,30
Beberibe	12.297	4.686	7.611	38,1	-	2,33	4,15	1,30
Canindé	4.268	187	4.081	4,4	6,42	-4,76	1,45	-5,00
Esperança	982	57	925	5,8	-	-14,75	3,93	-15,40
Targinos	3.286	130	3.156	4,0	-	0,12	0,47	0,10
Capistrano	15.504	4.890	10.614	31,5	82,95	-0,07	1,86	-0,89
Capistrano	15.504	4.890	10.614	31,5	-	-0,07	1,86	-0,89
Choró	11.445	2.319	9.126	20,3	14,44	1,19	11,10	-0,63
Barbada	1.836	33	1.803	1,8	-	-	-	-
Caiçarina	2.123	56	2.067	2,6	-	-4,99	-1,70	-5,07
Choró	4.060	1.803	2.257	44,4	-	-12,78	6,61	-19,64
Maravilha	1.830	237	1.593	13,0	-	-	-	-
Monte Castelo	1.596	190	1.406	11,9	-	-	-	-
Chorozinho	7.228	5.481	1.747	75,8	33,31	-14,14	4,98	-31,03
Chorozinho	7.228	5.481	1.747	75,8	-	-14,14	4,98	-31,03
Cascavel	3.974	3.974	0	100,0	20,32	1,02	1,02	-
Jacarecoara	3.974	3.974	0	100,0	-	1,02	1,02	-
Guaramiranga	2.800	859	1.941	30,7	59,70	2,88	0,71	3,94
Guaramiranga	2.800	859	1.941	30,7	-	2,88	0,71	3,94
Horizonte	20.726	13.938	6.788	67,2	343,09	8,12	7,21	10,13
Horizonte	18.629	13.465	5.164	72,3	-	7,70	7,60	7,98
Queimados	2.097	473	1.624	22,6	-	12,26	-1,26	19,38
Itapiúna	14.140	6.191	7.949	43,8	23,85	1,93	4,51	0,15
Caio Prado	3.431	1.449	1.982	42,2	-	0,54	4,23	-1,72
Itans	1.618	531	1.087	32,8	-	3,95	8,88	1,97
Itapiúna	6.712	3.073	3.639	45,8	-	4,15	4,95	3,49
Palmatória	2.379	1.138	1.241	47,8	-	-2,52	2,05	-5,82
Mulungu	8.197	3.618	4.579	44,1	196,57	0,89	3,66	-1,02
Mulungu	8.197	3.618	4.579	44,1	-	0,89	3,66	-1,02
Ocara	8.472	4.128	4.344	48,7	62,43	2,21	3,30	1,23
Arisco dos Marianos	1.143	230	913	20,1	-	2,18	3,25	1,92
Ocara	4.262	2.786	1.476	65,4	-	3,11	3,46	2,46
Sereno de Cima	3.067	1.112	1.955	36,3	-	1,04	2,90	0,06
Pacajus	34.884	27.702	7.182	79,4	173,90	1,87	4,11	-4,73
Pacajus	32.883	26.955	5.928	82,0	-	3,25	4,21	-0,53
Itaipaba	2.001	747	1.254	37,3	-	-11,95	0,77	-16,36
Redenção	10.603	4.615	5.988	43,5	93,01	-0,73	0,55	-1,65
Antônio Diogo	7.188	4.154	3.034	57,8	-	-24,44	0,33	-0,89
Guassi	3.415	461	2.954	13,5	-	-1,79	2,67	-2,39
RIO MALCOZINHADO	38.839	30.037	8.802	77,3	179,95	3,61	3,65	3,48
Cascavel	34.183	28.924	5.259	84,6	148,43	1,58	2,18	-1,39
Guanacés	6.797	2.151	4.646	31,6	-	0,40	4,34	-1,16
Cascavel	27.386	26.773	613	97,8	-	1,88	2,01	-3,03



Tabela 2.7 - Evolução da População e Distribuição Geográfica (continuação)

Bacia Hidrográfica/ Municípios/Distritos	População Residente (hab) - 1996			Taxa de Urbanização (%)	Densidade Demográfica (hab/km ²)	Taxa Geométrica de Crescimento Anual - 1991/1996 (%)		
	Total	Situação do Domicílio				Total	Urbana	Rural
		Urbano	Rural					
Horizonte	4.656	1.113	3.543	23,9	115,59	1,83	3,30	1,39
Aningas	1.567	68	1.499	4,3	-	1,27	7,21	1,05
Dourados	3.089	1.045	2.044	33,8	-	2,12	3,08	1,64
RIACHO CAPONGA ROSEIRA	2.733	1.002	1.731	36,7	142,34	1,69	2,08	1,47
Aquiraz	2.733	1.002	1.731	36,7	142,34	1,69	2,08	1,47
Caponga da Bernarda	2.733	1.002	1.731	36,7	-	1,69	2,08	1,47
RIACHO CAPONGA FUND	13.577	4.912	8.665	36,2	501,00	1,76	3,26	0,97
Pindoretama	13.577	4.912	8.665	36,2	501,00	1,76	3,26	0,97
Pindoretama	13.577	4.912	8.665	36,2	-	1,76	3,26	0,97
RIO PACOTI	114.828	70.583	44.245	61,5	98,26	1,51	2,54	-0,01
Acarape	10.962	6.321	4.641	57,7	90,00	1,47	3,26	-0,70
Acarape	10.962	6.321	4.641	57,7	-	1,47	3,26	-0,70
Aquiraz	19.439	19.439	-	100,0	145,28	4,10	4,10	-
Aquiraz	19.439	19.439	-	100,0	-	4,10	4,10	-
Guaiúba	17.060	11.420	5.640	66,9	63,54	-0,58	2,59	-5,58
Água Verde	4.158	2.856	1.302	68,7	-	-0,66	3,35	-7,03
Guaiúba	10.703	7.697	3.006	71,9	-	1,58	2,66	-0,90
Itacima	2.199	867	1.332	39,4	-	-8,18	-0,21	-11,79
Guaramiranga	2.695	795	1.900	29,5	144,89	-1,21	1,36	-2,18
Pernabuquinho	2.695	795	1.900	29,5	-	-1,21	1,36	-2,18
Itaitinga	14.372	13.203	1.169	91,9	162,95	2,88	2,54	7,19
Itaitinga	14.372	13.203	1.169	91,9	-	2,88	2,54	7,19
Maranguape	18.086	6.032	12.054	33,4	86,41	3,20	2,20	3,72
Cachoeira	1.360	446	914	32,8	-	6,77	3,20	8,82
Jubaia	1.985	1.483	502	74,7	-	0,61	2,26	-3,50
Ladeira Grande	2.184	320	1.864	14,7	-	2,78	3,30	2,69
Lages	1.853	1.066	787	57,5	-	1,99	2,03	1,94
Papara	3.264	607	2.657	18,6	-	2,17	0,43	2,59
Penedo	3.414	916	2.498	26,8	-	6,34	4,67	6,99
Tanques	2.785	577	2.208	20,7	-	2,69	0,03	3,46
Umarizeiras	1.241	617	624	49,7	-	2,78	1,38	3,91
Pacoti	10.972	2.859	8.113	26,1	125,39	1,67	-2,10	3,23
Colina	2.737	82	2.655	3,0	-	0,79	-4,64	0,99
Fátima	2.705	167	2.538	6,2	-	21,40	9,94	22,45
Pacoti	4.101	2.430	1.671	59,3	-	-3,06	-2,79	-3,44
Santa Ana	1.429	180	1.249	12,6	-	-2,85	1,03	-3,34
Palmácia	9.873	3.824	6.049	38,7	86,45	-0,72	0,53	-1,46
Gado	1.309	164	1.145	12,5	-	1,67	-0,95	2,08
Gado dos Rodrigues	681	208	473	30,5	-	9,33	5,13	11,54
Palmácia	7.883	3.452	4.431	43,8	-	-1,71	0,36	-3,16



Tabela 2.7 - Evolução da População e Distribuição Geográfica (continuação)

Bacia Hidrográfica/ Municípios/Distritos	População Residente (hab) - 1996			Taxa de Urbanização (%)	Densidade Demográfica (hab/km ²)	Taxa Geométrica de Crescimento Anual - 1991/1996 (%)		
	Total	Situação do Domicílio				Total	Urbana	Rural
		Urbano	Rural					
Redenção	11.369	6.690	4.679	58,8	89,73	-0,67	1,44	-3,29
Redenção	9.540	6.660	2.880	69,8	-	0,12	1,47	-2,63
São Geraldo	1.829	30	1.799	1,6	-	-4,29	-3,58	-4,30
RIO COCÓ/COAÇU	746.525	739.700	6.825	99,1	1.506,00	2,34	2,35	1,28
Aquiraz	8.723	7.318	1.405	83,9	433,98	1,52	-0,17	14,63
Camará	8.723	7.318	1.405	83,9	-	1,52	-0,17	14,63
Eusébio	27.206	27.206	-	100,0	417,27	5,92	5,92	-
Eusébio	27.206	27.206	-	100,0	-	5,92	5,92	-
Itaitinga	11.514	9.544	1.970	82,9	171,59	2,24	3,26	-1,98
Gereraú	11.514	9.544	1.970	82,9	-	2,24	3,26	-1,98
Maracanaú	26.524	26.524	-	100,0	486,68	2,81	2,81	-
Pajuçara	26.524	26.524	-	100,0	-	2,81	2,81	-
Pacatuba	43.594	40.144	3.450	92,1	359,69	3,13	3,47	-0,40
Monguba	1.943	1.943	-	100,0	-	5,06	5,06	-
Pacatuba	9.650	7.960	1.690	82,5	-	0,46	1,75	-4,54
Pavuna	5.832	4.072	1.760	69,8	-	5,60	5,92	4,88
Sen. Carlos Jereissati	26.169	26.169	-	100,0	-	3,55	3,55	-
Fortaleza	628.964	628.964	-	100,0	3.752,10	2,15	2,15	-
Fortaleza	628.964	628.964	-	100,0	3.752,10	2,15	2,15	-
RIO CATU	12.951	9.969	2.982	77,0	99,24	0,77	1,15	-1,49
Aquiraz	12.951	9.969	2.982	77,0	99,24	0,77	1,15	-1,49
Justiniano de Serpa	7.484	4.502	2.982	60,2	-	0,78	2,47	-1,49
Tapera	5.467	5.467	-	100,0	-	0,76	0,76	-
SIST. CEARÁ/MARANGUAÍ	1.326.488	1.311.903	14.585	98,9	1.717,10	2,29	2,30	1,99
Caucaia	194.258	183.158	11.100	94,3	406,14	4,81	4,97	2,37
Bom Princípio	2.281	892	1.389	39,1	-	-0,02	0,90	-0,58
Caucaia	91.806	84.215	7.591	91,7	-	4,75	4,84	3,82
Jurema	96.414	96.414	-	100,0	-	5,03	5,03	-
Mirambé	3.757	1.637	2.120	43,6	-	3,91	11,47	-0,28
Maracanaú	133.541	132.969	572	99,6	2.628,76	-0,08	-0,05	-5,05
Maracanaú	133.541	132.969	572	99,6	-	-0,08	-0,05	-5,05
Maranguape	47.381	44.468	2.913	93,9	292,47	3,23	3,29	2,30
Maranguape	41.682	39.505	2.177	94,8	-	3,43	3,30	5,95
Sapupara	5.699	4.963	736	87,1	-	1,83	3,22	-5,35
Fortaleza	951.308	951.308	-	100,0	11.559,03	2,13	2,13	-
Fortaleza	951.308	951.308	-	100,0	11.559,03	2,13	2,13	-
RIO CAUHIPE	3.330	1.358	1.972	40,8	12,10	8,85	16,57	4,96
Caucaia	3.330	1.358	1.972	40,8	12,10	8,85	16,57	4,96
Guararu	3.330	1.358	1.972	40,8	12,10	8,85	16,57	4,96



Tabela 2.7 - Evolução da População e Distribuição Geográfica (continuação)

Bacia Hidrográfica/ Municípios/Distritos	População Residente (hab) - 1996			Taxa de Urbanização (%)	Densidade Demográfica (hab/km ²)	Taxa Geométrica de Crescimento Anual - 1991/1996 (%)		
	Total	Situação do Domicílio				Total	Urbana	Rural
		Urbano	Rural					
RIO SÃO GONÇALO	42.915	26.239	16.676	61,1	34,81	1,17	3,41	-1,81
Caucaia	11.562	4.223	7.339	36,5	46,55	4,43	5,49	3,85
Catuana	5.537	1.354	4.183	24,5	-	5,01	4,53	5,16
Sítios Novos	3.897	2.774	1.123	71,2	-	4,59	5,83	1,88
Tucunduba	2.128	95	2.033	4,5	-	2,73	10,37	2,44
Maranguape	14.444	9.466	4.978	65,5	66,72	0,46	4,12	-4,84
Amanari	4.853	2.827	2.026	58,2	-	0,25	4,83	-4,57
Antônio Marques	1.129	262	867	23,2	-	-1,97	1,77	-2,95
Itapebussu	4.184	3.544	640	84,7	-	1,62	3,53	-6,21
Vertentes do Lajedo	344	62	282	18,0	-	-3,87	3,58	-5,13
Manoel Guedes	1.983	942	1.041	47,5	-	0,93	7,84	-3,55
S. João do Amanari	1.951	1.829	122	93,7	-	0,49	2,89	-17,44
Pentecoste	1.024	10	1.014	1,0	2,77	-11,97	-15,34	-11,93
Porfírio Sampaio	1.024	10	1.014	1,0	-	-11,97	-15,34	-11,93
S. Gonçalo do Amarante	15.885	12.540	3.345	78,90	39,94	1,03	2,29	-3,00
Croatá	5.834	4.473	1.361	76,70	-	2,93	3,00	2,72
S. Gonçalo do Amaran	6.857	5.529	1.328	80,60	-	1,00	3,26	-6,07
Siupé	2.284	1.801	483	78,90	-	-1,09	0,76	-6,58
Umarituba	910	737	173	81,00	-	-3,86	-3,85	-3,89
FLED	426.239	411.422	14.817	96,50	882,92	2,20	2,17	3,04
Aquiraz	8.436	8.436	-	100,00	72,16	2,83	2,83	-
Jacaúna	5.300	5.300	-	100,00	-	1,86	1,86	-
Patacas	3.136	3.136	-	100,00	-	4,60	4,60	-
Beberibe	13.571	3.674	9.897	27,10	103,26	1,12	-0,43	1,73
Parajuru	4.735	2.991	1.744	63,20	-	-2,67	-1,57	-4,41
Sucatinga	8.836	683	8.153	7,70	-	3,57	5,73	3,40
Cascavel	8.780	8.780	-	100,00	442,09	5,15	5,15	-
Caponga	8.780	8.780	-	100,00	-	5,15	5,15	-
S. Gonçalo do Amarante	10.211	5.291	4.920	51,80	250,88	4,23	2,72	6,01
Pecém	6.995	2.937	4.058	42,00	-	5,46	4,41	6,26
Taiba	3.216	2.354	862	73,20	-	1,82	0,82	4,89
Fortaleza	385.241	385.241	-	100,00	7.029,94	2,12	2,12	-
Fortaleza	385.241	385.241	-	100,00	7.029,94	2,12	2,12	-
TOTAL	3.008.162	2.738.415	269.747	91,00	229,19	2,01	2,37	-1,31
FORTALEZA	1.965.513	1.965.513	-	100,00	6.450,86	2,13	2,13	-
CEARÁ	6.809.794	4.713.311	2.096.483	69,21	46,53	1,35	2,52	-1,00

FONTE: IBGE, Contagem da População - 1996; Censo Demográfico Ceará - 1991.



Dentre as bacias estudadas, 54,5% registraram crescimento negativo da população rural, tendo-se verificado maior evasão da população rural no período analisado, na bacia do Choró (-3,55% ao ano). A média das Bacias Metropolitanas indicou, também, uma taxa negativa de -1,31% ao ano. Em termos de crescimento, as bacias do Cauhipe e Malcozinhado foram aquelas que apresentaram maiores taxas de crescimento da população rural, 4,96% e 3,48%, respectivamente.

Em suma, no período de 1991/96, ocorreu não apenas uma diminuição relativa da população rural que passou de 10,6% para 9,0% do total, mas também uma diminuição absoluta de 288.076 habitantes em 1991, para 269.747 habitantes em 1996. Tal fato evidencia não só a incapacidade das áreas rurais da região em manter o agricultor nas atividades do campo, como também, em decorrência do primeiro fato, ressalta o problema de inchaço dos centros urbanos. Estes, em sua maioria, não contam com infra-estrutura suficiente para suportar o grande fluxo de pessoas que demandam suas áreas, na ilusão de encontrar melhores condições de vida, constituindo esse fenômeno um agravante aos problemas sócio-econômicos já enfrentados pelas grandes cidades.

2.2.1.2 – Qualidade de Vida da População

▸ □ Nível de Instrução

Pode-se aferir o nível ou padrão de vida de uma população através de vários indicadores, mas principalmente, pela porcentagem de analfabetos, pelo nível de renda e pelas condições médico-sanitárias, entre outros.

Analisando o nível de instrução da população da região das Bacias Metropolitanas, em 1991, observou-se uma taxa de analfabetismo de 29,2% dentre o total de pessoas maiores de 5 anos. Este índice, comparado com o do Estado do Ceará que foi de 37,7%, mostra-se menos grave, porém ainda demonstra uma situação crítica em termos de educação. Segundo dados do IPEA, em 1991, o Ceará estava enquadrado entre os cinco estados que apresentaram os piores índices de analfabetismo do país, sendo sobrepujado apenas pelos estados de Alagoas (43,9%) e Piauí (44,1%).

Observando-se a taxa de analfabetismo da população dos municípios estudados, segundo os grupos de idade, constata-se que as faixas etárias que atingem menores taxas são as de 30 anos e mais, e de 15 a 24 anos, com 73,2% e 80,0%, respectivamente. Tal fato, demonstra que a população está sendo alfabetizada depois de adulta, quando já consegue financiar seus próprios estudos, após adentrar o mercado de trabalho. A taxa de analfabetismo entre crianças e adolescentes de 11 a 17 anos, no ano de 1996, chegou a atingir para a região estudada, 17,8%, menor que a taxa auferida pelo Estado do Ceará (22,1%). Dentre os municípios da região, o que apresentou maior taxa de analfabetismo nessa faixa etária foi Ibaretama (35,0%), enquanto a menor taxa foi detectada em Fortim (5,4%).

A evasão escolar, com taxas de 13,4% no ensino médio e 10,0% no ensino fundamental, em 1997, encontra-se associada, no meio rural, à falta de adequação entre os calendários escolar e agrícola, à distância escola/residência, à falta de transporte e o seu custo, e aos processos migratórios aos quais estão expostos as famílias. Por outro lado, analisando sob o ponto de vista da qualidade do ensino fornecido, os equipamentos escolares da zona rural, em geral, encontram-se mal distribuídos, apresentando diferenciais



em seus estados físicos e um alto índice de professores sem formação adequadas para o exercício do magistério. Na zona urbana, a necessidade em complementar a renda familiar é o principal motivo da evasão escolar, que se evidencia mais entre os jovens. As taxas de evasão do Estado, mostraram-se mais elevadas que na região das Bacias Metropolitanas, sendo de 14,1% no ensino médio e 11,3% no ensino fundamental.

Quanto às taxas de repetência calculadas para a região estudada, no ano de 1997, estas revelaram-se maiores no ensino fundamental, que atende a faixa etária de 7 a 14 anos de idade, com 11,7%, contra 6,4% no ensino médio (faixa etária de 15 a 18 anos). Para o Estado como um todo, as taxas se equivalem em termos de representatividade, se mostrando, porém, mais elevadas no ensino fundamental (13,2%) e menor no ensino médio (6,2%). As taxas de repetência nos ensinos fundamental e médio, decorrem, principalmente, da ineficácia dos processos de iniciação escolar, da falta de qualificação dos professores, bem como da necessidade da criança e/ou adolescente trabalhar para contribuir com a renda familiar, provocando uma sobrecarga de obrigações para as crianças. Como efeito dessa situação, observa-se uma defasagem entre a idade das crianças e as séries por estas cursadas.

É preciso ressaltar, no entanto, que são as desigualdades sociais que exercem maior influência sobre o nível educacional das crianças e adolescentes, pois os elevados índices de evasão e repetência estão normalmente associados à origem sócio-econômica das famílias.

Quanto ao grau de instrução da população da região, constatou-se que em 1996, dos estudantes com idade superior a 4 anos de idade, 18,3% frequentavam o nível elementar, 67,5% estavam cursando o 1º Grau, 10,3% o 2º Grau e apenas 3,1% tiveram acesso ao ensino superior, inclusive pós-graduação, conforme pode ser visualizado na [Tabela 2.8](#).

► □ Distribuição da Renda

No tocante à distribuição de renda, os dados do Censo de 1991 do IBGE para o conjunto dos municípios estudados confirmam que 67,0% dos chefes de domicílios recebem uma renda mensal inferior a dois salários mínimos, o que comprova o baixo padrão de vida da população residente na região das Bacias Metropolitanas. Obviamente, os chefes de domicílios que compõem o estrato inferior de renda apresentam-se mais representativos na zona rural, o que torna mais agravante a situação, tendo em vista a elevada concentração das terras, a falta de oportunidades de emprego e a precariedade dos serviços básicos.

Verificando a distribuição de renda segundo os municípios, tendo em conta o segmento de chefes de domicílios com renda inferior a dois salários mínimos mensais, observa-se, pela análise do quadro, que os menores percentuais de baixos salários foram percebidos nos municípios de Fortaleza (58,3%), Caucaia (74,8%) e Maracanaú (75,9%), notadamente aqueles municípios que tiveram o maior contingente de População Economicamente Ativa (PEA) empregada nos setores terciário e secundário da economia. A esse respeito, convém destacar que, para a região estudada, o setor da economia que concentra maior contingente da PEA (IBGE,1991) é o setor de comércio e serviços (64,8%), seguindo-se o setor industrial com 25,1%, e por fim, o setor agropecuário, empregando apenas 10,1% da PEA.



Tabela 2.8 - Nível de Instrução da População com mais de 4 Anos de Idade - 1996

Municípios	Total		Ensino Elementar		1º Grau		2º Grau		Superior		Sem Declaração	
	População	%	População	%	População	%	População	%	População	%	População	%
Beberibe	10.924	100,0	2.204	20,2	8.256	75,6	365	3,3	4	0,0	95	0,9
Cascavel	13.758	100,0	3.338	24,3	9.296	67,6	867	6,3	44	0,3	213	1,5
Fortim	3.744	100,0	742	19,8	2.816	75,2	167	4,5	1	0,0	18	0,5
Ibaretama	2.853	100,0	560	19,6	2.155	75,5	88	3,1	8	0,3	42	1,5
Ocara	6.687	100,0	944	14,1	5.421	81,1	289	4,3	12	0,2	21	0,3
Aracoiaba	7.777	100,0	1.610	20,7	5.570	71,6	447	5,7	37	0,5	113	1,5
Aratuba	3.491	100,0	500	14,3	2.840	81,4	110	3,2	8	0,2	33	0,9
Baturité	8.701	100,0	1.440	16,5	6.416	73,7	679	7,8	70	0,8	96	1,1
Barreira	5.257	100,0	910	17,3	3.946	75,1	348	6,6	24	0,5	29	0,6
Capistrano	5.122	100,0	833	16,3	3.853	75,2	331	6,5	13	0,3	92	1,8
Choró	3.169	100,0	797	25,1	2.209	69,7	87	2,7	11	0,3	65	2,1
Chorozinho	4.640	100,0	665	14,3	3.731	80,4	197	4,2	5	0,1	42	0,9
Guaramiranga	1.758	100,0	357	20,3	1.283	73,0	100	5,7	4	0,2	14	0,8
Itapiúna	4.824	100,0	663	13,7	3.890	80,6	238	4,9	18	0,4	15	0,3
Mullungu	2.346	100,0	413	17,6	1.786	76,1	112	4,8	8	0,3	27	1,2
Pacajus	10.733	100,0	2.473	23,0	7.497	69,8	600	5,6	37	0,3	126	1,2
Redenção	6.728	100,0	1.104	16,4	4.809	71,5	410	6,1	22	0,3	383	5,7
Horizonte	7.494	100,0	1.669	22,3	5.400	72,1	356	4,8	14	0,2	55	0,7
Aquiraz	14.519	100,0	3.610	24,9	9.975	68,7	735	5,1	45	0,3	154	1,1
Pindoretama	4.084	100,0	761	18,6	3.050	74,7	243	6,0	7	0,2	23	0,6
Acarape	3.389	100,0	700	20,7	2.382	70,3	213	6,3	5	0,1	89	2,6
Guaiúba	5.174	100,0	1.116	21,6	3.752	72,5	239	4,6	7	0,1	60	1,2
Itatinga	7.921	100,0	2.196	27,7	5.239	66,1	379	4,8	19	0,2	88	1,1
Maranguape	25.662	100,0	3.829	14,9	19.955	77,8	1.605	6,3	99	0,4	174	0,7
Pacoti	3.354	100,0	666	19,9	2.442	72,8	162	4,8	27	0,8	57	1,7
Palmácia	3.090	100,0	569	18,4	2.289	74,1	208	6,7	11	0,4	13	0,4
Eusébio	8.808	100,0	1.877	21,3	6.386	72,5	459	5,2	41	0,5	45	0,5
Fortaleza	613.059	100,0	106.131	17,3	397.732	64,9	77.143	12,6	27.762	4,5	4.291	0,7
Maracanaú	55.957	100,0	11.351	20,3	39.550	70,7	4.573	8,2	216	0,4	267	0,5
Pacatuba	14.958	100,0	3.059	20,5	10.787	72,1	952	6,4	25	0,2	135	0,9
Caucaia	62.145	100,0	13.707	22,1	43.578	70,1	4.142	6,7	344	0,6	374	0,6
S. G. do Amarante	9.442	100,0	1.818	19,3	7.009	74,2	393	4,2	21	0,2	201	2,1
TOTAL	941.568	100,0	172.612	18,3	635.590	67,5	97.237	10,3	28.969	3,1	7.450	0,8
CEARA	2.040.880	100,0	397.686	19,5	1.425.994	69,9	157.720	7,7	37.419	1,8	22.061	1,1

FONTE: IBGE, Contagem da População 1996 - Ceará.



Constata-se, ainda, que para 29 municípios, ou seja, 90,6% do total, o percentual de chefes nesta categoria oscila entre 80,3% e 96,1%. Ressalta-se, entretanto, que os chefes de domicílios que não contavam com rendimentos, cujo percentual para o conjunto dos municípios é de 3,1 %, não foi aqui computado, revelando que o problema de concentração de renda é ainda mais acentuado.

A questão do desemprego vem se agravando fortemente em todo o país ao longo dos últimos anos, refletindo-se seriamente na região estudada. Em Fortaleza, principal centro urbano polarizador da economia da área das Bacias Metropolitanas e do Estado como um todo, foi registrado pelo SINE-CE/IDT um aumento de 13,9% na taxa de desemprego nos cinco primeiros meses do ano corrente. Nesse período, entretanto, foi registrado uma queda de 1,6% no número de desempregados na Capital entre os meses de abril e maio. Essa queda ocorreu devido à contribuição do setor industrial, que aumentou de 16,9%, em abril, para 17,6% em maio, a taxa de absorção de mão-de-obra. Atualmente, o setor serviços ainda é o que absorve mais mão-de-obra em Fortaleza, seguido dos setores do comércio e da indústria de transformação. É esperado para o segundo semestre mais quedas nas taxas de desemprego, face o aumento do nível de consumo proporcionado por festas e eventos que normalmente ocorrem nesse período, e ao aumento no fluxo de turistas. A perspectiva de que os juros continuem caindo, também favorece a queda no número de desempregados na Capital do Estado.

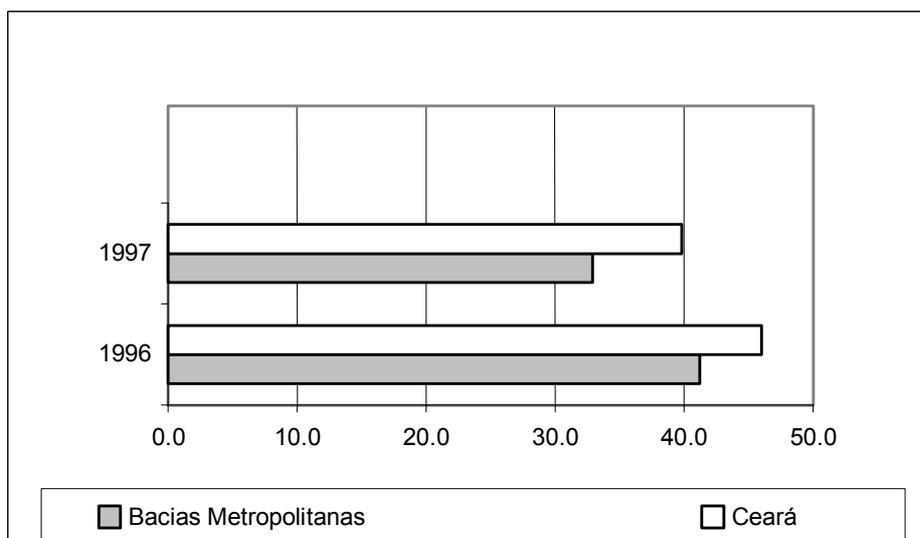
▸ **Condições Médico-Sanitárias**

Outro elemento importante para se aferir a qualidade de vida de uma população refere-se às suas condições de saúde. A mortalidade infantil, expressa pelo número de crianças que morrem antes de terem completado o primeiro ano de idade, apresenta-se relativamente elevada na área das Bacias Metropolitanas, tendo sido registrado uma taxa de 32,9 ‰ em 1997, menor que a TMI registrada para o Estado do Ceará que foi de 39,8 ‰. Tais índices tem mostrado decréscimo nos últimos anos, como pode-se observar pelas taxas registradas em 1996, que foram de 41,2 ‰, para as Bacias Metropolitanas e 46,0 ‰ para o Estado (Figura 2.4). Dentre os fatores que concorrem para a queda dos índices de mortalidade infantil citam-se: a orientação dos agentes comunitários de saúde; o incentivo ao aleitamento materno; o manejo adequado das diarreias e infecções respiratórias; o aumento da cobertura vacinal para doenças imuno-preveníveis.

Deve-se ressaltar que as Taxas de Mortalidade Infantil citadas podem apresentar valores mais elevados em decorrência do método utilizado para calcular a TMI por município, que para ser confiável é preciso dispor de pelo menos, doze meses de dados acumulados e que o município tenha, no mínimo, 500 crianças nascidas vivas no período. Tal fato ocorreu em 65,6% dos municípios estudados, ou seja, para 21 municípios a TMI não foi possível ser calculada, sob o risco de ocorrer distorções.



Figura 2.4 – Taxa de Mortalidade Infantil 1996/1997



FONTE: IPLANCE, Anuário Estatístico do Ceará - 1997. Tomo 1, 1998.

A relação número de leitos hospitalares por habitantes, também serve como indicador sanitário. Para a região das Bacias Metropolitanas esta relação apresenta-se um pouco deficitária, sendo igual a um leito para cada 378 habitantes. Mesmo Fortaleza, que representa o grande centro médico-hospitalar do Estado, para o qual converge os habitantes dos municípios interioranos, apresenta uma relação leito/habitante elevada, em torno de 1:310, sem levar em consideração o contingente interiorano que diariamente busca assistência médica na capital. Como resultado, observa-se um sobrecarregamento da infraestrutura do setor saúde deste município, fazendo com que o atendimento não seja adequadamente satisfatório. A nível dos municípios, com exceção de Fortaleza, foram constatados índices de 1:234 em Redenção, até 1:2004 em Chorozinho.

2.2.2 – SERVIÇOS BÁSICOS DE ÁGUA E ESGOTO

2.2.2.1 – Abastecimento de Água

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SDU), é o principal órgão responsável pelas ações de saneamento básico em termos de abastecimento d'água no território das Bacias Metropolitanas.

Atualmente, na região em estudo, estão sendo atendidas com sistema de abastecimento d'água 29 sedes municipais e 4 distritos, totalizando assim, 33 localidades com sistema de abastecimento d'água, dos quais 97,0% são operados pela CAGECE e 3,0%, o correspondente a apenas uma sede municipal, tem como órgão operador o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) em convênio com a prefeitura e apoio técnico da Fundação Nacional de Saúde (FNS). Foram identificadas três sedes municipais sem sistema de abastecimento d'água, mas que já contam com obras de implantação do sistema em andamento: é o caso de Eusébio, Ocara e Ibareta. Também conta com obras de ampliação do sistema de abastecimento d'água em andamento, a localidade de Pecém, distrito de São Gonçalo do Amarante.

Ressalte-se, contudo, que este aparente bom nível de cobertura diz respeito somente ao número de localidades: na realidade, em parte os sistemas só atendem uma parcela da



cidade, resultando ser bastante diferente o nível de cobertura quando o parâmetro utilizado é a população urbana.

O Programa de Desenvolvimento do Nordeste (PRODETUR/NE), que objetiva incrementar a indústria do turismo na região nordeste com ações de infra-estrutura básica de serviços públicos, contempla com projeto executivo de abastecimento d'água as localidades de Iparana, Pacheco, Icarai, Tabuba, Cumbuco I e II, todas localizadas no município de Caucaia. Além dessas localidades, está também previsto, o suprimento d'água para o Complexo Industrial/Portuário do Pecém, já em execução.

O suprimento hídrico do Sistema Oeste, no qual estão inseridos, o Porto do Pecém e as comunidades da Costa Oeste, se fará em parte através de açudes existentes e a serem construídos, bem como mediante exploração de reservas subterrâneas dos aquíferos Dunas e Barreiras, e lagoas interdunares (Lagoa do Banana e Parnamirim). Frise-se, contudo, que tais reservas, tanto superficiais como subterrâneas, não têm capacidade de suprir adequadamente a demanda local programada, mesmo que para o próximo cenário de 5 a 10 anos.

O sistema hídrico previsto para suprir a demanda d'água da região oeste, incluindo o Complexo Industrial - Portuário do Pecém deverá ser implantado em três etapas: a primeira etapa corresponde ao sistema básico Canal Sítios Novos - Pecém/adutora; a segunda a implantação do Canal Principal de Integração, que se inicia no canal Sítios Novos - Pecém e vai até a derivação para a adutora de água bruta que abastecerá parcialmente o sistema adutor das praias oeste, através de reservas subterrâneas; finalmente a terceira etapa constará da implantação das obras de interligação entre os sistemas de suprimento d'água do Complexo Industrial/Portuário do Pecém, da região litorânea alvo do PRODETUR, da Região Metropolitana de Fortaleza (açudes Pacoti/Riachão/Gavião) e das vazões a serem liberadas pelo açude Castanhão (em construção), através do eixo Sertão Central/Metropolitanas, do Programa PROGERIRH.

Quanto à fonte hídrica dos sistemas de abastecimento d'água existentes na área das Bacias Metropolitanas, 66,7% destes utilizam mananciais de superfície (açudes, lagoas, canal de interligação ou fontes), 24,2% adotam o uso de águas subterrâneas (poços) e 9,1% utilizam dois tipos de fontes de suprimento hídrico (açude e poço ou fonte e poço).

Com relação ao tipo de tratamento dado à água, este vai da simples filtração rápida até métodos mais complexos, conforme a necessidade local. Nos municípios não atendidos com abastecimento d'água, a população faz uso de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, utilizando, quando muito, o hipoclorito para tratamento da água destinada ao consumo.

Ainda que a muito grave situação do sistema de abastecimento de Fortaleza vá ser marcadamente enfocada, não só em vários capítulos deste relatório, mas em especial em relatórios específicos do presente Plano de Gerenciamento, vale a pena ressaltar, desde logo, que tal sistema requer intervenções urgentes como forma de atender às demandas, não só as hoje sem adequado suprimento que estão aumentando excessivamente em face, principalmente, da implantação de grandes empreendimentos, a exemplo do Complexo Industrial - Portuário do Pecém, ora em construção. Nesse contexto, algumas intervenções são consideradas absolutamente prioritárias como é o caso da redefinição de mananciais principalmente pela transposição de águas da bacia do Rio Jaguaribe através do açude Castanhão, em fase de implantação; e da ampliação da Estação de Abastecimento D'água do Gavião (ETA - Gavião), que opera hoje com uma sobrecarga nominal de mais de 1



m³/s. Além do mais a muito curto prazo, necessita-se urgentemente da recuperação e melhoria do Canal do Trabalhador, a fim de que possa aduzir a vazão inicialmente projetada de cerca de 5,0 a 6,0 m³/s.

A situação atual dos sistemas de abastecimento d'água existentes na região das Bacias Metropolitanas, segundo as informações oficiais da CAGECE e FNS, encontra-se apresentado sucintamente na [Tabela 2.9](#) por sede municipal e localidade, informando dados referentes ao número de economias ativas, população abastecida, fonte hídrica e tipo de tratamento dado à água. Estas informações também podem ser visualizadas no [Mapa 2.10](#) que apresenta a citada infra-estrutura de saneamento básico.

A análise da referida tabela permite observar que a infra-estrutura de abastecimento d'água nas Bacias Metropolitanas ainda está aquém das necessidades das suas populações, apresentando 25,0% das localidades com sistema de abastecimento revelando índice de cobertura inferior a 50,0%. Apesar da maioria das cidades e distritos contar com índice de cobertura maior que 50,0%, o equivalente a 75,0% das localidades estudadas, os sistemas de abastecimento d'água em operação requerem melhorias que envolvem, desde a substituição de materiais, equipamentos, tubulações, ampliações das diversas unidades dos sistemas, introdução de novas tecnologias de controle de perdas e de tratamento d'água, tratamento das águas residuárias da lavagem dos filtros das ETA's, até a automação dos sistemas.

Em algumas cidades os dados mostram que a população abastecida é superior à população urbana, ficando o índice de atendimento maior que 100,0%. Nesses casos, considera-se que a área urbana delimitada pelo IBGE, com o tempo, é ultrapassada pela necessidade de extensão da rede de distribuição e conseqüente aumento na população abastecida, sendo então incorporado ao cadastro técnico da empresa operadora como área urbana.

Observe-se, novamente, que tal tema será mais apropriadamente retomado em fases posteriores do presente Plano.

2.2.2.2 – Esgotamento Sanitário

A grande deficiência no setor de saneamento básico do conjunto das Bacias Metropolitanas, a exemplo do que ocorre no estado do Ceará como um todo, se registra a nível de atendimento público do sistema de esgotamento sanitário. Com efeito, segundo dados publicados pelo IBGE no Censo Demográfico de 1991, apenas 13,1% dos domicílios inseridos nos limites das Bacias Metropolitanas são atendidos por rede geral de esgotos, sendo que a maioria das ligações encontra-se concentradas nos municípios de Fortaleza, Maracanaú e Caucaia (Tabela 2.10). O [Mapa 2.10](#) apresenta, para o ano de 1991, a distribuição da infra-estrutura de esgotamento sanitário nas Bacias Metropolitanas.

Atualmente a CAGECE opera o sistema de esgotos de cinco sedes municipais na região das Bacias Metropolitanas (Guaramiranga, Pacoti, Caucaia, Maracanaú e Fortaleza), o qual alcança um índice de atendimento de 34,4% da população urbana da região estudada. Este atendimento se dá pela coleta de esgotos sanitários de 232.710 economias nas diversas classes de consumidores. Quanto ao tipo de tratamento dado aos efluentes sanitários, a CAGECE opera cinco estações de tratamento das quais, 60,0% adotam o uso de lagoas de estabilização e 40,0% usam decanto digestor (Tabela 2.10 e [Mapa 2.10](#)).



Tabela 2.9 - Características dos Sistemas de Abastecimento D'Água Existentes

Cidade/Localidade	População (1999)		Índice de Cobertura (%)	Nº de Economias Ativas (un)	Volume Produzido no Ano de 1999 (M³)	Fonte Hídrica	Tipo de Tratamento
	Urbana (hab)	Abastecida (hab)					
Acarape	6.961	5.518	79,3	1.095	24.600,91	Acúde Acarape do Meio	3
Aquiraz	21.929	4.704	21,4	883	26.132,70	Lagoa Catu	5
Aracoiaba	6.347	4.736	74,6	786	16.068,43	Poços	11
Aratuba	2.064	2.143	103,8 (*)	516	7.076,27	Poços e Fonte	11
Barreira	5.109	5.637	110,3 (*)	1.239	7.648,15	Acúde Acarape do Meio	5
Baturité	20.115	18.582	92,4	3.758	104.016,84	Acúde Tijuquinha	1
Beberibe	5.294	3.597	67,9	664	14.349,50	Lagoa Uberaba	8
Capistrano	5.168	4.715	91,2	877	22.409,33	Acúde Cassaco e Teimoso	11
Cascavel	28.423	6.563	23,2	1.311	25.380,33	Poços	11
Caponga (Cascavel)	10.207	4.877	47,8	778	17.270,93	Poços	11
Caucaia	97.036	47.538	49,0	9.435	262.104,83	Sistema Gavião	1
Choró	2.185	2.072	94,8	501	10.719,09	Acúde Pompeu Sobrinho	2
Chorozinho	6.341	2.547	40,2	596	6.153,35	Acúde Pacoti	5
Fortaleza	2.094.008	2.304.770	110,1 (*)	497.658	13.535.017,83	Sistema Gavião	1
Guaiúba	8.328	7.686	92,3	1.582	47.237,72	Acúde Acarape do Meio	5
Guaramiranga	878	1.371	156,2 (*)	305	5.382,52	Poços	12
Horizonte	16.774	528	3,1	128	22.014,71	Acúde Pacoti e Poços	6
Italinga	14.237	8.724	61,3	1.801	44.759,08	Canal de Interligação Riachão/Gavião	5
Itapiluna	3.553	3.284	92,4	710	29.630,91	Acúdes Curupaiti e Castro	5
Itans (Itapiluna)	685	633	92,4	125	2.973,50	Acúde Curupaiti	11
Maracanaú	132.762	22.466	16,9	3.805	672.094,00	Sistema Gavião	1
Maraguape	49.002	39.118	79,8	7.921	163.370,75	Acúde Acarape do Meio	5
Mulungu	4.030	3.139	77,9	728	13.743,09	Poços	5
Pacajus	30.506	12.115	39,7	2.489	66.863,67	Acúde Pacoti e Poços	6
Pacatuba	8.386	9.390	112 (*)	1.892	45.144,00	Acúde Acarape do Meio	7
Pacoti	2.232	2.124	95,2	386	5.985,42	Poços	4
Palmácia	3.489	3.084	88,4	647	7.538,35	Fonte	11
Pindoretama	5.407	4.266	78,9	1.119	7.538,35	Lagoa Tapulo	9
Redenção	6.958	4.980	71,7	1.110	24.856,83	Acúde Acarape do Meio	10
São Gonçalo do Amarante	6.088	4.508	74,0	1.035	12.835,31	Poços	11
Groatá (S.G. do Amarante)	4.887	3.960	81,0	788	13.142,37	Poços	5
Pecém (S.G. do Amarante)	3.347	2.646	79,0	489	17.796,78	Lagoa do Pecém	5
TOTAL	2.612.736	2.552.051	97,7	547.157	15.276.317,50	-	-

FONTE: CAGECE/FNS, 1999.

(*) Esses índices superiores a 100%, bem como outros muito elevados, decorrem da discordância entre a área urbana oficial, delimitada pelo IBGE, e aquela real que ultrapassa esta demarcação.

TIPOS DE TRATAMENTO

- 1 - ETA Convencional
- 2 - ETA Convencional Compacta com Desalinizador
- 3 - ETA Convencional Compacta Modular
- 4 - ETA Convencional Compacta Modular com Aerador e Clarificador de Contato
- 5 - ETA Convencional Compacta Modular com Clarificador de Contato
- 6 - ETA Convencional Compacta Modular com Clarificador de Contato e Simples Desinfecção nos Poços
- 7 - ETA Convencional Compacta Modular com Decantador de Resaproveitamento de Lodo
- 8 - ETA Convencional Compacta Modular com Filtro de Pressão
- 9 - Filtração Ascendente mais Cloração
- 10 - Filtro Rápido
- 11 - Simples Desinfecção nos Poços
- 12 - Simples Desinfecção nos Poços



Tabela 2.10 - Características dos Sistemas de Esgotamento Sanitário Existentes

Cidade	População Atendida (hab)	Nº de Economias Ativas (un)	Tipo de Tratamento	Volume Coletado (m³)
Caucaia	5.982	1.261	Lagoa de Estabilização	19.951
Fortaleza	934.458	230.816	ETE e Lagoa de Estabilização	4.607.683
Guaramiranga	316	70	Decanto Digestor	1.126
Maracanaú	1.668	360	Lagoa de Estabilização	8.048
Pacoti	888	203	Decanto Digestor	2.838
Total	943.312	232.710	-	4.639.646

FONTE: CAGECE, Boletim Informativo 1999.

Tendo em vista a região das Bacias Metropolitanas concentrar a principal área urbana e industrial do Estado, convém discorrer algum relato sobre a situação atual do esgotamento e as obras projetadas para a área, em especial a Região Metropolitana de Fortaleza, no município de Fortaleza, a superfície esgotável é de, aproximadamente, 25.710 ha distribuídos em três bacias: Vertente Marítima (Bacia A), com 3.074 ha; Rio Cocó (Bacia B), com 15.476 ha; e Rio Maranguapinho (Bacia C), com 7.159 ha. O sistema antigo, com extensão total de rede coletora de 327 km, atende aos bairros da Aldeota, Meireles, Praia de Iracema e Centro, abrangendo cerca de 47,0% da área da Bacia Vertente Marítima e beneficiando uma população de quase 260 mil habitantes, equivalendo a um índice de atendimento de 14,76%. Além deste, outros sistemas isolados atendem à população de 13 bairros, totalizando, conforme dados da CAGECE, 585,58 km de rede coletora de esgoto. Contam ainda com sistema de esgotamento, os bairros de Mucuripe, Papicú, Varjota, Cais do Porto e Vicente Pinzon, executados através do PROSEGE.

Encontra-se em implantação as obras do Sistema de Esgotamento Sanitário de Fortaleza (SANEAR), com previsão de atendimento de 865,7 mil habitantes, extensão total de 972 km de rede geral e 126,1 mil ligações domiciliares atendendo a 157,7 mil economias. Do sistema proposto, já foram executados cerca de 959,5 mil metros de rede coletora, correspondendo a 98,68% do total, e 125.118 ligações domiciliares (99,2% do total contratado), das quais 91.824 já foram liberadas para operação. Nessa área contemplada pelo SANEAR, cerca de 40,0% tem atendimento com esgotamento sanitário de 100,0%, outros 40,0% tem atendimento de 94,3% até 15,0% e 20,0% dessa área ainda não dispõe de obras executadas, não tendo sido atendidas com esgotamento sanitário. A [Figura 2.5](#) apresenta, além das bacias de esgotamento da cidade de Fortaleza, o lay out geral dos sistemas existentes bem como as principais características dos mesmos, incluindo as extensões das redes coletoras, coletores tronco, interceptores e emissários para cada sub-bacia.

O sistema de esgotamento sanitário da cidade de Maracanaú conta com projeto a ser implantado na área da cidade ainda sem cobertura desse serviço. O horizonte do projeto é o ano 2018, quando é previsto uma população atendida da ordem de 36,47 mil habitantes nas seis sub-bacias beneficiadas. A área abrangida pelo projeto totaliza 189 ha, e o sistema previsto tem a sub-bacia 04 interligada à rede coletora do conjunto Jereissati. As demais bacias terão seus efluentes convergindo para uma ETE com lagoas de estabilização, cujo corpo receptor dos efluentes tratados será o rio Siqueira.

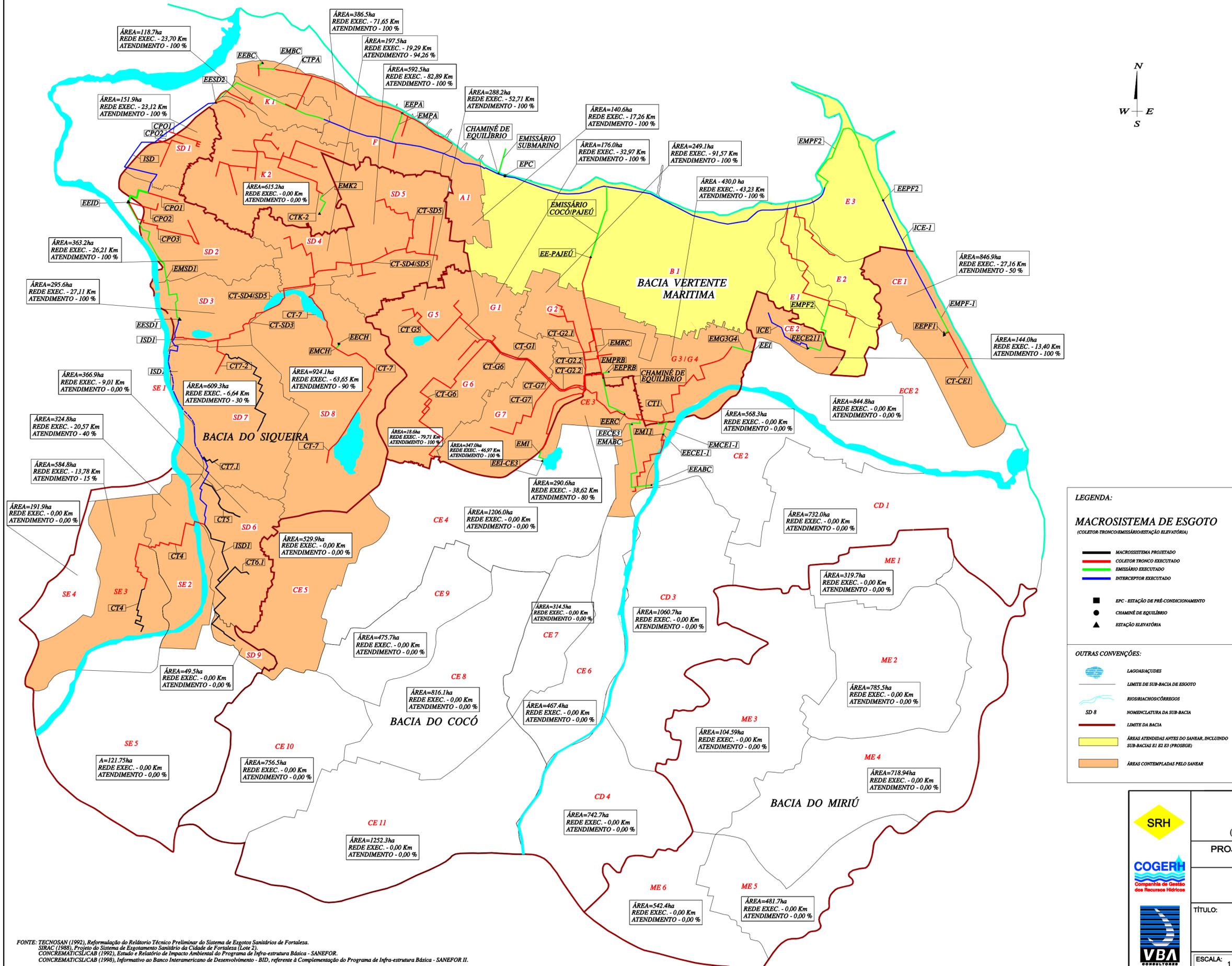
CARACTERÍSTICAS DO MACROSISTEMA - SANEAR

Sub-Bacia	Nome	Coletores Tronco		
		Extensão (m)		
		Prevista	Executada	%
F	CTPA	4.447,47	4.444,47	99,93
K2	CT-K2	4.975,71	4.930,91	99,10
SD-1/SD2	CT-SD1/SD2	433,86	433,86	100,00
SD-3	CT-SD3	2.435,41	2.435,41	100,00
SD-4	CT-SD4/SD5	4.203,32	4.230,53	100,65
SD-7	CT-7.2	455,20	455,20	100,00
	CT-7.1/CT8	245,31	245,31	100,00
SD-8	CT-7 SD8	4.857,20	4.857,20	100,00
SE-2	CT-4	3.141,00	3.123,67	99,45
G-2.2	CT-2	967,33	967,33	100,00
SD2	CP-3	1.861,76	1.861,76	100,00
TOTAL		28.023,57	27.985,65	

Sub-Bacia	Nome	Interceptores		
		Extensão (m)		
		Prevista	Executada	%
F	IO	3.742,42	3.693,58	98,69
B1	IL	571,60	571,60	100,00
CE-2	ICE-CE2	1.491,70	1.491,72	100,00
SD-1	ISD	2.588,05	2.588,05	100,00
SD-2	ISD	575,80	575,80	100,00
SD7/SD3	ISD-1	4.992,44	3.505,97	70,23
TOTAL		13.962,01	12.426,72	

Sub-Bacia	Nome	Emissários		
		Extensão (m)		
		Prevista	Executada	%
K1	EM-SD2	2.637,12	2.637,12	100,00
G3/G4	EM-ERC	1.496,40	1.496,00	99,97
CE-3	EMI-CE3	324,61	324,61	100,00
	EMII-CE3	241,69	241,69	100,00
	EM-CE1/1	298,14	298,14	100,00
K-2	EM-ABC CE3	1.630,27	1.630,27	100,00
	EM-K2	485,00	487,58	100,53
G-6	EM-SD2	3.497,00	3.524,94	100,80
SD-8	EM-G6	200,00	0,00	0,00
SD-8	EM-RCHILE	22,00	22,00	100,00
G2-2	EM-PRB	271,00	271,00	100,00
CE-2	EM-CE2/1	1.446,10	1.446,10	100,00
SD-2	EM-ID	520,00	520,00	100,00
F	EM-BC	460,00	460,00	100,00
TOTAL		13.529,33	13.359,45	

Est. Elevatória	Vazão (l/s)	Hm (mca)	Potência Instalada (KVA)	BOMBA	
				Qtd. (un)	Potência Unitária dos Motores (CV)
EBCA	105,0	24,8	225	2	100
EERC	875	35	2030	2+1	300
EEPF-1	101	15,5	75	2+1	20
EEPF-2	274	16	112	2+1	50
EE-1	27	13,21	BT	1+1	25
EEL-CE3	24	16,5	BT	1+1	16,5
EELI-CE3	40	14,3	BT	1+1	5,5
EE CE 1/1	70	19,6	112	2+1	30
EE CE 2/1	170	21,8	500	2	75
EPC	4800	14,4	4600	6+2	400
ESD-1	1251	23,8	1000	3+1	200
ESD-2	1620	27,3	1500	2+1	450
EE ABC	15	27,67	BT	1+1	10
EE BC	15,4	11,3	BT	1+1	5
EE ILHA DOURADA	110	24,1	75	2+1	30
EE PRB	15,7	5,91	BT	1+1	5
EE R CHILE	41	2,67	BT	1+1	5
EE-K2	25	10	BT	1+1	7,5



LEGENDA:

MACROSSISTEMA DE ESGOTO
(COLETORES TRONCO, EMISSÁRIOS, ESTAÇÃO ELEVATÓRIA)

- MACROSSISTEMA PROJETADO
- COLETORES TRONCO EXECUTADO
- EMISSÁRIO EXECUTADO
- INTERCEPTOR EXECUTADO

OUTRAS CONVENÇÕES:

- EPC - ESTAÇÃO DE PRÉ-CONDICIONAMENTO
- CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO
- ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
- LAGOAS SAZONÁVEIS
- LIMITE DE SUB-BACIA DE ESGOTO
- RIOS/RIACHOS/CORRIGOS
- SD 8 - NOMENCLATURA DA SUB-BACIA
- LIMITE DA BACIA
- ÁREAS ATENDIDAS ANTES DO SANEAR, INCLUINDO SUB-BACIAS B1 B2 B3 (PROSBER)
- ÁREAS CONTEMPLADAS PELO SANEAR



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH
COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - COGERH
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO DOS RECURSOS HÍDRICOS - PROURB

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS

TÍTULO: **Figura 2.5**
MUNICÍPIO DE FORTALEZA
BACIAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

ESCALA: 1 / 50.000 DATA: NOVEMBRO/99 CONTRATO: 032/97 PRANCHA: -

FONTE: TECNOSAN (1992), Reformulação do Relatório Técnico Preliminar do Sistema de Esgotos Sanitários de Fortaleza. SIRAC (1988), Projeto do Sistema de Esgotamento Sanitário da Cidade de Fortaleza (Lote 2). CONCREMAT/CSLICAB (1998), Estudo e Relatório de Impacto Ambiental do Programa de Infra-estrutura Básica - SANEFOR. CONCREMAT/CSLICAB (1998), Informativo ao Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID, referente à Complementação do Programa de Infra-estrutura Básica - SANEFOR II.



A cidade de Caucaia dispõe de sistema de esgotamento sanitário, ainda que parcial, estando previstos projetos de ampliação da rede na sua área central, contemplando os bairros de Soledade (PRODETUR), Centro e Itambé (PROSEGE) e também no bairro de Jurema, contemplando o Parque Potira e o Parque Albano, no âmbito do programa PROSANEAR. Atualmente, encontra-se em fase de implantação o sistema de esgotamento dos bairros Marechal Rondon e Parque Guadalajara através do PROSANEAR, com previsão de atendimento final de 27,4 mil habitantes. O tipo de tratamento projetado é lagoa de estabilização, tendo como corpo receptor dos efluentes tratados um tributário do rio Ceará.

Foi elaborado recentemente o Projeto Executivo de Abastecimento d'Água e Esgotamento Sanitário das Praias Oeste, através do PRODETUR, que contempla as praias de Iparana, Pacheco, Icaraí, Tabuba e Cumbuco, no município de Caucaia, beneficiando uma população final de 285.250 habitantes no ano 2018. O sistema de esgotamento sanitário projetado para as Praias Oeste prevê a divisão da área em seis bacias de esgotamento. O fluxo dos efluentes brutos convergem e são recalçados para a torre de equilíbrio situada na bacia do Icaraí, sendo daí conduzidos gravitariamente através de um emissário com 4.840 m de extensão até a ETE, que será construído um sistema de lagoas de estabilização. Esse emissário de esgoto bruto receberá ainda os esgotos provenientes dos bairros Itambé, Centro e Soledade, da cidade de Caucaia, com projetos a implantar. Os efluentes tratados serão recalçados até o rio Ceará a partir de uma estação elevatória, sendo conduzidos por um emissário de 5.250 km.

A infra-estrutura de esgotamento sanitário no município de São Gonçalo do Amarante, alvo de investimentos como a implementação do Complexo Industrial-Portuário do Pecém, encontra-se com obras em implantação na sede e na área do Porto e adjacências (localidades de Pecém e Taíba).

O Complexo Industrial-Portuário do Pecém contará com sistema de esgotamento sanitário que prevê a divisão da área em quatro bacias. A primeira, e mais importante do ponto de vista de produção de efluentes, abrange as áreas onde serão implantadas as indústrias do pólo metalmecânico, a siderúrgica, a refinaria, a termelétrica e as distribuidoras de derivados de petróleo. A segunda abrange a localidade do Pecém e áreas adjacentes, consideradas de expansão urbana. A terceira, por sua vez, é constituída pelo setor do porto, onde se localizam os armazéns, galpões e escritórios, e a quarta, é formada pelas sub-bacias independentes da Taíba e da Nova Taíba. As bacias se interligam através de coletores troncos e quatro estações elevatórias cujos efluentes convergirão para a EE Principal que recalcará parte dos esgotos produzidos pelas Bacias 1 e 2 diretamente na chaminé de equilíbrio, situada próxima à plataforma da ponte e onde se iniciará o emissário submarino, que terá extensão total de 1,94 km. A rede coletora é dupla, separando os efluentes domésticos dos industriais.

No que concerne aos efluentes da segunda bacia, em cuja área serão instaladas as indústrias, convém ressaltar que as mesmas, antes de lançarem seus efluentes na rede coletora do Complexo Industrial-Portuário do Pecém, devem efetuar um tratamento prévio procedendo a retirada de material sólido, óleos, compostos químicos e outros resíduos agressivos ao meio ambiente. Além disso, águas residuárias com temperatura elevadas (maior de 40°C) devem ser submetidas a resfriamento antes de serem lançadas na rede coletora, conforme exigido pela SEMACE. O destino final dos efluentes industriais será o emissário submarino, ora em fase de elaboração de projeto executivo.



A bacia 3 terá seus efluentes lançados diretamente na chaminé de equilíbrio através de uma estação elevatória. A bacia 4 terá esgotamento sanitário independente das demais, contando com ETE do tipo lagoa de estabilização, com capacidade total de suportar efluentes gerados por uma população máxima de 60 mil habitantes.

As cidades de Maranguape, Cascavel e Eusébio não contam com sistemas de esgotamento sanitário, porém já apresentam projetos propostos através dos programas PROSANEAMENTO, PMSS e PASS/BID. Quanto às cidades de Aquiraz, Guaiúba, Itaitinga e Pacatuba estão sendo contempladas com sistema de esgotamento sanitário pelo programa PROSANEAMENTO, contando, inclusive, com obras de implantação em andamento.

2.2.3 – ATIVIDADES ECONÔMICAS

2.2.3.1 - Setor Agropecuário

▸ **Atividades Agrícola, Pecuária e Pesca**

Na abordagem dos aspectos econômicos referentes à região das Bacias Metropolitanas foram analisados os dados pertinentes aos municípios como um todo, não tendo sido possível a caracterização por bacia, uma vez que as áreas de alguns municípios pertencem a mais de uma bacia hidrográfica, inviabilizando a divisão das informações, e também, pela inexistência de dados para os distritos. Assim, buscando uma caracterização o mais próximo possível da realidade, foram eliminados alguns municípios que apresentavam pequeno percentual de área na região estudada, não tendo representatividade para a mesma.

De acordo com dados extraídos do Anuário Estatístico do Ceará - 1997, publicado pelo IPLANCE, dentre a população economicamente ativa, 10,1% encontrava-se vinculada ao setor primário, demonstrando a pequena representatividade desse setor na economia da região das Bacias Metropolitanas.

Em 1995, conforme estatísticas do IPLANCE, no setor agrícola das Bacias Metropolitanas se destacavam com maior percentual de área plantada as culturas da castanha de caju, feijão, milho, mandioca, banana, arroz e cana-de-açúcar; a área cultivada com castanha de caju na região chegou a representar 29,0% da área total cultivada no estado com essa cultura, já a área cultivada com banana, menos expressiva na região, chegou a representar 44,4% do total do Estado. Os municípios de Beberibe, Chorozinho e Pacajus, na bacia do Choró, foram os que apresentaram maior percentual de área cultivada com castanha de caju na região, perfazendo 20,5%, 17,3% e 16,4%, respectivamente.

No que se refere ao valor da produção, as culturas da cana-de-açúcar, banana, feijão, castanha de caju, coco-da-baía, mandioca, milho e arroz, foram as mais importantes. Em destaque aparecem as culturas da cana-de-açúcar e banana, chegando a representar, respectivamente, 40,6% e 46,5% do valor total da produção dessas culturas no Estado. Se destacaram como maiores produtores regionais de banana os municípios de Maranguape e Palmácia ([Tabela 2.11](#)).



Tabela 2.11 - Área Colhida, Produção e Valor da Produção Agrícola - 1995

Municípios	Algodão Arbóreo			Algodão Herbáceo			Arroz			Banana			Cana-de-Açúcar		
	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Valor (R\$ 1.000)	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Valor (R\$ 1.000)	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Valor (R\$ 1.000)	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Valor (R\$ 1.000)	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Valor (R\$ 1.000)
Beberibe	-	-	-	100	35	16	-	-	-	10	11	25	50	1.100	66
Cascavel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	11	28	2.000	100.000	3.830
Fortim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ibaretama	130	25	11	1.600	560	263	20	32	5	5	5	7	-	-	-
Ocara	-	-	-	200	36	17	50	60	13	5	4	8	50	1.750	43
Aracoiaba	25	10	4	250	130	64	790	948	119	6	5	3	40	1.480	21
Aratuba	-	-	-	8	4	1	12	14	1	600	480	318	90	3.330	48
Baturité	4	2	0	476	25	12	476	771	94	775	582	373	160	6.400	93
Barreira	-	-	-	50	10	4	60	72	14	30	20	35	70	2.100	50
Capistrano	20	8	3	200	140	68	294	347	43	160	120	82	25	950	12
Choró	350	70	32	1.260	504	236	10	16	2	-	-	-	1	32	1
Chorozinho	-	-	-	20	4	1	10	10	3	2	1	1	100	3.200	64
Guaramiranga	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.270	917	617	80	2.880	43
Itapiúna	20	8	3	220	154	74	238	274	34	15	12	8	30	1.080	15
Mulungu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	860	688	463	80	2.880	42
Pacajus	-	-	-	-	-	-	6	6	1	10	5	12	20	840	16
Redenção	18	7	3	55	44	21	1.370	1.781	220	2.240	1.568	2.665	800	32.000	448
Horizonte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	800	16
Aquiraz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	14	36	800	40.000	600
Pindoretama	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	5	750	45.000	675
Acarape	-	-	-	18	10	4	240	294	35	65	47	32	720	28.800	420
Guatuba	500	75	44	400	280	166	1.400	2.520	945	1.500	900	1.755	840	42.000	1.890
Itaitinga	40	6	3	40	28	15	330	594	222	30	18	25	190	9.500	570
Maranguape	600	90	53	2.000	1.400	830	4.000	7.200	2.664	3.200	2.304	4.527	1.400	84.000	3.696
Pacoti	-	-	-	-	-	-	1.260	1.512	190	2.200	1.650	1.110	310	11.780	173
Palmácia	50	7	4	95	66	42	3.300	8.250	1.072	3.480	2.262	4.071	750	45.000	675
Eusébio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	2	50	2.500	35
Fortaleza	-	-	-	-	-	-	5	5	1	42	42	60	16	500	30
Maracaná	100	16	9	130	91	53	220	396	145	50	35	68	560	33.600	1.478
Pacatuba	110	16	9	330	231	136	850	1.530	566	1.350	810	1.587	500	26.000	1.144
Caucaia	800	160	77	50	30	14	80	80	24	900	720	835	780	32.760	1.202
S. Gonçalo do Amarante	200	40	19	250	150	72	100	110	32	-	-	-	1.450	72.500	2.715
TOTAL	2.967	540	274	7.314	3.932	2.109	15.121	26.822	6.445	18.849	13.234	18.758	12.732	634.768	20.111
CEARA	54.844	6.430	2.882	66.697	30.531	14.066	77.444	197.920	40.664	42.486	31.383	40.376	43.456	2.029.036	49.532

FONTE: IPLANCE, Anuário Estatístico do Ceará - 1997, Tomo 2, 1998.



Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas



Municípios	Castanha de Caju			Coco-da-Baía			Feijão			Mandioca			Milho		
	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Valor (R\$ 1.000)	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Valor (R\$ 1.000)	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Valor (R\$ 1.000)	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Valor (R\$ 1.000)	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Valor (R\$ 1.000)
Beberibe	19.800	4.752	2.055	1.000	2.500	861	2.500	625	206	5.000	30.000	1.179	1.800	378	56
Cascavel	10.234	3.500	1.314	740	3.330	832	2.500	668	330	2.500	21.000	645	1.000	400	71
Fortim	4.000	880	365	1.500	3.450	1.198	1.000	250	230	1.000	6.000	234	800	168	25
Ibaretama	900	198	73	5	22	4	3.200	1.280	448	100	1.000	100	3.200	2.560	460
Ocara	5.823	1.630	652	8	36	7	600	84	75	1.200	12.000	1.200	2.000	600	150
Aracoiaba	2.100	546	212	12	60	14	3.770	844	465	1.450	11.600	371	4.070	4.374	813
Aratuba	15	4	1	-	-	-	385	81	45	190	1.615	51	720	648	125
Baturité	1.000	270	105	10	46	11	766	196	108	280	2.520	75	1.510	1.495	288
Barreira	7.480	1.975	750	29	145	29	1.600	434	399	1.400	14.000	420	840	336	84
Capistrano	340	85	33	15	72	17	5.158	1.159	641	350	2.800	86	6.670	6.670	1.260
Choró	-	-	-	2	9	1	2.500	1.000	350	30	300	30	2.500	2.000	300
Chorozinho	16.700	5.010	1.903	5	23	4	1.500	390	358	300	3.000	90	1.000	300	75
Guaramiranga	2	1	0	-	-	-	40	9	5	4	28	0	78	76	14
Itapiúna	260	78	29	14	66	15	3.988	905	533	380	3.420	112	4.550	5.005	945
Mullungu	20	6	2	-	-	-	95	22	12	40	320	10	175	158	31
Pacajus	15.800	4.424	1.530	20	96	26	2.000	588	254	1.300	13.000	390	800	384	58
Redenção	910	232	85	8	39	12	1.300	351	193	1.650	13.200	435	875	805	152
Horizonte	1.900	519	187	10	48	13	485	120	50	480	3.840	115	200	80	12
Aquiraz	1.600	560	203	1.200	6.000	1.839	300	42	19	600	4.980	153	200	64	11
Pindoretama	450	158	56	300	1.380	385	600	144	73	300	2.400	75	300	105	18
Acarape	320	80	30	4	19	4	624	160	89	480	4.800	148	380	418	82
Guaiúba	70	21	14	70	322	114	2.500	1.494	1.374	600	4.500	202	1.500	1.125	163
Itaitinga	100	26	12	13	63	27	330	207	89	200	1.500	81	330	247	43
Maranguape	60	14	9	60	230	82	8.000	4.770	4.388	500	7.600	342	4.500	3.375	486
Pacoti	8	2	0	3	14	3	173	49	27	60	510	16	525	476	92
Palmácia	3	1	0	4	20	6	785	514	308	120	864	69	1.650	1.287	257
Eusébio	300	105	36	50	240	67	120	20	9	50	400	12	60	19	3
Fortaleza	45	27	10	20	100	21	120	54	14	50	400	22	100	60	9
Maracanaú	10	3	2	5	25	8	580	381	350	50	350	15	320	240	34
Pacatuba	120	30	20	20	90	31	1.250	774	712	250	1.750	78	950	712	103
Caucaia	3.500	1.050	312	2.030	9.338	3.312	3.230	715	269	2.500	10.800	538	2.500	1.250	189
S. Gonçalo do Amarante	2.500	625	181	600	2.880	1.045	3.250	780	394	3.200	17.920	1.042	1.800	864	144
TOTAL	96.370	26.812	10.181	7.757	30.663	9.988	55.249	19.110	12.817	26.614	198.417	8.336	47.903	36.679	6.553
CEARA	332.882	80.896	30.284	40.292	143.444	38.377	676.959	208.826	94.007	129.469	1.012.348	40.385	650.913	469.177	70.359

FONTE: IPLANCE, Anuário Estatístico do Ceará - 1997, Tomo 2, 1998.



Além das culturas citadas anteriormente, são cultivadas em menor escala, em alguns municípios da região, as culturas do algodão arbóreo, algodão herbáceo, tomate, maracujá, manga, melão, batata-doce, sorgo granífero, café, alho e tangerina. Dessas culturas, sobressaíram-se no período, em termos de produção: o café, que tem no município de Mulungu o maior produtor estadual e maior área cultivada (21,9% e 18,0% do total do Estado, respectivamente); o alho produzido em Aratuba concentra 43,0% da produção do estado e 42,7% do valor da produção estadual dessa cultura; a batata-doce e a tangerina produzidas em Maranguape perfazem o maior volume produzido no Estado representando, respectivamente, 32,3% e 24,0% da produção estadual.

A cultura do algodão constituiu, historicamente, a alternativa de ocupação da mão-de-obra (durante o ciclo produtivo e no beneficiamento) e geração de renda mais expressiva para os agricultores do Estado. No entanto, em decorrência dos sucessivos e prolongados períodos de estiagem, do reduzido emprego de novas tecnologias pelos produtores, dos baixos preços do produto no mercado, da escassez e inviabilidade do crédito e de outros instrumentos de política agrícola, além do aparecimento da praga do bicudo (*Anthonomus grandis*), estabeleceu-se um declínio dessa cultura ao longo das duas últimas décadas na região das bacias. Tal fato é evidenciado pelos baixos índices de produtividade constatados e pelo elevado percentual de municípios que vem se abstendo de realizar o cultivo, visto que, em 1995, 53,1% dos municípios da área não plantaram algodão arbóreo e 31,3% não plantaram, ou perderam, a produção de algodão herbáceo.

O nível tecnológico da agricultura praticada na região das Bacias Metropolitanas é baixo, uma vez que apenas 19,4% dos proprietários efetuam a adubação, principalmente a adubação orgânica; 23,0% utilizam tração nos trabalhos agrícolas, sendo que 79,0% destes adotam a tração animal e 46,1% a tração mecânica; 5,9% dos proprietários possuem trator, perfazendo uma média de 2,8 máquinas/proprietários. A assistência técnica é praticada por apenas 3,3% dos proprietários, que a utilizam mais para a produção pecuária. Quanto à origem, 66,8% dos proprietários contratam assistência particular. O uso de defensivos agrícolas é o mais representativo, visto que 34,3% dos proprietários fazem uso dessa prática. A pequena irrigação é empregada por 7,4% dos proprietários, sendo o método mais utilizado a aspersão convencional. Os municípios de Aratuba, Maranguape, Aquiraz e Baturité foram os que apresentaram maior número de estabelecimentos empregando a irrigação, representando, respectivamente, 13,0%, 12,1%, 8,5% e 8,0% do total da região estudada.

A agricultura irrigada vem sendo muito pouco desenvolvida na região, quase que exclusivamente através de pequenos projetos implantados pela SRH - Secretaria dos Recursos Hídricos, sendo representada pelos perímetros: Choró-Limão com 35,9 ha e 12 famílias beneficiadas, no município de Choró; e Califórnia com 69,0 ha e 59 famílias beneficiadas, no município de Quixadá. O DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas não conta com projetos de irrigação na área.

Merece destaque, também, a irrigação praticada ao longo do Canal do Trabalhador por 47 irrigantes. A área irrigada atinge cerca de 740 ha no total, sendo a produção centrada nos cultivos de melão, melancia, banana, manga, mamão, castanha de caju, milho, feijão, capim, sorgo e mandioca, entre outros. A cultura mais representativa em termos de área irrigada é o caju, perfazendo 54,4% da área total, em seguida vem o melão com 13,5%. Além da irrigação, a vazão do canal é utilizada para a piscicultura (4,0 ha), no



trecho que intercepta o município de Cascavel, sendo requerida para essa atividade uma vazão de 11,1 l/s.

Quanto à exploração pecuária, esta encontra-se representada, principalmente, pelo efetivo avícola, que perfaz para a região das Bacias Metropolitanas um total de 10,0 milhões de cabeças, o correspondente a 86,8% do efetivo desse segmento da pecuária no Estado do Ceará, no ano de 1995. Os municípios de Fortaleza e Horizonte se destacaram como maiores produtores do Estado, atingindo efetivos de 1.755 e 1.514 milhões de cabeças, respectivamente, representando juntos, 28,3% do efetivo estadual e 32,6% do efetivo regional.

Apresenta importância, também, a bovinocultura voltada para corte e leite, estando o rebanho mais expressivo no município de Maranguape que conta com cerca de 26 mil cabeças, representando 12,1% do rebanho da região. Em termos de representatividade no Estado, o rebanho bovino da área estudada, que perfaz 215 mil cabeças, participa com 9,5% do total estadual. Os principais pontos de estrangulamento ao desenvolvimento desta atividade são a sazonalidade da produção de forragens, dada a má distribuição das chuvas, manejos sanitários e reprodutivos do rebanho inadequados, além do padrão racial impróprio para obtenção de índices satisfatórios de produtividade leiteira.

Em seguida aparece o rebanho suíno com um efetivo de 173 mil cabeças, o correspondente a 14,3% do plantel estadual, e o rebanho ovino (102 mil cabeças) e caprino (80 mil cabeças), perfazendo, respectivamente, 7,4% e 7,2% do efetivo estadual. No âmbito da região estudada, o município de Maranguape se sobressai como maior produtor de suínos, contando com um plantel de 49 mil cabeças (28,3% do total), enquanto Caucaia se destaca como maior produtor de ovinos (25 mil cabeças) e caprinos (21,7 mil cabeças), o correspondente, respectivamente, a 24,5% e 27,2% dos efetivos da região ([Tabela 2.12](#)).

Em termos de balanço do valor bruto da produção agropecuária, conforme dados do IBGE de 1995-1996, observa-se para a região um predomínio da atividade pecuária que contribui com 60,7% do valor da produção agropecuária, em detrimento da agricultura que perfaz 39,3%. Quadro contrário observa-se para o Estado como um todo, onde a atividade predominante, em termos de valor da produção, é a agricultura (51,3%) ([Tabela 2.13](#)).

A produção pesqueira marítima na região das Bacias Metropolitanas, praticada em 1996, em quase todos os municípios litorâneos, exceto Pindoretama, foi de 6.478 t, o correspondente a 35,7% da produção total do Estado (18.164 t). o município que apresentou volume de pescado mais significativo foi Fortaleza, que deteve 53,7% da produção da região. Com índices bem menores, surgem os municípios de Beberibe e Fortim, com 11,8% e 10,3% da produção do pescado. A menor produção foi observada em Caucaia, 173 t, o equivalente a 2,7% do total. Os tipos de pescado com maior volume de produção foram a lagosta e o camarão, com 1.403 t e 1.100 t, respectivamente, representando juntos, 38,6% da produção total do pescado.

► **□ Estrutura Fundiária**

A estrutura fundiária na região das Bacias Metropolitanas, a exemplo do que ocorre no Estado, é dominada pelo complexo latifúndio/minifúndio, caracterizado por um elevado grau de concentração da terra. Apresenta um sistema de apropriação que gera relações de produções atrasadas, que vem se refletindo na diminuição da produção das culturas alimentares e no aumento do êxodo rural.



Tabela 2.12 - Efetivos do Rebanho - 1995

Municípios	Bovinos	Suínos	Equínos	Asininos	Muares	Ovinos	Caprinos	Aves
Beberibe	10.568	14.465	1.415	585	-	12.430	13.477	85.256
Cascavel	9.690	6.808	796	615	771	4.676	2.074	646.185
Fortim	2.202	1.450	156	125	77	1.291	1.543	17.173
Ibaretama	8.940	3.268	1.565	838	579	8.744	2.384	26.567
Ocara	7.805	3.243	746	643	442	1.863	1.332	47.232
Aracoiaba	10.002	5.130	933	903	581	4.694	2.199	20.516
Aratuba	1.455	2.042	139	243	264	359	430	17.536
Baturité	6.045	3.324	426	648	514	939	538	41.999
Barreira	2.358	1.271	356	305	407	514	256	261.791
Capistrano	3.190	2.277	294	424	189	967	678	10.640
Choró	7.581	3.838	798	831	436	5.733	2.204	22.094
Chorozinho	3.502	765	274	92	427	308	615	71.452
Guaramiranga	357	285	80	46	123	87	36	3.047
Itapiúna	8.172	3.595	1.709	551	401	3.060	1.177	25.863
Mulungu	1.243	1.568	44	129	251	108	194	11.420
Pacajus	5.950	1.588	410	550	340	700	360	719.847
Redenção	3.154	2.057	370	355	518	1.260	625	18.014
Horizonte	2.010	602	310	60	115	300	280	1.513.956
Aquiraz	4.650	1.205	465	332	530	1.300	300	978.487
Pindoretama	1.900	700	170	30	80	600	130	194.411
Acarape	1.787	453	261	254	354	595	860	9.895
Guaiúba	2.890	1.410	485	460	295	2.832	1.870	600.130
Itaitinga	1.359	505	69	62	49	935	540	68.275
Maranguape	25.960	48.990	960	2.050	1.040	9.370	8.730	903.150
Pacoti	1.530	1.162	116	191	373	188	153	11.911
Palmácia	3.752	1.484	281	316	482	793	1.035	33.946
Eusébio	1.350	780	240	166	241	720	227	209.697
Fortaleza	10.885	7.988	246	128	133	1.029	1.295	1.755.207
Maracanaú	3.960	4.280	410	415	550	1.380	1.100	343.400
Pacatuba	4.530	2.420	265	240	160	1.620	970	185.350
Caucaia	42.632	28.737	2.587	2.715	964	24.945	21.734	918.348
S. Gonçalo do Amarante	12.831	15.203	2.784	2.863	282	7.551	10.556	246.713
TOTAL	214.240	172.893	20.160	18.165	11.968	101.891	79.902	10.019.508
CEARÁ	#####	#####	223.984	189.524	121.629	#####	1.116.173	11.543.264

FONTE: IPLANCE, Anuário Estatístico do Ceará - 1997, Tomo 2, 1998.



Tabela 2.13 - Valor da Produção Agropecuária - 1995/1996

Municípios	Valor Produção Pecuária (R\$ 1.000)	%	Valor Produção Agrícola (R\$ 1.000)	%	Total (R\$ 1.000)	%
Beberibe	1.185	20,7	4.549	79,3	5.734	100,0
Cascavel	8.367	69,1	3.740	30,9	12.107	100,0
Fortim	350	27,9	904	72,1	1.254	100,0
Ibaretama	2.322	68,3	1.076	31,7	3.398	100,0
Ocara	817	14,7	4.753	85,3	5.570	100,0
Aracoiaba	1.330	25,9	3.809	74,1	5.139	100,0
Aratuba	420	11,8	3.152	88,2	3.572	100,0
Baturité	1.053	21,8	3.785	78,2	4.838	100,0
Barreira	1.100	29,1	2.674	70,9	3.774	100,0
Capistrano	1.049	43,8	1.345	56,2	2.394	100,0
Choró	1.496	59,1	1.037	40,9	2.533	100,0
Chorozinho	1.370	26,4	3.801	73,6	5.180	100,0
Guaramiranga	119	11,5	912	88,5	1.031	100,0
Itapiúna	1.387	59,2	955	40,8	2.342	100,0
Mulungu	125	4,0	3.009	96,0	3.134	100,0
Pacajus	10.397	80,1	2.583	19,0	12.980	100,0
Redenção	188	8,1	2.124	91,9	2.312	100,0
Horizonte	13.772	93,4	971	6,6	14.743	100,0
Aquiraz	24.749	81,3	5.702	18,7	30.451	100,0
Pindoretama	2.011	65,8	1.047	34,2	3.058	100,0
Acarape	206	24,0	653	76,0	859	100,0
Guaiúba	1.712	48,8	1.797	51,2	3.509	100,0
Itaitinga	1.427	79,8	360	20,2	1.787	100,0
Maranguape	10.770	62,8	6.377	37,2	17.147	100,0
Pacoti	301	7,5	3.721	92,5	4.022	100,0
Palmácia	595	29,8	1.405	70,2	2.000	100,0
Eusébio	575	44,3	724	55,7	1.299	100,0
Fortaleza	8.889	76,3	2.755	23,7	11.644	100,0
Maracanaú	2.376	89,6	277	10,4	2.653	100,0
Pacatuba	3.169	61,3	1.998	38,7	5.167	100,0
Caucaia	13.574	85,1	2.381	14,9	15.955	100,0
S. Gonçalo do Amarante	1.116	32,8	2.284	67,2	3.400	100,0
TOTAL	118.316	60,7	76.660	39,3	194.977	100,0
CEARÁ	448.058	48,7	471.112	51,3	919.170	100,0

FONTE: IBGE, Censo Agropecuário 1995/1996 - Ceará, 1998.



Segundo dados do IPLANCE, em 1998, a região dispunha de 13.410 estabelecimentos rurais ocupando uma área total de cerca de 684,7 mil ha. Deste total, 68,4% era composto por imóveis classificados como minifúndio, ocupando apenas 19,6% da área total. Por outro lado, as propriedades classificadas como grandes propriedades, representando somente 2,1% do total de estabelecimentos rurais, ocupavam 35,4% da área total (Tabela 2.14).

Com relação à reforma agrária, foram identificados na área estudada, em 1998, conforme dados do IPLANCE, um total de 23 projetos de assentamento abrangendo 44.782 ha de terras e beneficiando 1.771 famílias. Em comparação com o quantitativo estadual, a região das Bacias Metropolitanas chegou a representar cerca de 11,0% dos projetos de assentamento e 11,9% das famílias beneficiadas com a reforma agrária no Estado. Nesse período, os municípios que contavam com projetos de assentamento eram: Acarape, Aracoíaba, Beberibe, Caucaia, Choró, Chorozinho, Fortim, Itapiúna, Ocara e São Gonçalo do Amarante. Desses municípios, se destacaram com maior número de projetos, Choró com 7 projetos (30,0% do total da região) e Caucaia e Itapiúna, com 4 projetos (17,4%), cada. O número de famílias beneficiadas nesses três municípios chegou a representar 46,6% do total.

▸ Aproveitamento das Terras

Conforme dados do IBGE de 1995/1996, a distribuição das terras na área das Bacias Metropolitanas apresenta 28,4% da área total dos imóveis rurais explorados com lavouras e pastagens plantadas. O município de Pacajus foi o que apresentou valor de aproveitamento mais elevado (59,1%), seguindo-se Horizonte e Barreira, com 55,0% cada. Por outro lado, o menor percentual de aproveitamento dos solos foi registrado nos municípios de Caucaia, Choró e Itapiúna, atingindo 11,2% cada.

A área cultivada com lavoura ocupa, na região estudada, um total de 229,6 mil ha, ou seja, 27,1% do total da área, havendo predomínio das lavouras permanentes (66,4%) em detrimento das lavouras temporárias (33,6%). A maior concentração de terras exploradas com lavouras permanentes encontra-se no município de Beberibe (92,2% das terras ocupadas com lavouras). As lavouras temporárias são mais representativas no município de Choró, na bacia homônima, participando com 96,5% das terras da lavoura, e nos municípios de Itapiúna (81,2%) e Ibaretama (73,4%), situados nas bacias do Choró e Pirangi, respectivamente.

As terras destinadas a pastagens correspondem a 150,2 mil ha, havendo um predomínio das pastagens naturais que ocupam 92,5% do total da área com pastagens, enquanto que as plantadas, representam apenas 7,5%. A maior concentração de áreas com pastagens, em relação ao aproveitamento total, está no município de Eusébio, onde 34,2% da área das propriedades está ocupada com pastagens. O menor percentual ficou com o município de Chorozinho, na bacia do Choró (3,4%). As matas e florestas, divididas em naturais e plantadas, ocupam 262 mil ha, representando 30,9% da área das propriedades da região com matas e florestas e 9,6% do Estado.

As terras produtivas não utilizadas representam 11,1% do total da área, ocupando 94,5 mil ha, enquanto que as terras em descanso, perfazendo quase 55 mil ha, atingem o percentual de 6,5% da área total. Quanto às terras produtivas não utilizadas, o município de Caucaia é o que mais se destaca, representando 15,3% das terras produtivas não utilizadas na região das Bacias Metropolitanas (Tabela 2.15).

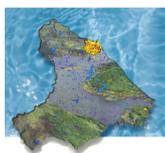


Tabela 2.14 - Estrutura Fundiária

Municípios	Total		Minifúndio e não Classificado		Pequena Propriedade		Média Propriedade		Grande Propriedade	
	Nº Estabelecimentos	Área (ha)	Nº Estabelecimentos	Área (ha)	Nº Estabelecimentos	Área (ha)	Nº Estabelecimentos	Área (ha)	Nº Estabelecimentos	Área (ha)
Beberibe	1.572	67.711,1	1.230	9.960,8	255	13.386,7	68	14.012,3	19	30.351,3
Cascavel	861	51.758,7	661	5.961,6	142	7.363,3	37	7.890,5	21	30.543,2
Fortim	149	7.898,0	118	848,7	23	2.030,3	5	1.441,7	3	3.577,3
Ibaretama	629	66.379,4	373	7.789,0	186	18.668,2	54	20.765,5	16	19.156,7
Ocara	892	40.922,3	718	8.245,5	129	9.460,2	34	9.027,4	11	14.189,2
Aracoiaba	723	49.257,2	438	7.229,8	213	17.049,6	63	16.550,4	9	8.427,4
Aratuba	350	7.713,4	244	1.670,5	89	3.520,1	15	1.837,8	2	685,0
Baturité	665	23.944,8	507	5.331,2	129	10.215,1	28	7.743,5	1	655,0
Barreira	498	14.693,3	405	3.580,7	74	4.571,2	15	3.375,4	4	3.166,0
Capistrano	364	16.362,2	263	4.604,1	88	6.673,7	12	4.244,4	1	840,0
Choró	56	11.301,5	20	388,3	26	2.082,0	8	2.626,3	2	6.204,9
Chorozinho	379	25.680,0	242	1.359,2	97	3.301,6	27	3.253,4	13	17.765,8
Guaramiranga	176	4.131,6	122	692,7	44	1.729,6	9	1.334,3	1	375,0
Itapiúna	429	41.949,6	205	5.097,5	171	14.998,8	46	14.385,6	7	7.467,7
Mulungu	533	8.805,1	409	2.189,5	100	3.526,3	23	2.601,3	1	488,0
Pacajus	341	11.907,8	258	1.162,5	54	1.616,7	26	3.299,1	3	5.829,5
Redenção	578	18.471,3	437	4.591,5	118	7.646,9	22	5.532,9	1	700,0
Horizonte	155	4.021,5	101	591,8	41	1.299,7	11	981,4	2	1.148,6
Aquiraz	609	15.992,6	372	1.244,4	138	2.769,1	79	5.911,0	20	6.068,1
Pindoretama	219	3.493,5	187	1.178,8	26	1.341,3	6	973,4	-	-
Acarape	121	7.692,2	71	935,6	32	2.486,3	17	3.733,2	1	537,1
Guaiúba	114	11.633,3	25	325,2	38	1.397,6	35	4.101,6	16	5.809,9
Itaitinga	10	553,6	5	22,4	2	46,4	3	484,8	-	-
Maranguape	453	29.715,8	170	1.317,1	172	5.507,1	85	9.653,4	26	13.238,2
Pacoti	310	7.796,2	208	1.414,0	80	3.298,5	21	2.692,7	1	391,0
Palmácia	272	8.659,9	198	1.226,1	52	1.879,2	18	2.411,8	4	3.142,8
Eusébio	75	846,2	55	169,2	17	358,8	2	152,2	1	166,0
Fortaleza	76	1.297,5	38	84,9	23	243,2	9	266,4	6	703,0
Maracanaú	64	2.353,8	47	200,1	8	2.509,2	8	1.083,0	1	780,0
Pacatuba	182	7.555,4	109	542,0	41	1.394,2	26	2.767,7	6	2.851,5
Caucaia	996	72.041,5	542	2.523,0	249	7.573,6	128	14.474,1	77	47.470,8
S. G. Amarante	559	42.145,2	401	5.149,4	106	10.485,9	43	16.531,1	9	9.978,8
Total	13.410	684.685,5	9.179	133.971,7	2.963	170.430,5	983	186.139,6	285	242.706,8
Ceará	125.405	9.189.419,3	86.664	1.674.332,2	30.358	2.962.777,7	7.086	2.461.477,5	1.297	2.090.831,9

FONTE: IPLANCE, Anuário Estatístico do Ceará - 1997, Tomo 2, 1998.

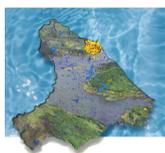


Tabela 2.15 - Utilização de Terras

Municípios	Total (ha)	Lavouras (ha)			Lavouras em Descanso (ha)	Pastagens (ha)			Matas e Florestas (ha)			Produtivas não Utilizadas (ha)	Terras Inaproveitáveis (ha)
		Perman.	Tempor.	Total		Naturais	Plantadas	Total	Naturais	Plantadas	Total		
Beberibe	73.478	32.147	2.721	34.868	3.716	5.872	505	6.377	18.817	149	18.966	4.203	5.348
Cascavel	61.350	16.755	4.145	20.900	1.988	5.610	387	5.947	16.397	15	16.412	13.472	2.621
Fortim	7.705	2.235	1.284	3.519	426	1.049	281	1.330	1.611	0	1.611	316	503
Ibaretama	55.591	1.967	5.430	7.397	4.491	14.308	483	14.791	20.502	0	20.502	4.932	3.478
Ocara	65.180	14.127	7.060	21.187	4.326	7.928	282	8.210	26.714	4	26.718	2.823	1.916
Aracoiaba	48.536	3.926	6.561	10.487	5.210	9.503	779	10.282	17.818	607	18.425	1.639	2.493
Aratuba	11.247	2.556	2.475	5.031	647	1.697	214	1.911	2.035	71	2.106	1.233	319
Baturité	29.730	4.509	4.336	8.845	5.778	2.940	432	3.372	4.029	100	4.129	5.551	2.055
Barreira	20.062	8.696	2.202	10.898	1.388	2.528	138	2.666	3.650	0	3.650	729	731
Capistrano	20.363	2.046	3.870	5.916	2.809	3.847	326	4.173	5.287	0	5.287	1.213	965
Choró	52.102	191	5.285	5.476	3.682	13.823	334	14.157	20.182	55	20.237	4.661	3.879
Chorozinho	34.996	15.410	1.595	17.005	473	994	191	1.185	10.450	35	10.485	1.363	4.485
Guaramiranga	8.277	2.019	174	2.193	350	829	136	965	3.669	9	3.678	616	475
Itapiúna	45.620	764	3.307	4.071	2.922	11.663	1.019	12.682	19.020	74	19.094	4.459	2.392
Mulungu	12.099	4.015	1.112	5.127	1.122	1.105	20	1.125	1.699	11	1.710	1.712	1.303
Pacajus	19.171	9.639	1.404	11.043	401	1.541	292	1.833	4.048	58	4.106	661	1.127
Redenção	16.040	2.839	2.902	5.741	1.619	2.353	138	2.491	3.250	0	3.250	1.419	1.520
Horizonte	6.826	2.876	804	3.680	263	438	80	518	636	0	636	538	1.191
Aquiraz	22.981	2.644	3.823	6.467	1.993	3.080	359	3.439	4.448	72	4.520	4.793	1.769
Pindoretama	5.145	895	1.302	2.197	111	730	2	732	774	31	805	364	936
Acarape	8.019	911	816	1.727	539	1.665	155	1.820	2.368	0	2.368	913	652
Guatubá	16.848	800	1.335	2.135	516	2.905	232	3.137	7.489	26	7.515	1.934	1.611
Itaitinga	7.184	745	459	1.204	195	2.177	75	2.252	2.198	4	2.202	971	360
Maranguape	50.934	3.008	5.003	8.011	2.776	14.933	1.063	15.996	13.758	136	13.894	6.121	4.136
Pacoti	11.243	3.749	1.216	4.965	431	756	172	928	3.149	21	3.170	1.295	454
Palmeira	10.441	2.037	733	2.770	2.456	2.939	198	3.137	1.270	49	1.319	382	377
Eusébio	3.989	327	157	484	8	1.348	18	1.366	1.688	0	1.688	352	91
Fortaleza	791	137	253	390	2	96	13	109	18	0	18	87	185
Maracanã	2.558	160	561	721	273	306	0	306	883	0	883	180	195
Pacatuba	6.502	1.861	395	2.256	471	771	173	944	1.030	32	1.062	910	859
Caucaia	62.682	2.769	2.092	4.861	2.270	13.627	2.156	15.783	22.975	26	23.001	14.481	2.286
S. G. Amarante	51.010	5.737	2.331	8.068	1.155	5.597	642	6.239	21.631	10	21.641	10.221	3.686
TOTAL	848.700	152.497	77.143	229.640	54.827	138.958	11.245	150.203	263.493	1.595	265.088	94.544	54.398
CEARÁ	8.963.842	476.264	892.595	1.368.859	760.675	2.434.673	197.448	2.632.121	2.700.245	24.626	2.724.871	928.994	548.322

FONTE: IBGE, Censo Agropecuário 1995/1996 - Ceará, 1998.



2.2.3.2 - Setor Industrial

O crescimento do setor industrial do Estado do Ceará nos últimos anos vem se dando de forma acelerada como pode ser confirmado através de diversos indicadores. O consumo de energia elétrica pela indústria do Ceará, por exemplo cresceu 9,7% no ano de 1998, ante uma taxa nacional de apenas 0,6%. No período de 1990/97, o Produto Interno Bruto (PIB) do Estado cresceu à média de 4,62% ao ano, acima dos 3,20% da média nordestina e dos 3,04% da brasileira. Tais resultados podem ser facilmente associados ao desenvolvimento do setor industrial, visto que a expansão de novos empreendimentos no Estado foi puxada por este setor (51,7%), seguido pelo de serviços (34,6%) e pela agropecuária (10,7%).

De acordo com os dados fornecidos pela FIEC - Federação das Indústrias do Estado do Ceará, no Guia Industrial do Ceará 1999, o setor secundário do território das Bacias Metropolitanas é composto predominantemente pela Indústria de Transformação com 2.578 empresas, aparecendo, ainda, os ramos da Construção Civil e Extrativa Mineral com 129 e 10 estabelecimentos, respectivamente. Dentre as indústrias de transformação ativas destacam-se os gêneros Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos, Couros e Peles; Produtos Alimentares; Produtos Minerais Não Metálicos; Mobiliário; Metalurgia; Têxtil; Madeira e Editorial e Gráfica (Tabela 2.16). A Região Metropolitana de Fortaleza concentra 94,2% do parque industrial do território das Bacia Metropolitanas, com destaque para os municípios de Fortaleza, Maracanaú e Caucaia.

O setor metalúrgico é o que tem apresentado melhor desempenho, sendo responsável por uma das mais altas taxas de crescimento da economia cearense, tendo crescido 55,0% no período 1998/99. Na frente desta expansão está a produção de latas com destaque para as empresas Metalgráfica Cearense (MECESA), líder do setor, e a Cia Metalic do Nordeste. Outra indústria de ponta do setor metalúrgico é a Durametal, fabricante de tambores de freio e cubos de roda para ônibus e caminhão, que exporta seus produtos para 20 países.

O pólo têxtil do Estado é o mais moderno do país do ponto de vista tecnológico, e o segundo maior em termos de capacidade de produção, perdendo apenas para São Paulo. A maior empresa do setor, a Vicunha, que também lidera o ranking nacional, está instalada no Estado desde 1984, tendo investido nos últimos 15 anos cerca de R\$ 500 milhões em cinco fábricas, contando com 8,3 mil funcionários. Só na fábrica de Maracanaú, Região Metropolitana de Fortaleza, onde abriga a tecelagem de índigo mais moderna do mercado nacional, conta com uma capacidade de produção de 5,5 milhões de metros por mês, absorvendo 3,8 mil operários.

Na ponta do mercado o crescimento da indústria local da confecção garante a demanda interna do Estado por fios e tecidos, e abastece mercados atacadistas americanos. O Ceará já se tornou um centro lançador de moda, com confecções de todo o país se reunindo em Fortaleza a cada ano para fazer a maior feira de roupas do país, ficando atrás apenas da FENIT paulista.

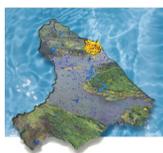


Tabela 2.16 - Parque Industrial das Bacias Metropolitanas

Gênero de Indústrias	BACIAS HIDROGRÁFICAS												Total			
	Choró		Malcozinhado		Pacoti		Cocó/Coacú		Ceará/Marangape		São Gonçalo		FLED		Total	
	Nº de Empresas	Nº de Empregos (1)	Nº de Empresas	Nº de Empregos (1)	Nº de Empresas	Nº de Empregos (1)	Nº de Empresas	Nº de Empregos (1)	Nº de Empresas	Nº de Empregos (1)	Nº de Empresas	Nº de Empregos (1)	Nº de Empresas	Nº de Empregos (1)	Nº de Empresas	Nº de Empregos (1)
Extrativa Mineral	-	-	-	-	3	293	1	35	4	39	-	-	2	65	10	432
Produtos Minerais Não Metálicos	5	147	1	36	9	194	53	1.062	45	1.621	6	523	8	156	127	3.739
Metalúrgica	7	21	3	5	2	25	51	1.488	67	7.856	-	-	56	2.859	186	12.254
Mecânica	-	-	2	0	1	0	10	210	16	1.142	-	-	13	399	42	1.751
Mat. Elétrico, Eletrônico e de Comunicação	1	6	-	-	-	-	9	879	10	710	-	-	10	567	30	2.162
Material de Transporte	1	120	-	-	3	18	10	93	9	163	-	-	8	287	31	681
Madeira	3	18	3	19	1	10	22	301	28	275	-	-	8	49	65	672
Mobiliário	6	125	2	3	1	8	43	819	64	1.593	-	-	18	270	134	2.818
Papel e Papelão	2	137	-	-	1	40	4	64	7	740	-	-	7	181	21	1.162
Couros, Peles e Produtos Similares	-	-	-	-	-	-	-	-	1	14	-	-	2	190	3	204
Química	2	85	1	4	-	-	24	393	32	2.815	-	-	11	485	70	3.782
Produtos Farmacêuticos e Veterinários	-	-	-	-	1	306	1	128	1	30	-	-	5	424	8	888
Perfumaria, Sabões e Velas	-	-	-	-	-	-	3	46	4	71	-	-	4	45	11	162
Produtos de Matérias Plásticas	3	155	-	-	1	0	17	423	26	1.091	-	-	9	858	56	2.527
Têxtil	4	1.508	-	-	-	-	20	1.546	32	3.825	-	-	15	3.507	71	10.386
Vest., Calçad., Arref. de Frio, Couros e P	18	3.248	14	306	2	252	269	6.189	291	15.911	-	-	277	4.379	871	30.285
Produtos Alimentares	23	1.095	10	1.870	2	0	167	5.734	182	6.601	-	-	203	9.267	587	24.567
Bebidas	3	50	1	6	2	820	12	2.521	10	1.387	-	-	7	568	35	5.352
Editorial e Gráfica	-	-	-	-	1	0	8	71	20	85	-	-	88	1.867	117	2.023
Indústrias Diversas	4	151	-	-	1	1	30	930	20	559	-	-	32	554	87	2.195
Indústria e Serv. de Utilidade Pública	-	-	-	-	-	-	3	1.784	-	-	1	2	5	6.306	9	8.082
Construção Civil	1	16	-	-	-	-	30	3.222	4	209	-	-	94	13.424	129	16.871
Borracha	-	-	-	-	-	-	8	118	6	267	-	-	3	57	17	442
TOTAL	83	6.882	37	2.249	31	1.967	795	28.056	879	47.004	7	525	885	46.764	2.717	133.447

FONTE: FIEC, Guia Industrial do Ceará, 1999. Fortaleza, FIEC, 1999.



No setor de alimentos, a indústria de beneficiamento da castanha de caju vem enfrentando um crise, embora mantenha a tradicional liderança na pauta de exportação do Estado. O impasse que dificulta o crescimento da indústria cajueira é a produtividade das lavouras, que perde rendimento a cada safra, apesar do aumento da área plantada, fazendo com que o setor opere com capacidade instalada ociosa. Na falta de perspectiva de melhora a curto prazo no cenário interno da produção, os beneficiadores vão buscar o produto in natura no exterior para transformá-lo em amêndoa e depois exportá-lo, e estão renovando os pomares com enxertos de cultivares precoces.

Afora a indústria cajueira, merece destaque no setor de alimentos, o Grupo M. Dias Branco S.A. Comércio e Indústria que conta com a segunda fábrica de biscoito do país, perdendo apenas para a Nestlé, e as indústrias de bebidas Refrescos Cearenses, Cervejarias Antártica Ceará e Kaiser, esta última recentemente implantada, que respondem por grandes marcas nacionais.

No setor de minerais não metálicos aparecem como líderes as empresas Carbomil Química, que trabalha com mineração e beneficiamento de calcário e a Chaves Mineração, que explora e beneficia caulim e talco. Merece, ainda, destaque o pólo graniteiro, onde a exploração de granito, em escala comercial, vem sendo desenvolvida há cerca de 11 anos, atingindo uma produção mensal de granito ornamental de cerca de 14 mil kg, exportando para mais de 10 países. Foi constatado, também, um grande número de pedreiras, principalmente na Região Metropolitana de Fortaleza, trabalhando com britamento de pedras. A indústria da cerâmica vermelha é outro segmento que merece destaque, estando bastante difundido pelo território das Bacias Metropolitanas, apresentando maiores concentrações nas bacias dos rios Pacoti, Cocó/Coaçu e São Gonçalo.

Na indústria extrativa mineral merece menção a extração de petróleo pela PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A., a qual encontra-se restrita a plataforma marinha, tendo como campos produtores Atum e Xaréu, em Paracuru, e Curimam e Espada na Taíba (São Gonçalo do Amarante), com uma produção anual de petróleo de 687,8 mil m³ ao todo. A extração e refino de sal marinho e sal gema, por sua vez, apresenta-se em declínio com a maioria das salinas estando desativadas, sendo constatadas apenas quatro salinas em operação na bacia do Sistema Ceará/Maranguape.

Nos últimos sete anos, de acordo com os dados da FIEC, instalaram-se no Estado 635 empresas nacionais e estrangeiras atraídas pela política industrial agressiva, através de incentivos fiscais e benefícios para a locação de projetos em municípios do interior, gerando investimentos diretos de US\$ 6,8 bilhões e criando 151,7 mil empregos diretos. O programa de promoção industrial posto em prática prevê a instalação nos próximos anos de 182 empresas no território das Bacias Metropolitanas com um volume total de investimentos superior a R\$ 2,26 bilhões e geração de mais de 37 mil empregos diretos, conforme pode ser visualizado nas [Tabelas 2.17 e 2.18](#). Observe-se, no entanto, que as informações relativas ao montante de investimentos e ao número de empregos a serem gerados podem estar subdimensionadas, visto que para algumas empresas, entre estas a refinaria (com investimentos estimados em US\$ 2 bilhões), não existem dados na relação da FIEC.



Tabela 2.17 - Programa de Promoção Industrial e Atração de Investimentos Bacias Metropolitanas - Indústrias com Implantação previstas por Município

Gênero de Indústrias	Bacias Hidrográficas																			
	CHORÓ				MALCOZINHADO				PACOTI				COCÓ/COAÇU							
	Nº de Empresas	Valor do Investimento (R\$ 1.000)	Empregos Diretos	Empregos Indiretos	Nº de Empresas	Valor do Investimento (R\$ 1.000)	Empregos Diretos	Empregos Indiretos	Nº de Empresas	Valor do Investimento (R\$ 1.000)	Empregos Diretos	Empregos Indiretos	Nº de Empresas	Valor do Investimento (R\$ 1.000)	Empregos Diretos	Empregos Indiretos				
Extrativa Mineral	-	-	-	-	1	150,00	200	800	-	-	-	-	-	-	-	-				
Produtos de Minerais Não Metálicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Metálgica	1	350,00	50	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Mecânica	1	16.685,00	312	1248	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Mat. Elétrico, Eletrônico e de Comunicação	-	-	-	-	1	2.645,00	200	800	-	-	-	-	-	-	-	-				
Material de Transporte	3	8.540,00	130	520	1	1.000,00	120	480	-	-	-	-	-	-	-	-				
Madeira	-	-	-	-	1	633,50	51	204	-	-	-	-	-	-	-	-				
Mobiliário	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Papel e Papelão	-	-	-	-	2	2.500,00	160	640	-	-	-	-	-	-	-	-				
Couros, Peles e Produtos Similares	-	-	-	-	1	15.000,00	1.000	4.000	-	-	-	-	-	-	-	-				
Química	1	1.500,00	80	320	2	11.900,00	417	1.668	-	-	-	-	1	1.250,00	70	280				
Produtos Farmacêuticos e Veterinários	-	-	-	-	1	350,00	8	32	-	-	-	-	-	-	-	-				
Perfumaria, Sabões e Velas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Produtos de Matérias Plásticas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Têxtil	4	9.249,00	921	3684	2	33.000,00	550	2.200	1	4.000,00	170	680	1	20.000,00	430	1.720				
Vest., Calçad., Artef. de Tecido, Couro e Pele	2	584,00	219	876	5	32.574,00	1.360	5.440	-	-	-	-	4	12.700,00	1.335	5.340				
Produtos Alimentares	-	-	-	-	1	500,00	50	200	-	-	-	-	2	6.410,00	111	444				
Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Editorial e Gráfica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Indústrias Diversas	-	-	-	-	2	2.740,00	155	620	-	-	-	-	1	1.200,00	60	240				
Indústria e Serv. de Utilidade Pública	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
TOTAL	12	36.908,00	1.712	6.848	20	102.992,50	4.271	17.084	1	4.000,00	170	660	9	41.560,00	2.066	8.024	32	240.980,00	6.788	27.152



Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas



Gênero de Indústrias	Bacias Hidrográficas															
	CEARÁ/MARANGUAPE				SÃO GONÇALO				CAUHIPE				GERERAÚ			
	Nº de Empresas	Valor do Investimento (R\$ 1.000)	Empregos Diretos	Empregos Indiretos	Nº de Empresas	Valor do Investimento (R\$ 1.000)	Empregos Diretos	Empregos Indiretos	Nº de Empresas	Valor do Investimento (R\$ 1.000)	Empregos Diretos	Empregos Indiretos	Nº de Empresas	Valor do Investimento (R\$ 1.000)	Empregos Diretos	Empregos Indiretos
Extrativa Mineral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Produtos de Metais Não Metálicos	6	15.370,00	437	1.748	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.370,00	757	3.028
Metálgica	3 (1)	72.695,00	2.481	9.924	-	-	-	-	1	800.000,00	650	2.600	6 (1)	874.045,00	3.263	13.052
Mecânica	4	4.310,00	203	812	-	-	-	-	-	-	-	-	6	22.995,00	555	2.220
Mat. Elétrico, Eletrônico e de Comunicação	7	280.650,00	2.938	11.752	-	-	-	-	-	-	-	-	10	348.295,00	3.423	13.692
Material de Transporte	12	76.283,75	2.130	8.520	1	6.000,00	80	320	-	-	-	-	19	104.224,75	2.906	11.524
Madeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	634,50	51	204
Mobiliário	6	8.750,00	496	1.984	1	1.200,00	60	240	-	-	-	-	7	9.950,00	556	2.224
Papel e Papelão	2 (1)	0,00	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	4 (1)	2.500,00	160	640
Couro, Peles e Produtos Similares	3 (1)	17.000,00	210	840	-	-	-	-	-	-	-	-	4 (1)	32.000,00	1.210	4.840
Química	5	16.435,00	254	1.016	1	40.000,00	100	400	2 (1)	0	0	0	13 (1)	75.885,00	971	3.884
Produtos Farmacêuticos e Veterinários	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1.850,00	78	312
Perfumaria, Sabões e Velas	3	8.298,49	460	1.840	-	-	-	-	-	-	-	-	4	14.821,49	560	2.240
Produtos de Matérias Plásticas	9	59.770,59	1.595	6.380	1	10.000,00	120	480	-	-	-	-	17	152.676,59	3.875	15.500
Têxtil	3	38.500,00	1.200	4.800	-	-	-	-	-	-	-	-	9	80.749,00	2.671	10.694
Vest., Calçad., Artef. de Têxtil, Couro e Peles	16	77.030,00	7.584	30.336	-	-	-	-	-	-	-	-	33	151.688,00	12.968	51.972
Produtos Alimentares	11 (1)	43.158,00	826	3.304	2	2.018,00	59	236	-	-	-	-	19 (1)	61.436,00	1.611	6.444
Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3.500,00	200	800
Editorial e Gráfica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	22.000,00	450	1.800
Indústrias Diversas	6 (1)	7.628,00	122	1.560	1	100,00	15	60	-	-	-	-	14	15.168,00	502	3.080
Indústria e Serv. de Utilidade Pública	1	10.000,00	150	600	-	-	-	-	1	240.000,00	35	180	2	250.000,00	185	780
TOTAL	97 (1)	735.876,83	21.086	85.416	7	59.316,00	434	1.736	3 (1)	240.000,00	35	180	182 (1)	2.261.635,33	37.152	149.720

Fonte: FIEC. Relação de Empresas em Implantação no Estado do Ceará, Fortaleza, FIEC, 1999.
 (1) Para algumas empresas não constam informações relativas ao montante dos investimentos e ao número de empregos a serem gerados, estando os valores apresentados subdimensionados.



Tabela 2.18 - Programa de Promoção Industrial e Atração de Investimentos Bacias Metropolitanas - Indústrias com Implantação prevista por Município

Município	Empresas com Projeto				Empresas em Implantação				Total			
	Quantidade	Investimento (1) (R\$ 1.000)	Nº de Empregos (1)		Quantidade	Investimento (1) (R\$ 1.000)	Nº de Empregos (1)		Quantidade	Investimento (1) (R\$ 1.000)	Nº de Empregos (1)	
			Diretos	Indiretos			Diretos	Indiretos			Diretos	Indiretos
Acarape	01	5.000,00	800	3.200	-	-	-	-	01	5.000,00	800	3.200
Aquiraz	03	4.900,00	295	1.180	01	5.200,00	25	100	04	10.100,00	320	1.280
Barreira	01	240,00	40	160	-	-	-	-	01	240,00	40	160
Cascavel	02	15.120,00	1.040	4.160	01	1.400,00	200	800	03	16.520,00	1.240	4.960
Caucaia	46	405.493,83	8.642	35.640	12(1)	245.900,00	319	1.316	58	651.393,83	8.961	36.956
Chorozinho	01	1.500,00	80	320	-	-	-	-	01	1.500,00	80	320
Eusébio	14	104.750,00	1.736	6.944	06	14.300,00	492	1.968	20	119.050,00	2.228	8.912
Fortaleza	07	46.730,00	917	3.668	03	14.400,00	138	552	10	61.130,00	1.055	4.220
Horizonte	13	62.785,00	2.000	8.000	04	23.687,50	1031	4.124	17	86.472,50	3.031	12.124
Itaitinga	04	26.460,00	886	3.544	-	-	-	-	04	26.460,00	886	3.544
Maracanaú	19	199.200,00	9.659	38.636	05	32.385,00	573	2.292	24	231.585,00	10.232	40.928
Maranguape	06	27.768,00	550	2.200	02	4.000,00	323	1.292	08	31.768,00	873	3.492
Ocara	-	-	-	-	01	260,00	200	800	01	260,00	200	800
Pacajus	07	24.639,00	1.331	5.324	02	10.269,00	61	244	09	34.908,00	1.392	5.568
Pacatuba	07	48.325,00	1.278	5.112	05	73.605,00	3282	13.128	12	121.930,00	4.560	18.240
Pindoretama	-	-	-	-	01	4.000,00	170	680	01	4.000,00	170	680
S. Gonçalo do Amarante	07	59.318,00	434	1.736	01	800.000,00	650	2.600	08	859.318,00	1.084	4.336
TOTAL	138	1.032.228,83	29.688	119.824	44	1.229.406,50	7.464	29.896	182	2.261.635,33	37.152	149.720

FONTE: FIEC, Relação de Empresas em Implantação no Estado do Ceará. Fortaleza, FIEC, 1999.

(1) Para algumas empresas não constam informações relativas ao montante dos investimentos e ao número de empregos a serem gerados, estando os valores apresentados subdimensionados.



Analisando a distribuição geográfica das empresas que assinaram o protocolo de intenções do Programa de Promoção Industrial, constata-se que 95,6% destas optaram por se instalar na Região Metropolitana de Fortaleza, com destaque para os municípios de Caucaia com 58 indústrias, Maracanaú com 24, Eusébio com 20, Horizonte com 17, Pacatuba com 12 e Fortaleza com 10 empreendimentos.

Em termos de bacias hidrográficas, observa-se que 53,3% das indústrias a serem implantadas, ou seja, 97 empreendimentos, se localizarão no território do Sistema Ceará/Maranguape, estando centradas, principalmente, nos ramos de vestuário, calçados, artefatos de tecido, couros e peles; produtos alimentares; produtos de matérias plástica; material de transporte e material elétrico, eletrônico e de comunicação. As bacias do Sistema Cocó/Coaçu e do Malcozinhado contarão, respectivamente, com 32 e 20 indústrias, apresentando ambas um perfil industrial diversificado. As demais bacias foram contempladas com um número relativamente menor de indústrias, devendo serem instalados, nestas, 33 empreendimentos ao todo, sendo 12 na Bacia do Choró, 9 na do Pacoti, 7 na do São Gonçalo, 3 na do Cauhipe, ficando Caponga Roseira e Gereraú com uma indústria cada.

O Governo do Estado vem se empenhando no sentido de atrair para o futuro Distrito Industrial/Portuário do Pecém, o qual abrange áreas dos territórios das bacias do Cauhipe e do Gereraú, indústrias de base, geradoras de matérias-primas. Desta forma, foi fomentada a implantação de três indústrias âncoras que desencadearão a industrialização do complexo: a usina termelétrica (investimento de US\$ 240 milhões), em estado de implementação; a refinaria de petróleo a ser instalada pela multinacional alemã Thyssen Rheinstahl (investimento de US\$ 2 bilhões), ambas situadas na bacia do Cauhipe, e a siderúrgica (com capitais de US\$ 750 milhões), que será construída pela CSN - Companhia Siderúrgica Nacional, na Bacia do Gereraú; a conclusão da primeira fase da refinaria está prevista para o ano 2002. As duas deverão ancorar, respectivamente, os pólos petroquímico e metal-mecânico da região, com efeitos multiplicadores sobre toda a economia.

A refinaria de petróleo será capaz de processar 110 mil barris/dia de óleo em 2003, que serão acrescidos de mais 90 mil barris/dia a partir de 2008. A termelétrica da NERGISA - Nordeste Energia S.A., com 240 MW de potência, será alimentada por gás natural, tendo início de operação previsto para meados de 2000. Por sua vez, a CSC - Companhia Siderúrgica Cearense programa instalar uma usina com capacidade para produzir 1,2 milhão de toneladas de aços planos numa primeira fase.

Outro projeto governamental é criar um pólo tecnológico em Maracanaú, onde se encontra o maior distrito industrial do Estado. Para tanto pretende investir cerca de R\$ 18 milhões na criação da Cidade Tecnológica, um complexo dotado da infra-estrutura necessária ao funcionamento de companhias voltadas principalmente para as áreas de informática (hardware e software), microeletrônica, telecomunicações e química fina, entre outros segmentos. Entre as empresas que já se comprometeram a instalar-se no futuro complexo figuram a CPM, grande fabricante de software com faturamento anual de US\$ 30 milhões, e a Stefanini Consultoria e Assessoria em Informática, do mesmo segmento. Outra empresa é a Tecnitrom Brasil, uma “joint-venture” da cearense Microsol com a portuguesa Tecnitron, fornecedora da Portugal Telecom e da Telefónica de Espanã.



2.2.3.3 - Setor Comercial e de Serviço

As atividades comerciais e de serviços têm grande importância na economia da região das Bacias Metropolitanas, visto que o maior percentual de pessoas economicamente ativas está alocado nesse setor, o correspondente a 64,9% do total.

O comércio varejista é bem mais expressivo do que o atacadista, contando com 94,2% dos estabelecimentos comerciais da região, no ano de 1997. Predominam os estabelecimentos de produtos de gêneros alimentícios, com 48,7% do total, vindo em seguida, com percentuais mais modestos, os estabelecimentos de vestuário, tecidos, calçados, armarinhos e miudezas (16,7%), de material para construção em geral (6,8%), de veículos, peças e acessórios (5,2%) e de artigos de decoração e utilidade domésticas (3,5%). No comércio atacadista predominam amplamente os estabelecimentos de produtos de gêneros alimentícios.

O subsetor serviços, com menor expressividade, compreende basicamente, o ramo de saneamento, limpeza e construção, o qual concentra 42,2% das empresas de serviços da região. Com menor expressividade surgem as empresas de transportes e serviços comerciais, com percentuais similares, 15,7% e 15,5%, respectivamente, seguindo-se o ramo de escritórios de gerência, administração e depósitos (13,1%).

Em termos de representatividade dos totais da região, comparativamente aos totais do Estado, observa-se que o setor comercial e de serviços da região das Bacias Metropolitanas concentra 48,4% dos estabelecimentos comerciais existentes no Estado e 64,6% dos estabelecimentos de serviços. Ressalta-se que esta representatividade tão marcante se deve, principalmente, aos percentuais referentes ao município de Fortaleza, capital do Estado e principal centro polarizador da economia do mesmo, apresentando, não só o maior número de empresas comerciais (75,6% do total da região) e de serviços (86,7% do total da região), como também o melhor padrão de qualidade em oferta de produtos e serviços.

Segundo levantamento efetuado pelo IPLANCE, no ano de 1997, no comércio varejista de Fortaleza, somente os comerciantes de bens de consumo imediato (alimentos e remédios) tiveram ganho (3,41%) em relação a 1996, nas demais categorias, só foram apresentadas perdas (bens de consumo duráveis, -10,13%; bens de consumo semi-duráveis, -29,03%; material de construção, -29,68%). Nesse período, o comércio em geral apresentou uma queda de -13,59% no seu volume de vendas. Esse quadro em anos passados, como em 1995, era mais promissor, apresentando, em relação a 1994, ganhos em todas as categorias de consumo, exceto material de construção (-16,98%). Os bens de consumo duráveis tiveram nesse período maior ganho (27,70%), e o comércio geral registrou ganhos de 31,28% nas vendas efetuadas.

Nas exportações, ainda de acordo com informações do IPLANCE, os líderes da pauta em 1997 foram a castanha de caju (US\$ 138,7 milhões), a lagosta (US\$ 37,6 milhões), os tecidos (US\$ 36,7 milhões), os calçados (US\$ 35,0 milhões) e a cera de carnaúba (US\$ 33,6 milhões). Mas esta linha de comércio ainda está muito concentrada na castanha de caju, que respondeu por 39,3% do valor total dos produtos exportados em 1997, que atingiu o montante de US\$ 353,0 milhões. O destino das exportações é principalmente o mercado dos Estados Unidos e a Associação Latino Americana de Integração - ALADI.



A liderança das importações, em 1997, ficou por conta do petróleo e derivados (US\$ 150,5 milhões) e algodão (US\$ 86,7 milhões); juntos, esses produtos chegaram a representar 52,6% do volume total importado e 37,8% do valor total das importações, que foi de US\$ 628,1 milhões. Quanto à origem dessas importações, a ALADI e o Mercosul lideraram, apresentando os maiores valores transacionados.

Por fim, o saldo da balança comercial, em 1997, apresentou déficit de US\$ -275,1 milhões, mantendo o quadro deficitário que vinha se verificando desde 1993. Entretanto, esse déficit se mostrou menor que o observado para o ano de 1996 que foi de US\$ -432,9 milhões.

Quanto ao subsetor serviços da região das Bacias Metropolitanas, neste se sobressai a atividade turística, que vem apresentando maior índice de desenvolvimento no decorrer da última década. No Ceará, e em consequência na região estudada, por esta concentrar a parte mais expressiva da infra-estrutura turística do Estado, o turismo vem se firmando como um dos setores de crescente importância no cenário da economia, contribuindo para a geração adicional de renda, empregos e tributos, e indiretamente, via efeitos multiplicadores, para a dinamização dos segmentos inter-relacionados e o surgimento de novas oportunidades de negócios e investimentos.

De acordo com os dados do IPLANCE relativos ao ano de 1997, Fortaleza concentra a quase totalidade da infra-estrutura vinculada ao turismo e lazer do Estado do Ceará, recebendo 970 mil turistas no ano considerado, o dobro da demanda observada em 1994 que foi de 480 mil. Sabe-se que esse contingente turístico movimentava milhões de dólares em gastos com hospedagens, passeios e compras no comércio da cidade, contribuindo significativamente para a formação do PIB estadual. Uma estimativa feita pelo IPLANCE em 1994, previu que estes gastos atingiriam, na época, uma cifra aproximada de US\$ 90 milhões e mais US\$ 85 milhões de receita indireta gerada, totalizando US\$ 175 milhões, o correspondente a 2,0% do PIB estadual. Assim, considerando a demanda turística de 1997, pode-se, por analogia, estimar uma receita gerada de US\$ 354 milhões ou R\$ 380 milhões, representando 2,0% do PIB total do Estado e 3,0% do PIB do setor de serviços.

Tais cifras evidenciam, ou pelo menos sugerem, que a atividade turística é um setor econômico de expressivo peso para a economia cearense e, em particular, para a região das Bacias Metropolitanas, posicionando-se atualmente como um dos segmentos mais dinâmicos em termos de geração de renda e empregos.

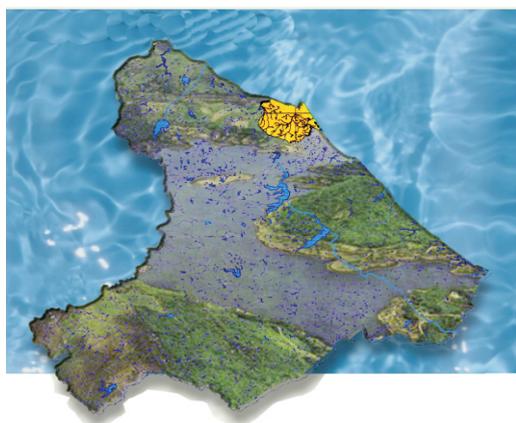
A posição estratégica da área estudada em relação às rotas turísticas internacionais, combinado com a extensa faixa de praias, regiões serranas, um rico artesanato, comércio bem desenvolvido, e tradicionais manifestações folclóricas, tem potencial suficiente para atrair parte da demanda turística de cidades como Rio e Salvador, entre outras, e até mesmo do mercado caribenho. Apesar de contar com todos esses fatores favoráveis, o setor turístico regional ainda se ressentia com a carência de investimentos básicos que garantam infra-estrutura, equipamentos e serviços de qualidade, requerendo uma concentração de esforços e recursos na execução de medidas prioritárias para a sustentação e fortalecimento do setor. Dentre essas medidas pode-se citar: intensificação da publicidade do produto turístico cearense; melhoria da infra-estrutura para empreendimentos que fortaleçam o setor e a abertura de campanhas educativas que conscientizem a população e empresários de que o turismo deve ser encarado como atividade permanente.



Por ser o principal centro comercial do Estado, e por conseguinte da região das Bacias Metropolitanas, Fortaleza ocupa isoladamente o primeiro lugar do turismo estadual, sendo conhecida como a Terra do Sol, contando com 25 km de praias, onde se destacam as praias de Iracema, do Futuro, Meireles e Mucuripe. Além das praias, a cidade tem como principais atrações turísticas: o Forte Nossa Senhora da Assunção; o Centro Cultural Dragão do Mar; a área de preservação histórica na Praia de Iracema, onde se encontram diversos bares; a Estátua de Iracema; a Casa de José de Alencar; o Farol Velho do Porto do Mucuripe; o comércio de artesanato da Av. Monsenhor Tabosa; as praças do Ferreira e José de Alencar; o Parque Ecológico do Cocó, etc.

Fora da capital, existe na região das Bacias Metropolitanas, opções de lazer e turismo representadas pelas praias, dunas, lagoas e barras de rios nos municípios litorâneos e pelas serras, cascatas, balneários e mirantes nos municípios serranos.

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS





3 – ESTUDO DE SECAS

Este estudo objetiva caracterizar a pluviometria das bacias estudadas, bem como apresentar os resultados da aplicação de modelos matemáticos com base nas séries pluviométricas disponíveis, visando avaliar os períodos em que ocorreram as secas.

3.1 – ESTUDO PLUVIOMÉTRICO

3.1.1 – DISPONIBILIDADE E CONSISTÊNCIA

A rede pluviométrica aqui considerada é composta pelos postos pluviométricos mantidos pela SUDENE e pelos postos pluviométricos de responsabilidade da FUNCEME, abrangendo tanto o território das Bacias Metropolitanas como as áreas limítrofes nas bacias dos rios Jaguaribe, Banabuiu e Curu.

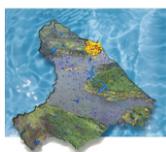
Considerando os propósitos finais do estudo foram incluídos todos os postos pluviométricos com dados disponíveis, objetivando viabilizar uma caracterização do regime de chuvas, principalmente a nível anual e mensal, atendendo não só a necessidade do estabelecimento de uma série média diária sobre a bacia, mas também à metodologia de análise de consistência a ser posteriormente apresentada.

A distribuição espacial dos 73 postos integrantes da rede de monitoramento com dados disponíveis é mostrada no [Mapa 3.1](#). A [Tabela 3.1](#) lista, para cada um deles, suas coordenadas geográficas e altitude, além dos seus respectivos códigos de referência (7 caracteres para os postos da SUDENE e 2 ou 3 caracteres para os postos da FUNCEME).

Os postos pluviométricos operados pela FUNCEME possuem, em geral, séries que iniciam nas décadas dos anos 70 e 80, sendo, geralmente, de curta duração. Entretanto estes postos correspondem as observações mais recentes de pluviometria diária e, na maioria dos casos, dispõem de dados até o ano de 1996.

As informações mais atuais dos postos operados pela SUDENE datam em geral do ano de 1989, porém tendo sido os postos da FUNCEME, via de regra, instalados próximos daqueles de responsabilidade da SUDENE, realizou-se, para tais casos, a junção das séries relativas aos postos mais antigos (SUDENE) com aqueles com informações mais recentes, perfazendo assim séries que se estendem até o ano de 1996. Nos casos de não dispor de postos mais antigos para a realizar as junções consideraram-se apenas os dados dos postos da FUNCEME. Para os postos para os quais foi possível a junção preservou-se o código do posto mais antigo e com maior quantidade de dados, ou seja o código do posto da SUDENE.

Com isto foi possível promover um adensamento de informações tal que num período de 85 anos (1912-1996) tem-se um número de postos que viabiliza a análise regional da precipitação e o estabelecimento de uma série média de igual extensão. Convém ressaltar o avanço que isto representa em relação ao último estudo desta natureza (PERH - Plano Estadual de Recursos Hídricos - 1990), quando, na ocasião do seu desenvolvimento, procedeu-se a análise e estabelecimento de série média para o período de 1912 à 1988, totalizando assim 77 anos.



Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas



Tabela 3.1 - Postos Pluviométricos das Bacias Metropolitanas - Ceará com Séries da FUNCEME E SUDENE Reunidas

N.	Nome do Posto	Lat	Long	XUTM	YUTM	Altitude	Entidade
0111023	Beberibe	4 13 38	7	598,0363249	9533,862526	25	FUNCEME
0111038	Caucaia	3 45 38	41	535,1636944	9585,495502	32	FUNCEME
0111054	Guaramiranga	4 17 39	0	500	9526,548938	700	FUNCEME
0111082	Maracanaú	3 52 38	40	537,0094522	9572,598712	100	FUNCEME
0111103	Pacajus	4 11 38	28	559,1927715	9537,582573	68	FUNCEME
0111125	Redenção	4 12 38	49	520,3468262	9535,757999	400	FUNCEME
0111157	Fortim	4 27 37	47	634,9945457	9508,014766	10	FUNCEME
0111176	Pindoretama	4 3 38	20	574,0038751	9552,310527	47	FUNCEME
0111354	Barreira	4 19 38	39	538,8382659	9522,855425	80	FUNCEME
0111361	Ocara	4 29 38	36	544,3768059	9504,429277	105	FUNCEME
0111362	Casteão	3 43 38	33	549,9716036	9589,173669	18	FUNCEME
0111394	Açude Amanary	4 1 38	53	512,9509235	9556,024571	116	FUNCEME
0111411	Fazenda Tio Cosme	3 41 38	54	511,1051074	9592,870297	40	FUNCEME
0111413	Fazenda Columinjuba	3 58 38	43	531,4542515	9561,546947	160	FUNCEME
0111544	Ibaretama	4 45 38	48	522,1799866	9474,961255	110	FUNCEME
0111552	Eusébio	3 54 38	30	555,512391	9568,904952	30	FUNCEME
2861786	Paracuru	3 23 39	5	490,7427728	9626,031168	10	SUDENE
2872207	São Gonçalo do Amarante	3 36 38	58	503,7020412	9602,082164	84	SUDENE
2872305	Umarituba	3 40 38	59	501,8508847	9594,713166	85	SUDENE
2872409	Sítios Novos	3 44 38	58	503,7014929	9587,344054	60	SUDENE
2872435	Guararu	3 43 38	50	518,5078374	9589,184645	50	SUDENE
2872496	Fortaleza Central	3 44 38	32	551,821469	9587,330383	26	SUDENE
2872594	Fortaleza (Escola Regional)	3 45 38	32	551,8204897	9585,488055	26	SUDENE
2872602	Sítios Novos de Cima	3 49 39	0	500	9578,132784	60	SUDENE
2872684	Mondubim	3 48 38	35	546,2655445	9579,963905	30	SUDENE
2872766	Maranguape	3 53 38	41	535,1582722	9570,75712	67	SUDENE
2872925	Bom Princípio	3 58 38	53	512,9517069	9561,551415	210	SUDENE
2872945	Otávio Lobo (Trapia)	3 58 38	47	524,0532105	9561,549181	220	SUDENE
2872978	Pacatuba	3 58 38	37	542,5558956	9561,542479	54	SUDENE
2873824	Aquiraz	3 54 38	23	568,465734	9568,896366	30	SUDENE
2881895	Aratuba	4 25 39	2	496,3016299	9511,8105	600	SUDENE
2882018	Itapebussu	4 1 38	55	509,2506565	9556,025023	230	SUDENE
2882035	Columinjuba	4 1 38	50	518,5013326	9556,02361	350	SUDENE
2882076	Guaiuba	4 2 38	38	540,7023238	9554,174055	59	SUDENE
2882146	Tanques	4 5 38	47	524,0497875	9548,653136	100	SUDENE
2882161	Jubaia	4 3 38	42	533,3011465	9552,334778	100	SUDENE
2882188	Açude Riachão	4 4 38	34	548,1009079	9550,485756	60	SUDENE
2882268	Bau	4 7 38	40	536,9982605	9544,964083	59	SUDENE
2882321	Gado	4 9 38	54	511,0989579	9541,28654	390	SUDENE
2882331	Palmácia	4 9 38	51	516,6484473	9541,285664	380	SUDENE
2882339	Acarape do Meio - Açude	4 11 38	49	520,3472571	9537,600295	250	SUDENE
2882415	Pacoti	4 13 38	56	507,3986777	9533,917779	800	SUDENE
2882458	Acarape	4 13 38	43	531,4445007	9533,912379	76	SUDENE
2882601	Mulungu-Fazenda	4 18 39	0	500	9524,706646	1050	SUDENE
2882626	Baturité	4 22 38	50	518,4931067	9517,335424	123	SUDENE
2882648	Antonio Diogo	4 19 38	46	525,8920882	9522,860386	171	SUDENE
2882735	Aracoiaba	4 22 38	34	548,082466	9517,323628	101	SUDENE
2882862	Vazantes	4 25 38	42	533,2854807	9511,803872	50	SUDENE
2883256	Cascavel	4 8 38	14	585,0962777	9543,088488	30	SUDENE
2883435	Angicos	4 13 38	20	573,9884228	9533,886445	35	SUDENE
2883605	Chorozinho	4 19 38	29	557,3330967	9522,844897	42	SUDENE
2883679	Itapeim	4 20 38	7	598,0215013	9520,964965	20	SUDENE
2883836	Pitombiras (Pitombeira)	4 26 38	20	573,967405	9509,93502	45	SUDENE
2884912	Umburanas	4 28 37	57	616,4972942	9506,200546	15	SUDENE
2891168	Fazenda Feijão	4 34 39	10	481,5119016	9495,22773	250	SUDENE
2891677	Açude Pompeu Sobrinho	4 48 39	7	487,0626285	9469,43641	190	SUDENE
2891766	Queimadas	4 53 39	11	479,6723121	9460,223144	190	SUDENE
2891876	Dom Maurício	4 56 39	8	485,2173392	9454,697463	190	SUDENE
2892012	Riachão	4 31 38	57	505,5468044	9500,756592	130	SUDENE
2892089	Curupira	4 32 38	34	548,0716547	9498,900111	120	SUDENE
2892111	Itapiuna	4 33 38	57	505,5465502	9497,071983	130	SUDENE
2892307	Caio Prado	4 39 38	58	503,6971841	9486,018246	111	SUDENE
2892527	Várzea Nova	4 45 38	52	514,7866412	9474,963036	60	SUDENE
2892531	Olho D'água	4 45 38	51	516,6349753	9474,962657	150	SUDENE
2892605	Daniel de Queiroz (Muxiopo)	4 49 38	59	501,8481498	9467,595171	150	SUDENE
2892679	Boa Água	4 50 38	37	542,506722	9465,740894	120	SUDENE
2892972	Ibiciatinga	4 58 38	39	538,8027469	9451,00403	120	SUDENE
2893031	Cristais	4 30 38	21	572,1116284	9502,566991	50	SUDENE
2893165	Boqueirão do Cesário	4 34 38	11	590,5946043	9495,178462	150	SUDENE
2893336	Patos	4 41 38	20	573,9418478	9482,298588	150	SUDENE
2894148	Aracati	4 34 37	46	636,8222395	9495,11261	20	SUDENE



A metodologia aplicada na análise de consistência dos dados dos postos pluviométricos foi o Método do Vetor Regional¹. Esta análise se deu após a classificação dos postos pluviométricos em dois grupos (Pacoti e Pirangi), cada um destes associado à áreas com características pluviométricas homogêneas e disponibilidade de dados semelhantes.

A análise de consistência, além de fornecer correções de valores anômalos e preenchimento das falhas, mostrou a inadequabilidade da utilização de alguns postos, em decorrência, principalmente, do elevado número de falhas. As Tabelas 3.2 e 3.3 apresentam um resumo dos resultados obtidos na consistência dos grupos Pirangi e Pacoti, fornecendo um indicador decisivo da possibilidade de utilização ou não de cada um dos postos integrantes dos grupos Pacoti e Pirangi.

Os parâmetros estatísticos das séries pluviométricas consistidas são apresentados na Tabela 3.4.

Como resultado final do Estudo Pluviométrico são mostrados nos Mapas 3.2 e 3.3 as isoietas médias anuais e os coeficientes de variação (CV's) das precipitações anuais para a região estudada.

3.1.2 – ESTUDOS DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA

Foram realizados, através do método de Thiessen², estudos de precipitação média a nível diário nas bacias hidrográficas dos postos fluviométricos, que seriam utilizados para calibração e validação do modelo chuva-deflúvio, e para as bacias hidrográficas de todos os açudes existentes, em implantação e projetados com capacidade maior que 10 hm³, existentes das Bacias Metropolitanas. A partir da chuva média na bacia desses açudes foi possível determinar, através de modelo chuva-deflúvio, as séries pseudo-históricas de aflúncias a esses corpos d'água.

A Tabela 3.5 apresenta o resumo das precipitações médias nas bacias hidrográficas dos postos fluviométricos, ao passo que a Tabela 3.6 traz a mesma abordagem sintética agora para as bacias hidrográficas dos açudes. As séries de precipitações médias completas estão constantes no Anexo I.6 do Relatório Técnico 1.

3.2 – ESTUDO DE OCORRÊNCIA DE SECAS

As secas são fenômenos climáticos que se diferenciam claramente de outras catástrofes naturais. A diferença básica reside no fato de que, ao contrário de outros desastres naturais como cheias, furacões e terremotos, os quais iniciam e terminam repentinamente, além de se restringirem, normalmente, a uma pequena região, o fenômeno das secas tem um início lento, uma longa duração e espalha-se, na maioria das vezes, por uma extensa área.

¹ O detalhamento da metodologia encontra-se apresentado no primeiro Relatório Técnico Parcial (RT-1) deste Plano de Gerenciamento.

² Os polígonos de Thiessen forma calculados a partir do Método da Malha, que consiste em um processo automatizado que identifica os polígonos e determina os coeficientes para cada bacia a nível diário, a partir de todos os postos com dados existentes no dia. Para maiores detalhes consultar o Relatório Técnico RT-1.



**Tabela 3.2 - Análise de Consistência de Séries Temporais
Método Vetor Regional
Estatística da Análise**

Grupo : Pirangi

Nível de Análise : Anual/Mensal

Validade: 1912/1996

Número de Postos: 35

POSTO		ANO	ANO	ANOS	ANOS	%	ANOS	%	MESES	%	MESES	%
CÓDIGO	NOME	INICIAL	FINAL	NORMAIS	PREENC.	PREENC.	CONSIS.	CONSIS.	PREENC.	PREENC.	CONSIS.	CONSIS.
0111023	Beberibe	1982	1996	14	0	0,0	1	6,7	0	0,0	2	1,1
0111103	Pacajus	1974	1996	18	5	21,7	0	0,0	20	7,2	0	0,0
0111157	Fortim	1988	1996	4	5	55,6	0	0,0	56	51,9	0	0,0
0111176	Pindoretama	1988	1996	6	3	33,3	0	0,0	30	27,8	0	0,0
0111354	Barreira	1989	1996	7	0	0,0	1	12,5	0	0,0	5	5,2
0111361	Ocara	1988	1996	8	1	11,1	0	0,0	11	10,2	0	0,0
0111544	Ibaretama	1990	1996	5	1	14,3	1	14,3	5	6,0	3	3,6
2881895	Aratuba	1935	1996	46	5	8,1	11	17,7	8	1,1	50	6,7
2882626	Baturité	1912	1996	45	20	23,5	20	23,5	178	17,5	119	11,7
2882648	Antonio Diogo	1922	1996	24	40	53,3	11	14,7	442	49,1	47	5,2
2882735	Aracoiaba	1941	1996	16	14	25,0	26	46,4	107	15,9	104	15,5
2882862	Vazantes	1932	1996	58	4	6,2	3	4,6	37	4,7	17	2,2
2883256	Cascavel	1912	1996	65	17	20,0	3	3,5	150	14,7	14	1,4
2883435	Angicos	1962	1996	25	4	11,4	6	17,1	47	11,2	34	8,1
2883605	Chorozinho	1932	1996	41	15	23,1	9	13,8	125	16,0	43	5,5
2883679	Itapeim	1932	1996	46	10	15,4	9	13,8	65	8,3	38	4,9
2883836	Pitombeiras	1918	1996	28	50	63,3	1	1,3	476	50,2	2	0,2
2884912	Umburanas	1962	1996	19	11	31,4	5	14,3	116	27,6	19	4,5
2891168	Faz. Feijão	1917	1996	39	37	46,3	4	5,0	369	38,4	13	1,4
2891677	Aç. Pompeu Sobrinho	1932	1996	42	19	29,2	4	6,2	124	15,9	15	1,9
2891766	Queimadas	1941	1996	25	28	50,0	3	5,4	205	30,5	9	1,3
2891876	Dom Maurício	1913	1996	58	20	23,8	6	7,1	175	17,4	25	2,5
2892012	Riachão	1912	1996	35	47	55,3	3	3,5	530	52,0	12	1,2
2892089	Curupira	1962	1996	15	15	42,9	5	14,3	108	25,7	16	3,8
2892111	Itapiúna	1917	1996	47	30	37,5	3	3,8	316	32,9	9	0,9
2892307	Caio Prado	1912	1996	53	31	36,5	1	1,2	297	29,1	2	0,2
2892527	Várzea Nova	1932	1996	27	38	58,5	0	0,0	445	57,1	0	0,0
2892531	Olho D'água	1932	1996	46	15	23,1	4	6,2	116	14,9	16	2,1
2892605	Daniel Queiroz	1919	1996	57	14	17,9	7	9,0	133	14,2	21	2,2
2892679	Boa Água	1962	1996	27	8	22,9	0	0,0	96	22,9	0	0,0
2892972	Ibicuitinga	1961	1996	31	2	5,6	3	8,3	2	0,5	14	3,2
2893031	Cristais	1932	1996	42	19	29,2	4	6,2	224	28,7	11	1,4
2893165	Boqueirão do Cesário	1962	1996	25	9	25,7	1	2,9	97	23,1	4	1,0
2893336	Patos	1962	1996	26	9	25,7	0	0,0	106	25,2	0	0,0
2894148	Aracati	1912	1996	52	23	27,1	10	11,8	215	21,1	36	3,5

Percentual de anos preenchidos no grupo: 50,7 relativo ao número de anos com total anual.

Percentual de anos consistidos no grupo: 14,7 relativo ao número de anos com total anual.

Percentual de meses preenchidos no grupo: 33,6 relativo ao número de meses com total mensal.

Percentual de meses consistidos no grupo: 4,3 relativo ao número de meses com total mensal.



Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas



**Tabela 3.3 - Análise de Consistência de Séries Temporais
Método do Vetor Regional
Estatística da Análise**

Grupo : Pacoti

Nível de Análise : Anual/Mensal

Validade: 1912/1996

Número de Postos: 36

POSTO		ANO	ANO	ANOS	ANOS	%	ANOS	%	MESES	%	MESES	%
CÓDIGO	NOME	INICIAL	FINAL	NORMAIS	PREENC.	PREENC.	CONSIS.	CONSIS.	PREENC.	PREENC.	CONSIS.	CONSIS.
0111038	Caucaia	1973	1996	19	5	20,8	0	0,0	27	9,4	0	0,0
0111054	Guaramiranga	1974	1996	20	1	4,3	2	8,7	1	0,4	16	5,8
0111082	Maracanaú	1974	1996	20	3	13,0	0	0,0	16	5,8	0	0,0
0111125	Redenção	1978	1996	17	1	5,3	1	5,3	8	3,5	5	2,2
0111362	Casteão	1988	1996	7	1	11,1	1	11,1	3	2,8	8	7,4
0111394	Aç. Amanari	1983	1996	0	14	100,0	0	0,0	162	96,4	0	0,0
0111411	Faz. Tio Cosme	1988	1996	1	8	88,9	0	0,0	86	79,6	0	0,0
0111413	Faz. Columinjuba	1988	1996	1	8	88,9	0	0,0	70	64,8	0	0,0
0111552	Eusébio	1990	1996	6	1	14,3	0	0,0	6	7,1	0	0,0
2861786	Paracuru	1912	1996	58	16	18,8	11	12,9	41	4,0	42	4,1
2872207	São Gonç. Amarante	1927	1996	63	4	5,7	3	4,3	18	2,1	13	1,5
2872305	Umarituba	1962	1996	29	6	17,1	0	0,0	52	12,4	0	0,0
2872409	Sítos Novos	1962	1996	21	13	37,1	1	2,9	133	31,7	6	1,4
2872435	Guararu	1962	1996	14	21	60,0	0	0,0	234	55,7	0	0,0
2872496	Fortaleza Central	1919	1996	70	5	6,4	3	3,8	20	2,1	16	1,7
2872594	Fortal. (Esc.Regional)	1912	1996	52	31	36,5	2	2,4	296	29,0	13	1,3
2872602	Sítos Novos de Cima	1962	1996	23	7	20,0	5	14,3	71	16,9	15	3,6
2872684	Mondubim	1961	1996	21	7	19,4	8	22,2	64	14,8	39	9,0
2872766	Maranguape	1912	1996	79	5	5,9	1	1,2	27	2,6	4	0,4
2872925	Bom Princípio	1962	1996	14	21	60,0	0	0,0	231	55,0	0	0,0
2872945	Otávio Lobo (Trapiá)	1962	1996	13	21	60,0	1	2,9	218	51,9	5	1,2
2872978	Pacatuba	1912	1996	52	33	38,8	0	0,0	366	35,9	0	0,0
2873824	Aquiraz	1912	1996	53	29	34,1	3	3,5	315	30,9	11	1,1
2882018	Itapebussu	1962	1996	17	14	40,0	4	11,4	133	31,7	17	4,0
2882035	Columinjuba	1922	1996	36	33	44,0	6	8,0	399	44,3	31	3,4
2882076	Guaiuba	1916	1996	47	33	40,7	1	1,2	378	38,9	2	0,2
2882146	Tanques	1962	1996	19	8	22,9	8	22,9	69	16,4	49	11,7
2882161	Jubaia	1962	1996	30	5	14,3	0	0,0	49	11,7	0	0,0
2882188	Aç. Riachão	1920	1996	50	26	33,8	1	1,3	260	28,1	3	0,3
2882268	Baú	1916	1996	29	49	60,5	3	3,7	534	54,9	13	1,3
2882321	Gado	1962	1996	20	15	42,9	0	0,0	94	22,4	0	0,0
2882331	Palmácia	1922	1996	42	33	44,0	0	0,0	376	41,8	0	0,0
2882339	Aç. Acarape do Meio	1912	1996	46	36	42,4	3	3,5	411	40,3	9	0,9
2882415	Pacoti	1913	1996	47	30	35,7	7	8,3	281	27,9	47	4,7
2882458	Acarape	1912	1996	73	10	11,8	2	2,4	44	4,3	6	0,6
2882601	Faz. Mulungu	1916	1996	36	30	37,0	15	18,5	239	24,6	78	8,0

Percentual de anos preenchidos no grupo: 50,9 relativo ao número de anos com total anual.

Percentual de anos consistidos no grupo: 8,0 relativo ao número de anos com total anual.

Percentual de meses preenchidos no grupo: 35,8 relativo ao número de meses com total mensal.

Percentual de meses consistidos no grupo: 2,8 relativo ao número de meses com total mensal.

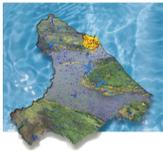


Tabela 3.4 - Parâmetros Estatísticos das Séries Pluviométricas Consistidas

Código	Nome	Latitude	Longitude	Médias Mensais (mm)												Estatísticas Anuais				
				jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média	D.P.	C.V.	Máx	Mín
111023	Beberibe	4° 13'	38° 7'	90,1	167,1	309,8	277,8	212,8	92,2	41,7	8,4	5,1	4,6	2,6	24,5	1236,7	554,9	0,449	2176,8	419,6
111038	Caucaia	3° 45'	38° 41'	108,0	215,0	326,0	291,0	168,4	136,5	59,9	14,9	10,5	13,9	13,7	46,0	1403,7	543,0	0,387	2418,6	675,9
111054	Guaramiranga	4° 17'	39° 0'	112,6	147,1	229,4	227,9	192,6	153,8	95,0	31,4	29,5	38,2	31,2	42,7	1331,4	444,8	0,334	2054,6	423,8
111082	Maracanã	3° 52'	38° 40'	100,9	181,4	306,2	275,4	182,2	121,4	63,9	14,1	15,1	16,0	12,3	49,7	1370,0	579,8	0,423	2778,5	650,2
111103	Pacajus	4° 11'	38° 28'	78,7	143,4	240,6	228,7	137,3	87,7	29,4	7,1	10,1	8,3	7,7	38,5	1017,5	470,5	0,462	2060	301,2
111125	Redenção	4° 12'	38° 49'	87,7	186,2	257,8	236,3	182,1	106,9	46,7	8,7	10,2	7,0	7,7	37,5	1207,2	388,8	0,322	1875,5	588,7
111157	Fortim	4° 27'	37° 47'	35,4	134,1	275,2	258,4	210,0	90,1	46,4	17,5	29,1	3,9	4,4	24,9	1136,8	501,5	0,441	1765,2	398,3
111176	Pindoretama	4° 3'	38° 20'	75,9	119,2	265,1	371,2	203,2	90,4	62,7	10,3	11,9	2,7	1,4	46,3	1260,3	532,0	0,422	1870,2	530,6
111354	Barreira	4° 19'	38° 39'	70,3	113,4	199,9	224,9	159,9	65,0	30,7	2,0	3,9	1,8	1,9	11,4	885,1	426,6	0,482	1551,4	320,6
111361	Ocara	4° 29'	38° 36'	80,2	109,1	185,8	195,2	117,2	55,2	18,9	1,8	0,0	0,0	0,0	24,4	787,7	298,0	0,378	1134	244,1
111362	Castelão	3° 43'	38° 33'	166,4	133,9	310,7	316,8	188,9	159,3	48,6	11,1	10,9	10,4	8,2	35,2	1400,3	491,6	0,351	2098,3	667,2
111394	Açude Amanaty	4° 1'	38° 53'	14,0	32,3	0,0	0,0	0,0	63,4	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	48,1	225,4	44,6	0,198	284,9	190,9
111411	Fazenda Tio Cosme	3° 41'	38° 54'	63,6	104,9	209,4	188,5	107,8	24,9	22,3	4,9	0,0	2,9	2,6	0,0	731,9	248,5	0,340	1053,7	322,6
111413	Fazenda Columinjuba	3° 58'	38° 43'	82,0	101,7	136,0	139,7	143,0	52,6	20,0	0,0	0,0	3,2	0,0	10,6	688,8	300,3	0,436	1317,7	308,6
111544	Ibaretama	4° 45'	38° 48'	62,0	159,3	174,0	200,0	115,2	52,3	6,5	0,1	0,0	0,0	0,0	12,1	786,4	319,0	0,406	1365,8	405,2
111552	Eusébio	3° 54'	38° 30'	58,8	176,4	286,7	368,1	232,1	129,9	47,8	3,7	1,7	9,8	2,6	12,7	1330,4	515,4	0,387	2063,4	628,9
3E+06	Paracuru	3° 23'	39° 5'	87,3	171,2	288,0	288,8	188,1	103,0	50,9	11,1	7,2	4,8	6,6	19,9	1267,3	538,9	0,428	2833,2	353,2
3E+06	São Gonçalo do Amarante	3° 36'	38° 58'	82,9	146,8	252,1	234,2	141,7	65,3	28,8	5,2	4,5	3,1	6,1	18,3	988,8	363,3	0,367	2196,9	357,1
3E+06	Umarituba	3° 40'	38° 59'	79,8	141,9	248,3	230,6	148,7	70,9	42,0	5,1	6,6	3,0	4,1	25,9	1007,0	424,5	0,422	1887,9	360,2
3E+06	Sítios Novos	3° 44'	38° 58'	86,6	140,8	210,5	214,3	150,6	60,1	47,0	6,2	7,0	2,6	6,0	22,7	937,8	343,1	0,366	1689,5	476,7
3E+06	Guararu	3° 43'	38° 50'	94,0	163,0	271,7	257,1	186,1	75,5	51,5	6,6	8,4	4,1	7,0	21,1	1174,1	451,7	0,388	2245,4	479,6
3E+06	Fortaleza Central	3° 44'	38° 32'	99,6	183,3	326,6	343,0	211,3	133,2	63,4	18,8	16,4	11,0	11,7	29,8	1436,2	501,0	0,349	2898,8	679,8
3E+06	Fortaleza (Escola Regional)	3° 45'	38° 32'	101,4	194,4	325,7	333,9	215,8	119,7	58,0	21,8	16,3	10,8	14,2	31,9	1498,4	528,7	0,353	2898,8	464,4
3E+06	Sítios Novos de Cima	3° 49'	39° 0'	59,8	102,8	216,0	201,5	106,7	43,8	21,9	1,8	0,0	0,3	0,0	27,0	800,8	323,6	0,404	1679,3	221,7
3E+06	Mondubim	3° 48'	38° 35'	128,0	195,7	353,2	318,1	201,8	163,0	70,6	18,1	15,9	10,1	6,6	45,3	1526,5	523,0	0,343	2656,3	645,9
3E+06	Maranguape	3° 53'	38° 41'	109,6	185,3	307,2	297,7	185,0	103,2	43,4	14,6	16,7	12,7	17,8	41,6	1343,8	477,0	0,355	2873,5	508,6
3E+06	Bom Princípio	3° 58'	38° 53'	76,8	131,2	235,0	211,1	124,2	62,1	39,0	8,7	4,3	3,5	2,2	17,9	916,0	351,3	0,384	1946,1	387,7
3E+06	Otávio Lobo (Trapia)	3° 58'	38° 47'	100,1	160,1	236,6	240,6	147,5	89,3	60,1	13,4	11,9	8,8	10,4	48,0	1144,0	385,3	0,337	2034,1	556,9
3E+06	Pacatuba	3° 58'	38° 37'	118,7	199,7	313,5	303,5	199,5	112,4	50,8	16,2	16,2	13,6	17,0	43,8	1405,7	554,9	0,395	2996	416,2
3E+06	Aquiraz	3° 54'	38° 23'	94,5	191,5	329,0	350,9	239,4	135,0	68,3	20,1	17,8	12,5	12,1	31,6	1498,8	599,1	0,400	2812,8	433,7
3E+06	Aratuba	4° 25'	39° 0'	104,7	161,2	262,2	298,0	254,9	172,8	101,6	31,0	16,4	24,6	20,3	50,0	1490,2	528,0	0,354	2898,4	416,3
3E+06	Itapebussu	4° 1'	38° 55'	86,0	154,0	213,0	233,5	151,7	73,4	42,7	7,8	10,1	6,0	8,3	34,4	1021,1	403,4	0,395	2095,1	372,1
3E+06	Columinjuba	4° 1'	38° 50'	86,3	164,6	294,4	287,9	163,9	67,7	24,7	6,1	5,0	5,0	7,3	29,8	1142,6	472,4	0,413	2474,8	179,3
3E+06	Guatuba	4° 2'	38° 38'	102,6	167,3	292,4	284,0	197,1	99,5	53,9	12,8	13,6	14,0	18,6	49,6	1330,5	447,3	0,336	2221,9	351,8
3E+06	Tanques	4° 5'	38° 47'	116,5	157,3	239,8	224,4	141,4	99,7	49,6	13,2	14,1	15,7	39,7	1124,9	446,7	0,397	2144,5	174,2	
3E+06	Juabaia	4° 3'	38° 42'	121,5	203,9	291,1	298,6	199,6	129,0	77,1	23,1	22,4	17,1	16,1	49,7	1449,2	501,9	0,346	2841,3	764,7
3E+06	Agude Riachão	4° 4'	38° 34'	78,5	158,8	259,8	270,9	162,5	72,1	34,3	12,8	8,6	10,5	10,0	40,9	1137,4	387,8	0,341	1980,6	355,2
3E+06	Bau	4° 7'	38° 40'	105,3	166,8	285,6	256,2	184,7	80,2	39,8	7,4	9,9	10,1	21,1	29,6	1208,1	445,5	0,369	2319,9	327,2
3E+06	Gado	4° 9'	38° 54'	101,1	151,9	266,0	283,1	173,0	103,9	67,0	18,9	18,6	14,7	14,6	49,1	1287,4	405,5	0,315	2602,5	647,1



Código	Nome	Latitude	Longitude	Médias Mensais (mm)												Estatísticas Anuais				
				jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média	D.P.	C.V.	Máx	Min
3E+06	Palmeira	4° 9'	38° 51'	103,1	170,8	286,6	275,0	180,5	88,0	41,9	11,6	14,7	15,7	14,9	42,5	1245,5	409,3	0,329	2303,6	371,4
3E+06	Acarape do Meio - Açude	4° 11'	38° 49'	99,1	176,7	278,3	255,6	168,3	94,2	45,9	17,0	14,8	15,2	16,6	43,3	1221,2	500,3	0,410	2590,9	0
3E+06	Pacoti	4° 13'	38° 56'	118,2	186,2	286,7	264,9	206,8	133,7	85,0	35,2	27,8	33,1	30,8	50,1	1447,4	463,9	0,321	2775,9	475,7
3E+06	Acarape	4° 13'	38° 43'	84,7	161,9	269,6	246,4	154,8	71,0	26,1	7,7	5,7	6,8	9,0	31,9	1104,0	408,5	0,370	2129,6	253,7
3E+06	Mulungu-Fazenda	4° 18'	39° 0'	75,9	133,5	212,1	224,6	159,2	95,0	51,3	24,3	9,9	13,2	11,3	29,3	1042,4	347,0	0,333	2000,1	323,9
3E+06	Baturité	4° 22'	38° 50'	78,8	136,1	223,9	196,1	156,2	80,8	32,5	9,7	5,3	8,2	10,7	26,9	967,2	364,1	0,376	1836,6	134,3
3E+06	Antonio Diogo	4° 19'	38° 46'	64,3	135,4	222,1	223,8	144,4	80,1	45,9	8,0	9,6	8,0	11,3	23,5	974,3	393,2	0,404	1953,8	153,1
3E+06	Aracoiaba	4° 22'	38° 34'	27,8	57,7	110,5	123,1	77,8	32,5	8,3	1,3	0,7	0,9	3,7	14,2	413,8	175,4	0,424	826,5	140,5
3E+06	Vazantes	4° 25'	38° 42'	70,9	128,4	230,4	204,3	134,4	61,7	26,0	5,0	3,1	6,4	6,8	21,7	904,0	369,6	0,409	2097,4	225,6
3E+06	Cascavel	4° 8'	38° 14'	99,8	194,8	316,1	300,3	197,3	90,5	38,6	11,2	10,9	11,2	17,1	42,3	1347,0	562,5	0,418	2920,9	233,6
3E+06	Angicos	4° 13'	38° 20'	88,2	120,2	243,0	221,1	130,5	79,0	26,8	2,9	6,8	5,5	5,0	35,0	964,0	452,9	0,470	1898,1	168,3
3E+06	Chorozinho	4° 19'	38° 29'	52,1	113,9	210,9	196,7	105,1	43,0	17,5	1,8	3,0	2,6	2,8	23,1	781,9	283,7	0,363	1382,1	258,4
3E+06	Itapeim	4° 20'	38° 7'	84,4	151,5	302,9	274,0	169,5	73,6	28,2	8,8	8,7	10,5	12,0	36,7	1160,9	418,7	0,361	2078,9	429,6
3E+06	Pitimbeiras (Pitombeira)	4° 26'	38° 20'	71,9	140,3	229,6	219,7	138,6	58,8	29,0	8,6	4,6	14,9	5,4	26,1	925,6	320,8	0,347	1977,8	379,6
3E+06	Umburanas	4° 28'	37° 57'	59,2	110,1	213,3	215,9	122,2	57,9	21,4	4,4	3,5	4,8	2,7	25,2	852,0	415,6	0,488	1916,7	315,7
3E+06	Fazenda Feijão	4° 34'	39° 10'	59,5	110,8	185,7	175,1	119,1	58,9	25,2	4,0	1,2	1,8	5,1	20,8	768,6	329,0	0,428	1832	186,7
3E+06	Açude Pompeu Sobrinho	4° 48'	39° 7'	59,1	103,8	180,2	175,8	110,8	54,6	24,8	7,9	1,3	5,4	10,2	20,9	757,1	290,1	0,383	1802,3	316,8
3E+06	Queimadas	4° 53'	39° 11'	60,3	88,3	178,7	182,9	117,1	60,2	25,1	4,9	0,9	1,8	9,0	17,8	723,9	286,2	0,395	1703,5	159,2
3E+06	Dom Maurício	4° 56'	39° 8'	70,6	138,3	224,8	224,3	164,5	88,3	42,6	14,8	4,3	7,9	9,9	28,5	1020,5	453,1	0,444	2814,4	240,8
3E+06	Riachão	4° 31'	38° 57'	71,2	126,5	197,8	200,2	140,7	55,0	24,0	5,4	1,8	3,0	6,5	24,6	842,5	329,7	0,391	1857	227,7
3E+06	Curupira	4° 32'	38° 34'	77,9	124,2	221,5	193,5	118,8	55,7	18,2	6,8	4,5	6,5	5,9	33,4	869,9	373,9	0,430	1799,3	275,3
3E+06	Itapluina	4° 33'	38° 57'	61,6	110,3	195,5	176,7	125,2	52,5	21,0	3,4	2,5	2,2	4,8	17,8	781,7	285,8	0,366	1809,3	195,2
3E+06	Caio Prado	4° 39'	38° 58'	69,9	109,5	205,0	190,0	124,2	59,2	26,7	11,2	1,1	3,6	7,2	23,5	842,2	298,6	0,355	1682,6	168,9
3E+06	Várzea Nova	4° 45'	38° 52'	66,3	110,2	203,9	188,2	113,9	70,4	21,7	4,8	1,1	6,2	14,1	27,2	825,8	317,2	0,384	1712,4	255,9
3E+06	Olho D'água	4° 45'	38° 51'	88,3	145,7	213,6	165,8	81,8	38,3	17,8	5,5	4,7	7,9	14,0	46,9	850,2	312,2	0,367	1903,5	386,9
3E+06	Daniel de Queiroz (Muxiopo)	4° 49'	38° 59'	55,2	107,2	178,8	159,5	95,6	41,5	13,7	2,4	1,5	1,0	4,8	21,9	681,2	302,6	0,444	1896,3	161,3
3E+06	Boa Água	4° 50'	38° 37'	72,5	109,6	199,0	180,1	111,7	61,6	26,3	5,6	2,3	5,2	3,9	30,5	808,3	349,4	0,432	1819,3	362,8
3E+06	Ibicuitinga	4° 58'	38° 39'	81,5	126,7	217,2	197,8	122,9	65,3	31,4	5,7	2,1	3,2	3,7	15,1	853,5	354,0	0,415	1821,2	241,3
3E+06	Cristais	4° 30'	38° 21'	54,8	104,1	188,6	184,0	115,5	45,0	18,1	3,1	2,0	2,2	6,5	19,6	743,7	296,0	0,398	1406,5	200,7
3E+06	Boqueirão do Cesário	4° 34'	38° 11'	53,3	102,4	199,4	189,5	110,4	66,7	25,8	6,7	3,6	3,5	2,3	22,2	782,4	345,0	0,441	1647,3	217,5
3E+06	Patos	4° 41'	38° 20'	77,1	106,1	221,3	202,3	121,9	55,6	30,8	4,5	4,2	3,4	2,3	22,7	852,6	354,9	0,416	1746,2	261,4
3E+06	Aracati	4° 34'	37° 46'	83,4	139,8	256,8	231,3	139,9	52,7	22,1	4,1	2,2	4,9	5,3	21,7	972,7	387,5	0,398	1901,4	192,9

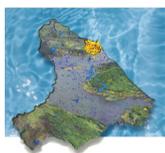


Tabela 3.5 - Parâmetros Estatísticos das Séries de Precipitações Médias (mm) dos Postos Fluviométricos

Código	Nome	Extensão da Série	Estatísticas Mensais												Estatísticas Anuais					
			Parâmetros	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média	D.P.	C.V.	Min	Máx
35650000	Sítios Novos	1922-1996	Média	76,5	140,4	240,3	237,9	134,8	56,3	23,8	5,3	5,2	4,4	5,6	26,4	956,9	378,7	0,396	179,5	2006,5
			D.P.	67,7	96,7	110,2	124,9	89,3	45,8	26,6	6,1	5,4	4,7	8,7	31,7					
			C.V.	0,9	0,7	0,5	0,5	0,7	0,8	1,1	1,2	1,0	1,0	1,6	1,2					
			Mínimo	0,0	3,7	8,9	32,5	14,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
35760000	Baú	1913-1996	Média	393,9	483,1	664,5	537,6	454,9	202,1	108,4	31,6	21,0	20,4	58,8	154,6	1132,0	455,2	0,402	179,5	2353,8
			D.P.	92,3	165,9	266,8	254,9	161,5	76,4	35,4	10,9	10,9	8,8	12,7	35,5					
			C.V.	83,7	113,4	125,0	121,8	99,1	65,3	40,5	13,1	12,0	9,5	18,2	37,8					
			Mínimo	0,0	3,7	8,9	34,3	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
35830000	Caio Prado	1912-1996	Média	414,5	483,1	664,5	597,8	454,9	316,4	183,6	69,6	63,9	45,6	115,5	180,3	754,4	299,1	0,396	196,3	1783,4
			D.P.	62,7	107,0	180,2	173,2	113,4	57,4	23,3	5,8	1,4	2,5	6,1	21,4					
			C.V.	53,9	73,8	87,1	84,4	72,6	49,8	31,3	12,4	2,9	5,3	14,5	25,7					
			Mínimo	0,0	7,9	26,4	8,5	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
35875000	Aracoiaba	1912-1996	Média	281,7	334,0	398,1	390,5	357,0	210,9	152,0	79,1	14,9	27,6	115,2	97,5	1199,2	392,5	0,327	366,4	2149,2
			D.P.	92,1	154,4	248,0	239,6	186,7	108,3	58,9	20,4	14,4	19,1	18,5	38,9					
			C.V.	72,8	98,7	96,5	98,3	97,5	79,2	51,1	19,8	14,5	21,0	18,6	35,0					
			Mínimo	0,8	0,6	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0	0,9					
35880000	Chorozinho	1912-1996	Média	6,4	32,4	32,9	46,6	22,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	803,0	291,5	0,363	249,5	1674,6
			D.P.	422,1	391,1	444,0	474,7	368,8	332,0	227,4	86,1	77,9	134,2	98,2	151,0					
			C.V.	67,1	116,7	196,9	183,0	117,1	58,2	24,8	7,1	3,2	4,3	8,7	25,9					
			Mínimo	55,0	77,3	87,9	87,3	70,4	50,0	30,5	13,0	5,2	6,7	18,2	27,6					
35950000	Cristais	1919-1996	Média	0,9	8,5	25,0	10,3	6,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	812,9	305,0	0,375	181,4	1713
			D.P.	309,9	317,9	376,9	420,5	292,0	193,6	136,8	82,1	28,5	35,0	151,8	118,3					
			C.V.	72,1	130,2	205,4	184,6	97,5	42,3	16,7	4,1	3,0	5,2	11,6	30,2					
			Mínimo	57,8	85,7	88,2	92,6	67,5	40,3	22,2	7,3	8,8	9,8	37,4	35,0					
35950000	Cristais	1919-1996	Média	4,7	22,7	41,7	8,0	2,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	803,0	291,5	0,363	249,5	1674,6
			D.P.	370,1	352,4	400,1	432,2	273,8	186,5	102,3	50,0	70,8	43,4	320,5	199,9					
			C.V.	4,7	22,7	41,7	8,0	2,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
			Mínimo	370,1	352,4	400,1	432,2	273,8	186,5	102,3	50,0	70,8	43,4	320,5	199,9					



Tabela 3.6 - Parâmetros Estatísticos das Séries de Precipitações Médias dos Açudes Existentes e Projetados

Nome	Extensão da Série	Estatísticas Mensais												Estatísticas Anuais					
		Parâmetros	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média	D.P.	C.V.	Min	Máx
Acarape do Meio	1912-1996	Média	104,4	173,4	282,6	261,7	182,5	97,9	52,1	19,8	18,2	20,0	18,9	44,3					
		D.P.	79,9	107,1	109,7	105,3	97,3	66,8	48,8	19,7	16,6	19,4	17,8	40,2					
		C.V.	0,8	0,6	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	1275,9	436,6	0,3	371,2	2438,6
		Mínimo	0,0	19,5	39,8	44,7	45,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
Amanari	1922-1996	Máximo	409,4	472,2	490,8	625,5	497,4	295,6	238,1	98,2	83,5	100,0	64,0	167,7					
		Média	85,4	162,3	286,1	281,1	160,9	66,7	25,1	6,1	5,3	5,0	7,3	29,5					
		D.P.	71,6	106,3	125,1	136,8	100,8	54,7	27,9	6,6	5,1	4,7	9,9	31,6					
		C.V.	0,8	0,7	0,4	0,5	0,6	0,8	1,1	1,1	1,0	0,9	1,4	1,1	1120,8	447,9	0,4	179,5	2353,9
Amarelas	1922-1996	Mínimo	0,0	3,7	8,9	32,5	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	393,9	483,1	664,5	598,0	454,9	253,1	119,1	35,8	21,0	20,4	58,8	128,3					
		Média	78,1	145,8	271,4	257,9	154,9	66,7	27,0	7,5	6,9	7,8	11,2	29,3					
		D.P.	62,2	105,5	144,0	125,6	105,9	59,7	28,3	10,2	9,6	12,7	26,4	34,6					
Anil	1922-1996	C.V.	0,8	0,7	0,5	0,5	0,7	0,9	1,0	1,4	1,4	1,6	2,4	1,2	1064,3	390,8	0,4	222,3	1933,8
		Mínimo	1,0	9,4	49,4	41,3	5,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	314,5	512,4	893,5	536,8	445,5	230,0	134,2	54,4	52,9	91,3	220,6	203,8					
		Média	75,4	138,1	241,7	233,2	134,6	62,8	23,7	4,8	4,5	3,7	5,0	22,0					
Anto. de Medeiros	1912-1996	D.P.	67,4	97,5	114,0	123,1	88,9	41,7	27,5	6,3	5,6	4,7	9,0	26,8					
		C.V.	0,9	0,7	0,5	0,5	0,7	0,8	1,2	1,3	1,3	1,3	1,8	1,2	939,4	375,2	0,4	179,5	2006,5
		Mínimo	0,0	3,7	8,9	32,5	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	393,9	483,1	664,5	533,1	454,9	173,5	105,3	31,9	25,9	20,4	58,8	114,5					
Aracoiaba	1912-1996	Média	63,4	129,0	208,3	197,8	126,0	50,0	21,7	5,0	2,7	3,3	4,7	19,0					
		D.P.	69,7	111,4	109,9	113,5	94,8	49,0	26,6	10,9	7,1	7,7	16,4	25,2					
		C.V.	1,1	0,9	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	2,2	2,2	2,6	2,3	3,5	831,0	371,8	0,4	192,9	1976,1
		Mínimo	0,0	2,1	3,1	25,8	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
Batente	1919-1966	Máximo	434,9	489,4	480,0	531,3	442,7	203,2	115,5	53,2	39,0	53,5	144,7	139,2					
		Média	86,5	148,9	241,3	229,3	175,8	98,8	51,5	16,9	11,9	16,0	16,1	35,4					
		D.P.	67,9	94,7	94,0	95,3	92,4	73,7	45,9	17,1	12,2	18,3	17,5	33,4					
		C.V.	0,8	0,6	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	0,9	1128,3	376,7	0,3	300,2	2024,4
Castro	1912-1996	Mínimo	5,9	29,2	39,2	42,0	20,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7					
		Máximo	376,7	371,2	421,6	464,7	338,4	299,7	208,8	72,2	71,2	116,4	102,4	150,6					
		Média	74,4	132,5	203,9	177,8	92,9	42,6	17,1	4,5	3,2	6,1	13,7	34,0					
		D.P.	60,3	88,5	87,8	92,9	66,7	43,3	25,1	9,2	10,4	11,8	42,3	42,4					
Castro	1912-1996	C.V.	0,8	0,7	0,4	0,5	0,7	1,0	1,5	2,1	3,2	2,0	3,1	1,2	802,6	287,3	0,4	214,8	1722,9
		Mínimo	2,4	22,4	38,9	7,4	1,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	386,1	367,0	389,8	393,4	260,4	194,1	119,2	69,4	85,0	57,9	359,4	256,2					
		Média	73,3	125,4	203,7	203,6	149,2	81,8	40,5	10,3	5,0	7,4	8,9	27,2					
Castro	1912-1996	D.P.	57,9	80,4	94,0	95,4	92,2	68,8	45,0	13,9	6,9	13,9	14,2	28,2					
		C.V.	0,8	0,6	0,5	0,5	0,6	0,8	1,1	1,4	1,4	1,9	1,6	1,0	936,2	334,1	0,4	226,7	2061,3
		Mínimo	0,9	18,4	27,7	12,0	2,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	299,1	349,0	460,8	470,9	478,7	380,7	200,2	56,4	34,1	86,9	95,6	140,0					



Nome	Extensão da Série	Estatísticas Mensais												Estatísticas Anuais					
		Parâmetros	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média	D.P.	C.V.	Min	Máx
Catu	1912-1996	Média	118,6	216,2	219,4	128,6	57,7	14,9	13,8	10,0	9,5	35,5	67,7						
		D.P.	99,0	114,0	128,7	133,7	110,3	56,1	20,7	49,6	14,4	13,3	97,4	63,1					
		C.V.	0,8	0,5	0,5	0,6	0,9	1,0	1,4	3,6	1,4	1,4	2,7	1,1	1149,0	442,5	0,4	327,4	2306,5
		Mínimo	0,0	38,2	13,5	15,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	492,6	490,6	680,9	538,2	462,0	246,5	115,5	453,2	79,5	67,9	849,7	359,9					
Cauhaípe	1922-1996	Média	81,9	151,6	260,4	249,7	154,9	60,1	28,8	5,4	6,1	4,4	6,4	21,5					
		D.P.	73,4	110,2	126,1	129,6	108,5	52,7	46,4	9,2	10,1	6,3	15,0	24,7	1031,2	432,0	0,4	179,5	2232,4
		C.V.	0,9	0,7	0,5	0,5	0,7	0,9	1,6	1,7	1,7	1,4	2,3	1,2					
		Mínimo	0,0	3,7	8,9	32,5	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	393,9	483,1	664,5	588,9	485,9	192,4	230,7	64,8	58,6	35,7	109,4	92,9					
Ceará	1912-1996	Média	84,1	160,3	262,4	256,3	171,5	79,6	39,1	13,7	10,1	7,4	11,3	29,2					
		D.P.	79,7	119,5	137,2	115,8	105,9	58,1	44,0	16,7	10,5	6,9	16,6	35,8	1124,9	461,5	0,4	376,7	2873,5
		C.V.	0,9	0,7	0,5	0,5	0,6	0,7	1,1	1,2	1,0	0,9	1,5	1,2					
		Mínimo	0,0	12,2	22,1	34,7	25,2	6,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	470,1	521,2	710,1	543,2	551,0	297,0	245,1	105,0	66,3	38,4	93,6	219,2					
Choró	1912-1996	Média	63,9	110,5	184,5	178,3	121,9	64,2	28,2	7,1	2,4	3,9	7,0	22,9					
		D.P.	52,8	74,6	88,7	86,8	75,7	54,5	34,3	12,1	3,6	6,5	13,8	25,3					
		C.V.	0,8	0,7	0,5	0,5	0,6	0,8	1,2	1,7	1,5	1,7	2,0	1,1	803,3	301,7	0,4	204,4	1838,3
		Mínimo	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	292,5	311,6	390,3	409,3	377,4	269,0	161,8	76,4	16,2	33,9	111,9	97,2					
Choró-Limão	1912-1996	Média	62,5	96,5	170,8	176,6	114,3	59,8	24,4	5,3	1,4	2,5	7,5	19,2					
		D.P.	64,6	72,1	83,3	93,5	78,0	53,8	32,7	12,6	3,6	6,5	23,5	28,8					
		C.V.	1,0	0,7	0,5	0,5	0,7	0,9	1,3	2,4	2,5	2,6	3,1	1,5					
		Mínimo	0,0	0,0	15,8	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	405,9	384,6	355,0	428,8	397,5	267,2	155,7	75,4	16,7	36,8	200,4	129,7					
Feijão	1919-1996	Média	77,2	132,2	199,8	169,1	87,0	41,0	19,3	4,9	3,3	7,0	15,3	35,0					
		D.P.	65,8	103,6	94,0	97,1	72,8	45,8	32,3	12,3	13,1	14,7	48,0	51,8					
		C.V.	0,9	0,8	0,5	0,6	0,8	1,1	1,7	2,5	3,9	2,1	3,1	1,5	791,2	294,2	0,4	168,9	1797,2
		Mínimo	0,0	0,0	25,0	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	355,6	562,0	416,3	396,5	290,8	193,1	159,2	94,4	106,8	76,0	400,4	324,3					
Gameleiras	1912-1996	Média	103,1	168,2	265,9	244,9	191,5	113,3	65,5	27,5	20,8	26,0	25,1	42,7					
		D.P.	83,4	112,6	114,4	105,7	100,2	80,5	60,2	28,3	23,3	26,0	26,3	40,5					
		C.V.	0,8	0,7	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,1	1,0	1,0	0,9	1294,6	463,9	0,4	443,8	2583,5
		Mínimo	3,9	19,1	12,1	40,8	26,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	534,3	498,8	568,5	603,9	478,4	359,5	330,5	135,0	103,2	124,1	123,1	172,2					
Gavião	1912-1996	Média	99,3	189,8	300,8	291,5	181,9	92,7	39,6	15,6	12,9	12,1	15,4	46,2					
		D.P.	84,4	125,8	138,9	139,2	104,7	74,2	47,3	33,9	17,8	16,6	20,3	68,8					
		C.V.	0,9	0,7	0,5	0,5	0,6	0,8	1,2	2,2	1,4	1,4	1,3	1,5	1297,7	502,3	0,4	321,1	2892,5
		Mínimo	0,0	6,7	47,4	41,5	19,7	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
		Máximo	469,5	529,7	710,1	767,7	511,0	371,4	219,9	287,8	87,4	99,0	118,5	515,3					



Nome	Extensão da Série	Estatísticas Mensais												Estatísticas Anuais						
		Parâmetros	jan	fev	mar	abr	ma	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média	D.P.	C.V.	Min	Máx	
Germinal	1912-1996	Média	107,0	172,8	282,8	262,1	187,6	104,3	58,8	23,3	20,6	22,0	21,2	44,9						
		D.P.	83,2	109,9	115,0	108,5	98,7	70,8	54,3	23,7	19,0	23,0	20,4	41,2						
		C.V.	0,8	0,6	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	1,308,5	446,0	0,3	371,4	2636,8
		Mínimo	0,0	19,5	19,2	44,4	38,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
Itapebuçu	1922-1996	Média	478,9	472,0	521,1	693,8	498,6	316,1	288,1	129,2	95,2	111,8	85,8	174,5						
		D.P.	93,6	161,3	272,5	267,3	167,6	79,5	37,5	9,9	11,9	12,1	11,7	37,0						
		C.V.	66,5	98,1	100,3	111,3	88,4	53,9	37,9	10,1	12,0	13,3	12,7	35,0	1161,9	381,0	0,3	358,6	2370,8	
		Mínimo	0,0	15,3	35,5	41,2	43,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
Macacos	1919-1996	Média	372,3	472,0	532,9	679,7	487,3	220,7	148,2	37,3	50,9	69,1	67,4	165,9						
		D.P.	76,2	135,0	200,0	170,8	87,8	40,9	18,3	4,7	3,3	6,9	15,7	37,3						
		C.V.	65,9	99,5	93,9	99,0	72,3	47,1	30,9	12,0	13,0	14,8	48,1	52,6	796,9	289,0	0,4	168,9	1763,6	
		Mínimo	0,0	0,7	0,5	0,6	0,8	1,2	1,7	2,6	3,9	2,2	3,1	1,4						
Mat-Cozinhado	1912-1996	Média	404,4	452,1	385,9	422,9	280,7	219,3	125,2	94,4	106,8	76,0	400,4	324,3						
		D.P.	86,5	168,6	282,5	282,5	172,7	80,3	29,2	9,0	9,4	9,0	13,5	38,2						
		C.V.	76,4	123,2	134,0	136,9	112,9	71,5	32,9	19,9	13,0	12,4	27,1	50,4	1181,2	475,6	0,4	346,4	2306,5	
		Mínimo	0,0	19,1	66,1	27,2	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					
Pacajus	1912-1996	Média	444,9	601,4	685,1	543,1	462,0	341,2	150,6	161,6	59,0	67,7	232,0	263,4						
		D.P.	72,5	130,3	214,1	206,6	144,9	76,2	36,1	10,4	6,9	9,0	10,7	28,2						
		C.V.	55,9	84,1	87,3	89,9	80,5	57,9	35,3	12,1	7,9	11,6	14,8	26,5	945,9	324,1	0,3	291,3	1810,5	
		Mínimo	0,8	0,6	0,4	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,1	1,3	1,4	0,9						
Pacoti-Riachão	1912-1996	Média	312,3	327,5	396,0	418,8	343,6	285,7	158,7	58,0	46,6	72,8	111,0	132,7						
		D.P.	88,4	164,3	266,8	255,7	161,5	76,8	33,6	11,9	9,7	9,8	11,7	36,0						
		C.V.	73,8	106,4	108,1	106,2	90,9	62,0	37,1	19,4	10,7	11,7	15,1	45,9	1128,2	418,4	0,4	289,1	2189,6	
		Mínimo	1,7	22,9	51,9	43,7	33,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1						
Pesqueiro	1912-1996	Média	393,9	432,5	510,1	500,6	429,3	288,4	178,8	155,4	51,1	65,1	90,2	309,1						
		D.P.	93,3	151,7	245,4	260,3	207,9	127,7	72,3	21,9	11,1	16,3	16,7	39,5						
		C.V.	79,5	102,4	120,2	142,1	144,5	113,3	76,3	30,2	15,8	35,3	25,7	43,9	1264,1	513,0	0,4	227,7	2646,7	
		Mínimo	0,0	24,5	29,0	26,6	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
Sítios Novos	1922-1996	Média	390,8	463,8	652,0	759,3	691,9	505,7	341,0	152,0	77,7	255,6	147,3	281,8						
		D.P.	78,0	142,2	243,6	239,3	138,1	58,0	24,8	5,6	5,9	5,4	6,1	27,5						
		C.V.	63,6	95,0	106,6	118,8	86,9	44,2	26,4	6,1	5,7	5,7	8,8	31,3	974,5	369,5	0,4	231,8	2020,0	
		Mínimo	0,0	6,1	14,4	34,4	14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
Máximo	346,8	481,0	637,5	536,7	461,4	189,5	107,1	31,7	22,7	28,9	60,5	153,6								



Definir seca é a primeira dificuldade que se enfrenta quando se trabalha com o tema, dado que inexistente uma definição universal para o fenômeno. Uma revisão da literatura sobre o tema mostra que, na realidade, existem diferentes tipos de secas, cujos conceitos estão associados a diferentes pontos de vista. Por exemplo, uma seca no abastecimento de água pode ser pensada como uma deficiência da oferta, em relação às necessidades. Uma seca agrícola pode ser vista como uma insuficiência na umidade do solo a nível do sistema radicular das culturas, impedindo ou reduzindo a produção agrícola. Da perspectiva sócio-econômica, uma seca estar relacionada ao campo das atividades humanas afetadas e aos problemas sociais e econômicos gerados. Ademais, claro está, que a ocorrência de uma seca climatológica praticamente implica também na seca agrícola; a recíproca, contudo, pode não ser verdadeira.

Neste sentido, alguns aspectos devem ser levados em consideração quando da análise realística de seca:

- i) o interesse maior da análise (precipitação, vazão ou umidade do solo);
- ii) a escala temporal dos dados a ser empregados (semanal, mensal, semestral ou anual);
- iii) existência de periodicidade ou ciclo definido;
- iv) classificação da seca, de acordo com suas conseqüências, em classes, a saber: climatológica, hidrológica, agrícola e sócio-econômica.

3.2 .1 – DESENVOLVIMENTO DE PARÂMETROS INDICADORES DE SECA

De acordo com Thomas, apud Campos (1983), uma seca climatológica difere de uma seca agrícola e ambas são distintas de uma seca hidrológica. O autor observa que uma seca meteorológica é, as vezes, definida como uma prolongada e anormal ausência de chuvas. Já a seca agrícola se configura quando a umidade do solo atinge valores nulos ou muito baixos, de forma a reduzir consideravelmente o rendimento das culturas.

A seca hidrológica pode ser pensada como um período durante o qual as potencialidades hídricas de uma determinada região atingem valores anormalmente menores que os habituais. Assim para a configuração de uma seca hidrológica numa região com rios perenes basta os mesmos atingirem vazões de estiagem anormalmente inferiores às habituais, já para regiões onde os rios são normalmente intermitentes, uma seca hidrológica se configura quando os volumes escoados anualmente são inferiores aos habituais ou nulos, fato este que não depende só do montante precipitado, quanto mais diretamente, da distribuição temporal da precipitação.

Os conceitos apresentados acima tem por objetivo mostrar que o conceito de seca não apresenta uma definição clara e precisa, dependendo tanto do ponto de vista (hidrológico, climático, agrícola, etc.), quanto da região em que se pretende analisar este fenômeno.

Nesse sentido, vários pesquisadores buscaram o desenvolvimento de índices que avaliassem a ocorrência das secas sob diferentes contextos e pontos de vista.



Analisando exclusivamente os autores que desenvolveram metodologias desenvolvidas ou aplicadas no nordeste brasileiro, podemos citar os seguintes:

- Hargreaves (1973), que mediante uma análise das precipitações mensais em 234 locais do Ceará, propôs o índice de disponibilidade de umidade (MAI), como parâmetro indicador do potencial de produção agrícola da região;
- Herbst, Bredenkamp e Barker (1966), que propuseram um índice de severidade de seca baseado, exclusivamente, em dados de precipitação;
- Campos e Lima (1993), que definiram o conceito de ciclo máximo anual contínuo de umidade no solo (CMACU) como a duração, em dias, do maior período do ano em que o solo mantém, continuamente, umidade disponível para culturas, determinado a partir do balanço hídrico diário no solo, sendo este parâmetro utilizado para determinar a periodicidade de ocorrência de secas (frequência e tempo de recorrência);
- Tucci (1979), que desenvolveu um algoritmo que relaciona a capacidade de infiltração com a umidade do solo, determinando as quantidades de águas infiltradas e escoadas como decorrentes do processo de subtração da precipitação e;
- Molinas e Andrade (1993), que desenvolveram um modelo de balanço de umidade no solo (MUSAG) e utilizaram este como ferramenta de avaliação e previsão dos déficits hídricos na agricultura para vários locais do Nordeste e, particularmente, para o estado do Ceará.

3.2.2 – METODOLOGIA BASEADA NO DÉFICIT HÍDRICO SIMPLIFICADO

Esta metodologia, desenvolvida por Herbst, Bredenkamp e Barker para dados de chuva mensais tem por objetivo identificar e avaliar o grau de severidade das secas ocorridas, exclusivamente do ponto de vista climatológico.

Como já foi comentado a principal vantagem do método é a de requerer, exclusivamente, dados de chuva a nível mensal para sua aplicação.

O procedimento empregado consiste em calcular uma série de precipitações “efetivas” e déficits hídricos, a partir da série de precipitações médias mensais de um dado posto pluviométrico, valendo-se de uma espécie de “efeito memória” que permite identificar os meses de início e fim das secas e um índice de severidade das mesmas.

A seguir é descrito o roteiro de cálculo aplicado para cada posto pluviométrico de forma detalhada.

3.2.1.1 - Cálculo da série de precipitações “efetivas”

O “efeito memória” que transporta, mês a mês, o efeito das chuvas precedentes sobre os déficits hídricos atuais é determinado pela subtração na precipitação do mês em estudo da precipitação média mensal obtida para aquele mês, de forma a obter-se um déficit ou um excesso. O resultado dessa subtração é multiplicado por um fator de contribuição obtido para o mês seguinte, sendo, então, esse produto acrescido algebricamente a precipitação do mês em estudo. Como resultado dessa operação tem-se a precipitação “efetiva” expressa matematicamente pela seguinte equação:



$$PEF_{i,j} = (P_{i,j-1} - \overline{P}_{j-1}) * W_j + P_{i,j}$$

onde :

$PEF_{i,j}$: precipitação “efetiva” do ano i , mês j (mm);

\overline{P}_{j-1} : precipitação média do mês $j-1$ (mm);

W_j : fator de contribuição de excesso ou déficit do mês $j-1$ ao mês j e é dado por:

$$W_j = 0,1 * \left(1 + \frac{\overline{P}_j}{12} * Pa\right)$$

com:

\overline{P}_j : precipitação média do mês j (mm);

Pa : precipitação média anual (mm).

Essa fórmula empírica para o cálculo de W_j encontra-se baseada na hipótese de que o efeito do transporte, seja ele benéfico ou não, seria maior nos meses mais importantes para agricultura, quando a precipitação é maior que nos meses normalmente mais secos. Note-se que para o primeiro mês do registro o transporte deve ser nulo, acarretando assim uma precipitação efetiva igual a precipitação registrada. Este algoritmo simplificado para o cálculo da precipitação efetiva é válido sob a hipótese que a região a ser estudada apresenta homogeneidade pedológica. Assim, mesmo não levando em conta parâmetro referente à capacidade de armazenamento de umidade por parte do solo, dado que o tratamento é equivalente para todos os postos pluviométricos, a precipitação efetiva calculada por este método poderá refletir, mesmo que de forma indicativa, o efetivo comportamento das chuvas antecedentes.

3.2.1.2 – Cálculo da Série de Déficit Hídricos Mensais

Os défitos mensais são determinados pela diferença entre a precipitação efetiva e a chuva média do referido mês. Assim, os défitos mensais são calculados para toda a série pela equação:

$$DEF_{i,j} = PEF_{i,j} - \overline{P}_j$$

onde :

$DEF_{i,j}$: déficit hídrico do ano i , mês j (mm);

$PEF_{i,j}$: precipitação “efetiva” do ano i , mês j (mm);

\overline{P}_j : precipitação média do mês j (mm).



Note-se que a palavra “déficit”, apesar de sempre se referir ao resultado da diferença acima, melhor se adequa quando esta é negativa.

Já na determinação dos déficits médios mensais não são levados em consideração apenas os meses em que a diferença resultou negativa, sendo também contados os meses em que a mesma resultou positiva, considerando, no entanto, nulas para efeito de cálculo dos déficits médios mensais, ou seja:

$$\overline{DEF}_j = \frac{\sum_{i=1}^n DEF_{i,j}}{n}$$

onde:

n : número de anos total da série pluviométrica;

\overline{DEF}_j : déficit médio do mês j (mm). Quando $DEF_{i,j} > 0$, fazer apenas para o cálculo dos déficits médios mensais $DEF_{i,j}=0$.

Somando-se os doze valores dos déficits médios mensais obtêm-se o déficit médio anual, o qual será utilizado no próximo passo da metodologia adotada.

Este procedimento, baseado no conceito de precipitação efetiva acima discutido, permite, também de forma qualitativa refletir o comportamento dos déficits hídricos em cada posto pluviométrico, usando critérios homogêneos para todos os locais. Novamente se for confirmada a hipótese de que as condições pedológicas são relativamente homogêneas para todos os locais da região a ser estudada as simplificações incluídas no método no prejudicarão os resultados.

3.2.1.3 – Determinação do Início da Seca

O teste para determinação do início da seca baseia-se na comparação entre as somas das diferenças negativas (déficits) a partir do ponto (1º mês em que se verifica um déficit) onde começa o teste e uma escala de doze valores calculados por interpolação linear entre a máxima precipitação média mensal e o déficit médio anual. Nesse sentido foi definido um incremento mensal (X) através da expressão:

$$X = \frac{\overline{D}_a - \overline{P}_{\max}}{11}$$

onde:

\overline{D}_a : déficit médio anual;

\overline{P}_{\max} : máxima precipitação média mensal;

sendo a escala de 12 valores expressa por:

$$\overline{P}_{\max} + (n - 1) * X, \quad n=1..12$$



A condução do teste para determinação do início de uma seca é descrita detalhadamente a seguir.

Inicialmente assume-se a hipótese de que nenhuma seca ocorreu antes do período de registros de chuva disponível. Em seguida, as diferenças ($PEF_{i,j} - \bar{P}_j$), a partir do primeiro mês de registro, são verificadas até que seja detectada uma negativa. Nesse ponto diz-se verificado o início de uma seca potencial.

O valor absoluto dessa diferença negativa (déficit) é então comparado ao primeiro valor (P_{max}) da escala de doze valores obtida anteriormente e se igualado (rara possibilidade) a metodologia assume que uma seca foi iniciada nesse mês. Caso contrário, a diferença do próximo mês é inspecionada e se negativa é acrescida ao déficit do mês anterior e comparada com o segundo valor da escala. Se for excedido, ou seja, se $(DEF_{i,j-1} + DEF_{i,j}) > \bar{P}_{max} + (2-1) * X$, a seca é dita começando no mês anterior ($j-1$).

Dessa maneira o valor absoluto da soma de todos os déficits (diferenças negativas), ocorridos de um primeiro mês com diferença negativa sobre um período de doze meses consecutivos com diferenças negativas, é testado seqüencialmente contra os doze valores da escala obtida por interpolação linear. Se em qualquer tempo a soma das diferenças negativas do primeiro mês ao n -ésimo (n variando de 1 a 12) exceder o valor obtido na escala, uma seca é dita iniciada no primeiro mês da seqüência testada.

Se, no entanto, em qualquer ponto durante esses 11 testes a soma das diferenças tornar-se positiva (i.e., diferenças positivas excedem as diferenças negativas) a seca potencial é assumida como terminada, não tendo sido, portanto, confirmada uma seca verdadeira. O teste para início de seca recomeça, então, no próximo mês com déficit.

Uma vez constatado início de uma seca parte-se para o teste seguinte: teste de determinação do fim da seca.

3.2.1.4 – Determinação do Término da Seca

Esse teste é aplicado a partir do primeiro mês, após o início da seca, com diferença positiva. É constituído por três etapas. A primeira consiste na satisfação de uma pré-condição de existência de no mínimo um dos dois meses seguintes ao inicial (primeiro mês com diferença positiva) também com diferença positiva. Atendida essa pré-condição, o período em estudo está qualificado para aplicação dos dois testes seguintes, os quais são desenvolvidos simultaneamente.

A segunda etapa, correspondente ao primeiro teste, visa verificar se há ou não uma breve interrupção na seca (“invérnico”). Consiste em somar algebricamente todas as diferenças do primeiro ao n -ésimo (com n variando de 1 a 12) mês do teste. Se a soma tornar-se negativa antes que a condição de término tenha sido satisfeita (segundo teste), então ocorreu apenas uma breve interrupção da seca, não tendo sido caracterizado o término verdadeiro. O teste então recomeça no próximo mês com diferença positiva.

O segundo teste, correspondente a condição de término propriamente dita, compreende dez testes seqüenciais e consiste primeiramente na soma da precipitação do



primeiro ao terceiro mês testado ($\sum_{j=1}^3 P_{i,j}$) e sua comparação com a soma dos três maiores valores de $\overline{P_j}$. Se $\sum P_{i,j} > \sum 3 \text{maiores } \overline{P_j}$ está constatado o fim da seca. Senão, o somatório das quatro $P_{i,j}$ é comparado com a soma das quatro maiores precipitações médias mensais. Se ainda assim a seca não tiver terminado, procede-se a comparação sucessiva até o 12º mês, quando o confrontamento se dá com a precipitação média anual (somatório das doze precipitações médias mensais). Nessa etapa, confirmado o fim da seca, a metodologia julga que o término se dá no mês no qual o teste múltiplo teve início, ou seja, no mês em que a pré-condição foi atendida.

A duração da seca é assumida como o número de meses consecutivos com déficit.

No gráfico da [Figura 3.1](#) está ilustrada a aplicação da metodologia adotada para um exemplo hipotético.

3.2.1.5 – Determinação do Índice de Severidade da Seca

É sempre desejável comparar secas de duração e intensidade variáveis independente da variabilidade sazonal na precipitação. Para este propósito foi introduzido um índice de severidade de seca.

Esse índice é determinado pelo produto entre a duração da seca e a intensidade média mensal de seca (Y), que é dada por:

$$IIS = \frac{\sum_{n=1}^D \left(\left| DEF_{j+n-1} \right| - \left| \overline{DEF_{j+n-1}} \right| \right)}{\sum_{n=1}^D \left| \overline{DEF_{j+n-1}} \right|}$$

onde: D : duração da seca;

IIS : índice de intensidade da seca;

j : mês de início da seca;

$$\text{se } \left| DEF_{j+n-1} \right| < \left| \overline{DEF_{j+n-1}} \right| \Rightarrow \left| DEF_{j+n-1} \right| - \left| \overline{DEF_{j+n-1}} \right| = 0$$

Finalmente o índice de severidade da seca é expresso por:

$$ISS = IIS * D$$

3.2.1.6 – Apresentação dos Resultados

Nesse estudo a metodologia acima exposta foi aplicada de forma a avaliar a gravidade das secas sob duas óticas distintas, a saber:

- i) identificação da ocorrência de secas e avaliação de sua extensão temporal em cada posto pluviométrico com dados disponíveis e;
- ii) realizar um mapeamento da severidade das secas em toda a região estudada.



A metodologia acima descrita foi aplicada para todos os postos pluviométricos da região que dispunham de mais de 25 anos de dados, sendo agrupados do seguinte modo:

- postos de longa duração (postos começando nas décadas de 10 e 20), num total de 27;
- postos de média duração (postos começando nas décadas de 30 e 40), totalizando 10;
- postos de curta duração (postos começando nas décadas de 50 e 60), num total de 18.

Tais categorias de postos foram estudadas separadamente, evitando-se assim a comparação entre postos que não dispunham informações em períodos climáticos críticos, como as décadas de 30 e 50, marcadamente secas.

Os resultados obtidos da perspectiva de cada posto, isto é, a distribuição temporal das secas para cada posto individualmente, são apresentados sob a forma de diagramas de barras, constantes do Tomo III.

A metodologia baseada em déficits de precipitação identifica, obviamente, também, como seco o período normal de estiagem da região, ou seja, os períodos fora da estação chuvosa.

Assim, visando a identificação das secas mais críticas da região, foram identificados exclusivamente aqueles períodos que apresentaram severidade superior a 25 e 50% da severidade média das secas de cada posto. Nestes diagramas foram constatadas todas as grandes secas ocorridas no Nordeste como as de 1915, 1919, 1931, 1932, 1942, 1951, 1953, 1958 e 1970. Também é marcadamente identificado o prolongado período seco que assolou o Nordeste entre 1978 e 1983.

Por outro lado, a análise destes diagramas permite verificar como os períodos secos são prolongados, mesmo que não caracterizem, obrigatoriamente, a ocorrência de secas contínuas. Na realidade, tais períodos abrangem tanto os anos secos como períodos anteriores e posteriores, com disponibilidade hídrica deficitária.

O índice de severidade de seca proposto pelos autores da metodologia consiste num indicador que compara os déficits ocorridos mês a mês (dentro do período de seca) com os valores de déficit esperados para aquele mês (déficit médio mensal). Isso é feito para cada posto individualmente, ou seja, são avaliados os déficits mensais do posto e comparados com a média mensal daquele posto. Esta abordagem constitui um indicador da gravidade de uma seca a nível local.

Visando a comparação da severidade das secas entre postos, e não apenas em relação aos valores médio do mesmo posto, foi feita uma adaptação no cálculo desse índice de forma que fossem comparados os déficits mensais dos postos com os déficits médios mensais da região. Buscou-se com isso, a visualização da distribuição espacial das severidades das secas. Os resultados obtidos, sob a ótica da espacialização dos dados, são apresentados sob a forma de mapa ([Mapa 3.4](#)) contendo isolinhas do indicador regional de severidade das secas.

As áreas hachuradas com cor mais escura representam aquelas regiões onde o impacto ou a severidade de uma seca é mais intensa, ao passo que aquelas áreas mais claras representam as regiões menos impactadas.



No referido mapa se evidencia o fato de que as áreas com maiores índices de precipitação são mais vulneráveis às secas que ocorrem na região do que as áreas com índices pluviométricos menores.

Visando explicitar a relatividade dos resultados obtidos pelo método bem como elucidar questões sobre sua validade e aplicabilidade, está apresentado no [Mapa 3.5](#) o zoneamento para os mesmos postos tomando agora como referência os déficits médios mensais de grande parte dos postos pluviométricos do Nordeste Brasileiro.

Pode-se constatar no mapa que retrata a regionalização apenas com os déficits médios das próprias Bacias Metropolitanas ([Mapa 3.4](#)) que a área que sofre maior severidade é exatamente a que apresenta maior índice de pluviometria, corresponde à Região Metropolitana de Fortaleza. Com severidade intermediária registra-se, no referido mapa, todo o restante do litoral e a Serra de Baturité, particularmente nos municípios de Baturité e Aratuba. Todo o restante da bacia apresentou severidade menor. Em contrapartida, no mapa que trata do zoneamento da severidade de seca em relação aos déficits médios do nordeste setentrional ([Mapa 3.5](#)) quase toda a região das Bacias Metropolitanas encontra-se hachurada com a cor mais escura, correspondendo à classe com maior índice de severidade. Apenas a porção da bacia correspondente a Alta Bacia do Choró, justamente uma das regiões mais secas dentro do contexto da área aqui estudada, apresentou classificação intermediária. Isto porque, nessa abordagem alternativa, as áreas que apresentaram os índices de severidade de seca relativos mais baixos na região adicional analisada foram justamente as bacias do Alto Paraíba e do Moxotó, áreas de baixa pluviosidade.

Diante do exposto, é possível constatar que as áreas de pluviometria relativamente mais elevada (vide isoietas anuais, [Mapa 3.2](#)), as estações chuvosas com precipitações abaixo do normal tem impacto imediato.

Para se entender melhor este paradoxo pode-se colocar a seguinte questão: durante a seca de 1993, particularmente severa, choveram escassos 250 mm na cidade de Fortaleza que apresenta uma precipitação média anual superior aos 1500 mm. Por outro lado, no posto pluviométrico do município de Tauá, localizado na região de Inhamuns, para o mesmo ano, registrou 150 mm, sendo que a média para este posto é de aproximadamente 600 mm.

Assim da estrita perspectiva dos montantes precipitados a seca do ano de 1993 foi mais severa em Fortaleza do que em Tauá, dado que a diminuição do índice pluviométrico foi maior na primeira. Estes resultados evidencia ainda mais os diferentes conceitos de seca discutidos no início deste capítulo e as limitações de cada metodologia de avaliação da seca, dado que, mesmo com uma redução mais severa do índice pluviométrico, a região de Fortaleza apresenta condições pedológicas e climáticas mais amenas para atravessar o mesmo evento de seca.

3.2.3 – METODOLOGIA BASEADA NA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

Os déficits hídricos a nível de parcela do solo são indicadores do que se denomina no Nordeste de seca agrícola. Trata-se de um padrão pluviométrico tal, que devido a sua variabilidade espacial e temporal, reduz consideravelmente a produtividade das culturas de sequeiro ou, nos casos extremos, as inviabiliza.



Uma metodologia para a avaliação da frequência e severidade com que ocorre este tipo de seca pode ser desenvolvida com base na aplicação de um modelo de umidade do solo do tipo do MUSAG (modelo e umidade do solo para fins agrícolas).

O modelo de umidade do solo proposto utiliza as seguintes equações com intervalo de tempo diário:

$$US_f = US_i + VI - VP - VEVT$$

$$VESC = Pr - VI$$

onde US_f (mm.) e US_i (mm.) são as umidades do solo inicial e final do período em estudo, respectivamente; VI (mm.) é o volume infiltrado; VP (mm.) é o volume percolado; $VEVT$ (mm.) é o volume evapotranspirado; $VESC$ (mm.) é o volume escoado e Pr (mm.) é a precipitação ocorrida.

Estas variáveis são avaliadas com base nas seguintes funções:

- Função de infiltração (I). - Considera-se que a capacidade de infiltração do solo é uma função das características pedológicas do solo e da quantidade de umidade disponível no mesmo num dado instante, assim:

$$I = I_0 \quad \text{para } US = 0.$$

$$I = PP + (I_0 - PP) \left[\frac{CC - US}{CC} \right]^\alpha \quad \text{para } 0 < US < CC$$

$$I = PP \quad \text{para } US \geq CC$$

onde I_0 (mm/dia) é a capacidade de infiltração máxima, função das características do solo; CC (mm) é a capacidade máxima de retenção de água não gravitacional, na parcela de solo contida no primeiro metro de profundidade; PP (mm/dia) é a capacidade máxima de percolação profunda, função das características do solo e do subsolo subjacente e (α) é um parâmetro de ajuste da variabilidade da infiltração com a umidade do solo.

- Função de percolação (P) - Considera-se que a capacidade de percolação profunda do solo é uma função das características pedológicas do solo, do subsolo subjacente e da quantidade de umidade disponível no mesmo num dado instante; assim:

$$P = 0 \quad US = 0.$$

$$P = PP \left[\frac{US}{CC} \right]^\beta \quad 0 < US < CC$$

$$P = PP \quad US \geq CC$$

onde (β) é um parâmetro de ajuste da variabilidade da percolação com a umidade do solo.

- Função de evapotranspiração (EVT) - Considerou-se que a capacidade de evapotranspiração é uma função das condições climáticas, representadas pela evapotranspiração potencial, das características pedológicas do solo e da quantidade de umidade disponível no mesmo num dado instante; assim:



$$\text{EVT} = 0 \quad \text{para } \text{US} = 0.$$

$$\text{EVT} = \text{EVP} [\text{US}/(\text{kCC})]^\gamma \quad \text{para } 0 < \text{US} < \text{kCC}$$

$$\text{EVT} = \text{EVP} \quad \text{para } \text{US} \geq \text{CC}$$

onde EVP é a evapotranspiração potencial (mm./dia), avaliada com base em dados de evaporação de tanques "classe A" ; k é um coeficiente com valores: $0 < k < 1$ e um parâmetro de ajuste.

O algoritmo do modelo segue uma metodologia semelhante à utilizada no modelo IPH-II [Tucci, 1979]. São identificados diferentes casos de resolução da equação de balanço de umidade do solo, dependendo do estado da função de infiltração e da relação desta com a precipitação ocorrida naquele período (Pr). Estes casos são:

- Caso 1: $I_i > \text{Pr}$ e $I_f > \text{Pr}$. Onde I_i e I_f são as capacidades de infiltração no início e fim do intervalo de tempo em estudo. Neste caso, toda a precipitação infiltra. Não ocorre escoamento e não é necessário realizar iterações.
- Caso 2: $I_i > \text{Pr}$ e $I_f < \text{Pr}$. Neste caso, ocorre escoamento, e o cálculo é realizado mediante iterações.
- Caso 3: $I_i > \text{Pr}$ e $I_f < \text{Pr}$, sendo que durante o período ocorrem valores de $\text{US} > \text{CC}$. Neste caso ocorre escoamento e o cálculo é realizado mediante iterações, surgindo uma nova dificuldade, decorrente da mudança de função de infiltração devido a saturação do solo durante o período.
- Caso 4: $I_i < \text{Pr}$ e $I_f < \text{Pr}$. Neste caso há escoamento, mas não é necessário realizar iterações.
- Caso 5: $I_i < \text{Pr}$ e $I_f < \text{Pr}$, sendo que durante o período ocorrem valores de $\text{US} > \text{CC}$. Neste caso ocorre escoamento e o cálculo não requer iterações, surgindo a mesma dificuldade do caso 3, decorrente da mudança de função de infiltração devido à saturação do solo durante o período.

Com base neste modelo é possível obter séries de umidade do solo disponíveis para cada dia do ano em cada local onde se dispunha de séries de precipitação diária e indicadores que permitam avaliar os parâmetros do modelo como mapas de solos e mapas geológicos e geomorfológicos.

O processo de calibração deste tipo de modelos é extremamente complexo e demorado, exigindo que sejam avaliados os parâmetros do mesmo para cada posto pluviométrico a ser simulado e, com base nas informações disponíveis sobre o escoamento, como coeficiente de escoamento e coeficiente de variabilidade dos deflúvios, e as características dos solos e subsolo do local, sejam definidos os parâmetros mais apropriados. O [Mapa 3.6](#) apresenta isolinhas do coeficiente de escoamento médio, obtidas com base no modelo MUSAG, após o processo de calibração.

De posse de uma representação precisa da disponibilidade real de umidade no solo, a nível diário, é possível cotejar a mesma com curvas de demanda de diferentes culturas. Neste caso foram utilizadas duas curvas de demanda com ciclos culturais de 60 e 90 dias, semelhantes às demandas das culturas de feijão e milho, respectivamente.



A avaliação de déficits nas demandas das culturas permite, numa primeira instância, identificar o dia mais apropriado para plantio e, dispondo desta informação, pode-se obter uma série de déficits hídricos anuais que são posteriormente estudados estatisticamente para avaliar a frequência e magnitude dos mesmos.

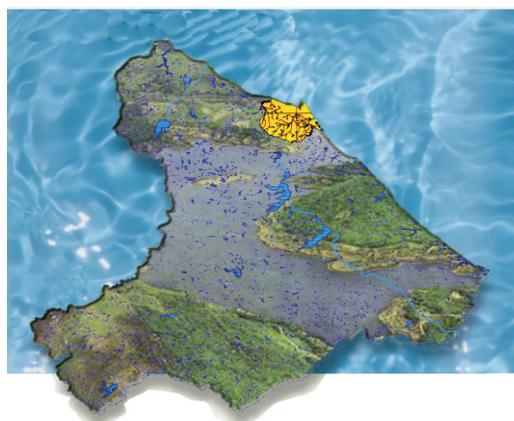
A escolha de uma data média de plantio, isto é, uma data para a qual “historicamente” ocorreram os menores déficits, permite padronizar as séries de déficits que ocorrem em cada posto pluviométrico e conhecer os menores déficits hídricos factíveis de ocorrer em cada local. Os Mapas 3.7 e 3.8 apresentam o zoneamento das datas de plantio escolhidas mediante esta metodologia para cada um dos postos pluviométricos pesquisados para ciclos culturais de 60 e 90 dias respectivamente.

Os resultados obtidos mediante a aplicação do modelo Musag são apresentados sob duas diferentes formas. Numa primeira abordagem foram mapeados os déficits hídricos médios a nível de parcela do solo para dois tipos de culturas (ciclo de 60 e 90 dias), obtidos com base nas série histórica de precipitações diárias disponíveis para cada posto pluviométrico.

Uma análise destes resultados, apresentados nos Mapas 3.9 e 3.10, mostra a ocorrência de déficits hídricos susceptíveis de prejudicar e, às vezes, inviabilizar as culturas de sequeiro em amplas áreas.

Na prática, o agricultor sertanejo recorre, freqüentemente, ao replantio. Cada vez que a cultura é dizimada pelo déficit hídrico ou pela incidência de insetos predadores, particularmente a lagarta do feijão, cuja incidência é habitual durante os denominados “verânicos”, o agricultor, aguarda a próxima ocorrência de chuva e planta novamente a cultura. Assim, as atividades agrícolas são prejudicadas tanto pela diminuição da produtividade, decorrente da incidência de insetos daninhos ou do déficit hídrico, como também pelo sobre custo da prática de replantio sucessivo até obter uma “janela” de umidade do solo que permita o desenvolvimento da cultura.

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS



CAPÍTULO 4 **OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS**



4 – OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

4.1 – ESTUDOS DE BASE

Os estudos dos recursos hídricos superficiais apresentados neste capítulo são resultado de uma profunda pesquisa e coleta de dados junto aos órgãos que detêm informações relativas a esse assunto, como a CPRM que forneceu os dados fluviométricos que permitiram a atualização da calibração do modelo chuva deflúvio, além da própria SRH-CE e da COGERH que disponibilizaram as informações básicas de que dispunham relativas aos reservatórios existentes e identificados.

4.1.1 – DISPONIBILIDADE E CONSISTÊNCIA DE REGISTROS BÁSICOS

Para a análise de consistência dos dados fluviométricos, apesar das referências bibliográficas admitirem a aplicação do método do Vetor Regional, não existe uma metodologia específica a ser utilizada. Neste caso, levam-se em conta ferramentas computacionais que permitam ao hidrólogo utilizar sua experiência e o seu conhecimento das características regionais para a detecção de erros nos dados fluviométricos.

Dada a particularidade de boa correlação entre as vazões escoadas em estações fluviométricas localizadas na mesma bacia hidrográfica, e em alguns casos entre estações de bacias vizinhas, a análise dos dados fluviométricos concentra-se mais em correlações físicas entre estações (continuidade de volumes, características do escoamento, etc.) do que em associações puramente estatísticas.

Os postos fluviométricos analisados nestes estudos são apresentados na [Tabela 4.1](#), estando locados no [Mapa 4.1](#).

Tabela 4.1 - Postos fluviométricos pertencentes às Bacias Metropolitanas.

Código	Nome	Bacia	Rio barrado	Área da Bacia Hidrográfica (km ²)
35650000	Sítios Novos	São Gonçalo	São Gonçalo	449,58
35668000	Umarituba Novo	São Gonçalo	São Gonçalo	485,41
35730000	Aç. Acarape do Meio	Pacoti	Pacoti	210,02
35740000	Barra Nova	Pacoti	Pacoti	219,44
35745000	Acarape	Pacoti	Pacoti	315,67
35760000	Baú	Pacoti	Baú	233,75
35830000	Caio Prado	Choró	Choró	1.612,10
35875000	Aracoiaba	Choró	Aracoiaba	397,38
35880000	Chorozinho	Choró	Choró	4.109,38
35950000	Cristais	Pirangi	Pirangi	2.030,55

A análise dos dados fluviométricos seguiu as seguintes etapas:

- seleção dos postos e coleta dos dados, inclusive aqueles ainda não processados, junto a CPRM;
- elaboração de diagramas de barras dos períodos com disponibilidades de dados fluviométricos;



- verificação, para cada posto, da existência de dados de níveis que não tenham sido convertidos em vazões e de medições de descargas não aproveitadas na elaboração das respectivas curvas-chave;
- análise do histórico de cada estação, fornecido pelo DNAEE, para verificação da localização da estação, da descrição do leito fluvial com relação à sua estabilidade, das cotas verdadeiras dos marcos de RN e da relação das medições de vazão;
- avaliação das curvas de descargas existentes e, quando possível, revisão e atualização das mesmas com novos dados de campanhas de medição de vazão.
- avaliação da ocorrência de extrapolações das curvas - chave;
- definição da validade das curvas de descarga, no que diz respeito à alteração de forma de seção fluvial pela passagem de cheias;
- análise dos dados existentes de vazão e, em alguns casos, reprocessamento com base no registro de níveis e as novas curvas-chave;
- comparação de fluviogramas diários de estações localizadas no mesmo rio, para verificação de continuidade de volumes e elaboração de curvas de permanência de vazões anuais adimensionalizadas.

As várias metodologias utilizadas permitiram, ao serem aplicadas:

- verificação dos dados de vazão coletados;
- obtenção de novos dados a partir dos níveis observados e curvas – chaves reprocessadas com base nas medições de vazão disponíveis;
- verificação da confiabilidade dos dados finais obtidos.

4.1.2 – ESTUDO DOS DEFLÚVIOS

A disponibilidade de séries fluviométricas observadas é muito deficiente em toda a região nordeste; assim, é habitual se proceder a metodologias de transformação chuva-deflúvio para a obtenção de séries de vazões afluentes aos reservatórios ou outros pontos de interesse.

Neste estudo, o modelo adotado para tal procedimento é o MODHAC, amplamente conhecido e testado na região semi-árida; este modelo foi o utilizado durante o PERH para a geração de vazões afluentes aos reservatórios das Bacias Metropolitanas, com base em parâmetros obtidos na calibração / validação de séries disponíveis nos postos fluviométricos existentes na região.

4.1.2.1 – Calibração do Modelo de Transformação Chuva-Deflúvio

O processo de calibração / validação do modelo MODHAC foi aplicado aos postos fluviométricos Sítios Novos (35650000), Baú (25760000), Caio Prado (35830000), Chorozinho (35880000) e Cristais (35950000) já descritos na [tabela 4.1](#).

O posto de Umarituba Nova foi descartado pois corresponde quase à mesma bacia hidrográfica do posto Sítios Novos, que apresentava um maior número de dados disponíveis.



Os postos Açude Acarape do Meio, Acarape e Barra Nova foram descartados pois não se dispunha de informações que permitissem desagregar as vazões de modo a conhecer a parcela correspondente às vazões de escoamento natural e aquelas correspondentes às vazões liberadas pelo reservatório Acarape do Meio.

A restrição de aplicação do processo de calibração / validação somente aqueles postos fluviométricos citados, origina-se na própria limitação de disponibilidade de dados para os demais postos fluviométricos que poderiam ser de interesse desse estudo.

Como resultados do processo de calibração / validação temos um ajuste satisfatório para os postos que dispunham de dados – Sítios Novos (35650000), Baú (35760000), Caio Prado (35830000), Chorozinho (35880000) e Cristais (35950000) – que autoriza a utilização dos parâmetros calibrados para a almejada geração de séries pseudo-históricas de afluência partindo de séries pluviométricas.

As Tabelas 4.2 a 4.6 apresentam os conjuntos de parâmetros obtidos para cada calibração, bem como os obtidos durante os estudos constantes no PERH, na ordem de calibração dos postos descrita acima.

Nos anexos estão apresentados os Fluviogramas e Hietogramas bem como os Hidrogramas Médios resultantes de todos os ajustes do MODHAC obtidos para todos os postos fluviométricos.

4.1.2.2 – Obtenção das Séries de Vazões Afluentes aos Açudes Existentes, Projetados e em Estudo

Como estratégia, os parâmetros obtidos na calibração do modelo chuva-deflúvio MODHAC, para os diversos postos fluviométricos, foram utilizados na geração de séries pseudo-históricas de deflúvios para as bacias dos açudes existentes, projetados e em estudo das Bacias Metropolitanas, com capacidades iguais ou superiores a 10hm^3 , a partir das séries de pluviometria médias calculadas.

A seleção do posto fluviométrico com parâmetros representativos, para cada uma das bacias dos açudes em estudo, foi feita a partir de critérios de semelhança fisiográfica e de regime pluviométrico entre as bacias do posto fluviométrico representativo e do açude representado.

Assim, as séries pseudo-históricas de afluência para os reservatórios da bacia do Rio Pirangi - Batente, Macacos, Feijão, Amarelas e Antônio de Medeiros - foram geradas utilizando os parâmetros calibrados para o posto Cristais (35950000), único que dispunha de dados para utilização naquela bacia.

As séries de afluência dos reservatórios da porção ocidental das Bacias Metropolitanas – Sítios Novos, Itapebussu, Amanari, Anil, Cauhipe e Ceará – tomaram como base para sua geração os parâmetros do posto fluviométrico Sítios Novos (35650000).



Tabela 4.2 – Parâmetros do Modelo MODHAC para o Posto Fluviométrico Sítios Novos

Período de Calibração	Comentários	RSPX (Capacidade Máxima do Reservatório Superficial)	RSSX (Capacidade Máxima do Reservatório Subsuperficial)	RSBX (Capacidade Máxima do Reservatório Subterrâneo)	RSBF (Armazenamento Mínimo para que ocorra Contribuição Subterrânea)	IMAX (Infiltração Máxima)	IMIN (Infiltração Mínima)
68-78	período completo	270,60	149,30	0,00	0,00	61,93	26,48
68-78	exclui 1974	276,80	25,34	0,00	0,00	65,28	37,49
82-94	parâmetros iniciais provenientes da calibração 68-78	270,60	149,30	0,00	0,00	61,93	26,48
82-94	período completo	271,40	132,10	0,00	0,00	62,43	26,98
82-91	exclui 92-94	117,30	153,20	0,00	0,00	37,24	29,93
82-91	parâmetros iniciais provenientes da calibração 92-94	271,40	132,10	0,00	0,00	62,43	26,98
68-74	PERH	81,10	131,80	0,00	0,00	13,18	6,91
Período de Calibração	Comentários	IDEC (Coeficiente de Infiltração)	ASP (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório superficial)	ASS (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório subsuperficial)	ASB (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório subterrâneo)	PRED (Correção da Precipitação)	CEVA (Parâmetro da lei de evapotranspiração)
68-78	período completo	0,48750	0,14510	0,00044	0	999	0,05224
68-78	exclui 1974	0,19540	0,02813	0,00026	0	999	0,98060
82-94	parâmetros iniciais provenientes da calibração 68-78	0,48750	0,14510	0,00044	0	999	0,05224
82-94	período completo	0,53750	0,13000	0,00154	0	999	0,99800
82-91	exclui 92-94	0,45220	0,74540	0,00267	0	999	0,99990
82-91	parâmetros iniciais provenientes da calibração 92-94	0,69970	0,08753	0,00429	0	999	0,99670
68-74	PERH	0,45510	0,07640	0,03970	0	999	0,97060



Tabela 4.3 – Parâmetros do Modelo MODHAC para o Posto Fluviométrico Baú

Período de Calibração	Comentários	RSPX (Capacidade Máxima do Reservatório Superficial)	RSSX (Capacidade Máxima do Reservatório Subsuperficial)	RSBX (Capacidade Máxima do Reservatório Subterrâneo)	RSBF (Armazenamento Mínimo para que ocorra Contribuição Subterrânea)	IMAX (Infiltração Máxima)	IMIN (Infiltração Mínima)
67-73	período completo	144,40	227,30	0,00	0,00	40,61	0,56
67-69	período completo	182,50	258,30	0,00	0,00	35,70	1,81
70-73	período completo	141,60	162,90	0,00	0,00	6,41	1,89
67-73	PERH (excluindo 1970)	178,80	266,50	0,00	0,00	40,66	3,81
Período de Calibração	Comentários	IDEC (Coeficiente de Infiltração)	ASP (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório superficial)	ASS (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório subsuperficial)	ASB (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório subterrâneo)	PRED (Correção da Precipitação)	CEVA (Parâmetro da lei de evapotranspiração)
67-73	período completo	0,65	0,00	0,00	0,00	999,00	1,00
67-69	período completo	0,56	0,00	0,00	0,00	999,00	0,04
70-73	período completo	0,9614	0,00634713	0,00014268	0	999	0,9987
67-73	PERH (excluindo 1970)	0,54520	0,00010	0,00010	0	999	0,08010

Tabela 4.4 – Parâmetros do Modelo MODHAC para o Posto Fluviométrico Caio Prado

Período de Calibração	Comentários	RSPX (Capacidade Máxima do Reservatório Superficial)	RSSX (Capacidade Máxima do Reservatório Subsuperficial)	RSBX (Capacidade Máxima do Reservatório Subterrâneo)	RSBF (Armazenamento Mínimo para que ocorra Contribuição Subterrânea)	IMAX (Infiltração Máxima)	IMIN (Infiltração Mínima)
35-60	período completo	108,00	283,30	0,00	0,00	43,36	3,61
45-51	período calibrado no PERH	99,99	244,00	0,00	0,00	43,34	1,79
45-51	PERH	78,00	249,40	0,00	0,00	43,36	4,48
85-94	período completo	125,70	254,30	0,00	0,00	36,68	2,09
Período de Calibração	Comentários	IDEC (Coeficiente de Infiltração)	ASP (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório superficial)	ASS (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório subsuperficial)	ASB (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório subterrâneo)	PRED (Correção da Precipitação)	CEVA (Parâmetro da lei de evapotranspiração)
35-60	período completo	0,67	0,00	0,00	0,00	999,00	1,00
45-51	período calibrado no PERH	0,59	0,00	0,00	0,00	999,00	1,00
45-51	PERH	0,6157	0,003	0,0009	0	999	0,329
85-94	período completo	0,64330	0,00103	0,08998	0	999	0,98130



Tabela 4.5 – Parâmetros do Modelo MODHAC para o Posto Fluviométrico Chorozinho

Período de Calibração	Comentários	RSPX (Capacidade Máxima do Reservatório Superficial)	RSSX (Capacidade Máxima do Reservatório Subsuperficial)	RSBX (Capacidade Máxima do Reservatório Subterrâneo)	RSBF (Armazenamento Mínimo para que ocorra Contribuição Subterrânea)	IMAX (Infiltração Máxima)	IMIN (Infiltração Mínima)
70-83	período completo	42,06	131,80	0,00	0,00	24,22	1,03
86-93	período completo	90,00	146,70	0,00	0,00	32,32	0,53
69-73	período calibrado no PERH	39,24	117,40	0,00	0,00	16,56	3,31
69-73	PERH	54,00	132,20	0,00	0,00	16,56	4,95
Período de Calibração	Comentários	IDEC (Coeficiente de Infiltração)	ASP (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório superficial)	ASS (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório subsuperficial)	ASB (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório subterrâneo)	PRED (Correção da Precipitação)	CEVA (Parâmetro da lei de evapotranspiração)
70-83	período completo	0,23	0,00	0,00	0,00	999,00	0,64
86-93	período completo	0,46	0,00	0,00	0,00	999,00	0,94
69-73	período calibrado no PERH	0,2842	0,002975	0,0051141	0	999	0,9999
69-73	PERH	0,21113	0,00100	0,00530	0	999	0,94390

Tabela 4.6 – Parâmetros do Modelo MODHAC para o Posto Fluviométrico Cristais

Período de Calibração	Comentários	RSPX (Capacidade Máxima do Reservatório Superficial)	RSSX (Capacidade Máxima do Reservatório Subsuperficial)	RSBX (Capacidade Máxima do Reservatório Subterrâneo)	RSBF (Armazenamento Mínimo para que ocorra Contribuição Subterrânea)	IMAX (Infiltração Máxima)	IMIN (Infiltração Mínima)
70-94	período completo	154,40	177,30	0,00	0,00	46,77	1,06
70-81	período completo	99,02	93,80	0,00	0,00	46,77	8,35
82-94	período completo	128,50	103,40	0,00	0,00	46,77	3,66
73-81	PERH	84,00	88,70	0,00	0,00	46,70	7,71
Período de Calibração	Comentários	IDEC (Coeficiente de Infiltração)	ASP (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório superficial)	ASS (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório subsuperficial)	ASB (Expoente da lei de esvaziamento do reservatório subterrâneo)	PRED (Correção da Precipitação)	CEVA (Parâmetro da lei de evapotranspiração)
70-94	período completo	0,67	0,00	0,02	0,00	999,00	1,00
70-81	período completo	0,61	0,00	0,00	0,00	999,00	1,00
82-94	período completo	0,7068	0,000011241	0,0016523	0	999	0,9997
73-81	PERH	0,65480	0,00100	0,00860	0	999	0,97000



Os parâmetros calibrados para o posto fluviométrico Caio Prado (35830000) foram utilizados na geração das séries da porção meridional da bacia do Rio Choró – açudes Pompeu Sobrinho (Choró-Limão) e Choró – abrangida pela bacia do mesmo.

A proximidade entre o eixo de barramento do Açude Pacajus e o posto fluviométrico Chorozinho (35880000) conduziu à adoção dos parâmetros do último para a geração das vazões afluentes ao primeiro.

Uma análise, mesmo que expedita, das condições de escoamento das bacias dos reservatórios existentes e programados na porção serrana da bacia do Rio Choró – Castro, Pesqueiro, Aracoiaba e Gameleiras (Candeias) – consistindo em elevada pluviometria incidindo em terreno, em sua maior parte, com cobertura vegetal muito mais densa que a porção sertaneja da bacia, aliada a fortes declividades, contra-indica a adoção dos parâmetros dos dois postos fluviométricos calibrados na bacia – Caio Prado (35830000) e Chorozinho (35880000) – por representarem trechos muito distintos da mesma.

A solução adotada para a geração das séries afluentes àqueles açudes foi, então, a utilização dos parâmetros determinados para o posto fluviométrico Aracoiaba (35875000) quando da elaboração do PERH-CE.

Cabe esclarecer que a calibração/validação do posto fluviométrico Aracoiaba (35875000) não foi atualizada pela inexistência de dados recentes que o permitissem, permanecendo, portanto, os valores originalmente determinados no PERH-CE como os únicos válidos para o mesmo.

O posto Baú (35760000) foi utilizado para a geração das séries dos açudes Gavião, Catu e Mal-Cozinhado.

Para os reservatórios da bacia do Rio Pacoti – Germinal, Acarape do Meio, Pacoti-Riachão e Gavião – a primeira alternativa de parâmetros do modelo chuva-vazão examinada foi o posto Baú (35760000), localizado no riacho de mesmo nome, no entanto, o coeficiente de escoamento para a bacia do açude Pacoti de 23,74%, bastante alto, conduziu a investigação de outro posto fluviométrico que pudesse representar melhor o escoamento naquelas bacias.

Um exame dos outros postos utilizáveis nas Bacias Metropolitanas revela como mais apto o de Aracoiaba (35875000), que ainda assim representa características bem distintas daquelas que se almeja reproduzir, resultando num coeficiente de escoamento de 25,27%.

Restou, portanto, a utilização de um posto exógeno às Bacias Metropolitanas, selecionado dentre aqueles para os quais foram realizadas calibrações no PERH-CE.

A similaridade de condições – bacias de algumas centenas de quilômetros quadrados, emoldurada por elevações em barlavento, capazes de produzir pesadas chuvas orográficas, aliada a solos com taxas de infiltração variando entre baixas e muito baixas – com aquelas nas quais se desejava reproduzir o escoamento, levou a adoção do posto Arariús (35263000), que registra a drenagem de uma sub-bacia de 561km² da bacia do Rio Acaraú.



O coeficiente de escoamento na bacia do Açude Pacoti para a série pseudo-histórica gerada com os parâmetros do posto fluviométrico Ararius (35263000) é de 21,39%, portanto mais conservador do ponto de vista hidrológico, resultando em expectativa de vazões regularizadas menores, prezando pela segurança na determinação da potencialidade hídrica dos reservatórios da bacia do rio Pacoti, concluindo-se assim pela adoção de seus parâmetros para geração das séries de afluência daqueles reservatórios.

A [Tabela 4.7](#) apresenta, para comparação, os coeficientes de escoamento para os reservatórios da bacia do Rio Pacoti, considerando as séries geradas com os parâmetros dos postos Baú (35760000) e Arariús (35263000).

Tabela 4.7 - Coeficientes de Escoamento das Séries Pseudo-Históricas dos Açudes da Bacia do Rio Pacoti

Açudes	Baú (35760000)	Arariús (35263000)
Germinal	37,45%	33,19%
Acarape do Meio	36,83%	32,90%
Pacoti	23,74%	21,39%
Riachão	27,96%	25,61%

A [Tabela 4.8](#) apresenta os parâmetros estatísticos mensais e anuais das séries pseudo-históricas dos postos fluviométricos, geradas a partir da calibração dos mesmos, enquanto que a [Tabela 4.9](#) apresenta o resumo da geração das séries pseudo-históricas de deflúvio, informando ainda qual o posto fluviométrico tomado como representativo para cada uma das bacias dos açudes existentes, projetados ou em estudo, além dos valores obtidos no PERH para comparação. Já a [Tabela 4.10](#) apresenta, para as mesmas séries, os parâmetros estatísticos mensais e anuais.

Como se pode observar da Tabela 4.9, várias e profundas foram as alterações em relação aos valores determinados quando da elaboração do PERH. Em primeiro lugar, cabe salientar que distando o presente trabalho daquele do PERH de cerca de uma década, apropriou-se de novos dados relativos a esse período e mesmo de outros cuja incorporação foi impossível à época do PERH.

Com base nesses dados realizou-se todo um trabalho de atualização de séries pluviométricas e fluviométricas através dos métodos e procedimentos de consistência anteriormente detalhados. Essas séries foram então utilizadas na calibração do modelo chuva-deflúvio MODHAC, cujos parâmetros foram utilizados na geração das séries de deflúvio aos reservatórios de interesse.

Como já discutido anteriormente, uma das principais conclusões dessa comparação é o incremento nos valores do deflúvio nas bacias dos açudes Acarape do Meio e Pacoti-Riachão, mesmo considerando como posto fluviométrico representativo Arariús, que resulta no menor dos deflúvios observados, considerando a pluviometria média obtida para aquelas bacias.

Na verdade não foi possível obter deflúvios e coeficientes de escoamento compatíveis com aqueles do PERH para os açudes Acarape do Meio e Pacoti-Riachão, sendo esse também o caso do Açude Gavião, para quaisquer dos conjuntos de parâmetros apresentados no PERH, cabendo afirmar que provavelmente os referidos deflúvios tenham sido tomados por engano naquele trabalho.



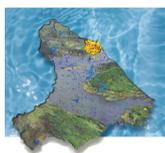
Tabela 4.8 - Parâmetros Estatísticos das Séries de Afluências (mm) aos Postos Fluviométricos

Código	Nome	Extensão da Série	Estatísticas Mensais												Estatísticas Anuais							
			Parâmetros	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média	D.P.	C.V.	Min	Máx	C.E. %	
35650000	Sítios Novos	1922-1996	Média	0,4	10,2	52,1	104,1	46,5	8,4	2,0	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0							
			D.P.	2,1	28,3	73,8	93,0	60,2	14,7	3,9	0,3	0,1	0,1	0,0	0,1							
			C.V.	5,7	2,8	1,4	0,9	1,3	1,7	2,0	0,5	0,6	1,0	2,0	2,4	224,4	208,1	0,927	0,1	974,9	23,5%	
			Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
			Máximo	18,0	132,4	448,6	330,4	353,0	78,0	30,5	1,3	0,6	0,2	0,0	0,3							
C.E. %	0,5%	7,3%	21,7%	43,7%	34,5%	15,0%	8,2%	11,1%	4,3%	1,2%	0,1%	0,1%										
35760000	Baú	1913-1996	Média	5,0	21,1	74,5	106,3	66,6	21,9	9,7	3,0	1,4	0,4	0,0	0,0							
			D.P.	21,9	46,1	82,5	94,1	79,6	38,2	18,6	2,3	1,7	0,8	0,1	0,0							
			C.V.	4,4	2,2	1,1	0,9	1,2	1,7	1,9	0,8	1,2	1,9	3,8	4,3	310,0	274,6	0,886	0,0	1260,0	27,4%	
			Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
			Máximo	135,9	187,8	411,8	499,6	360,2	210,6	102,4	10,3	5,1	3,1	0,6	0,1							
C.E. %	5,4%	12,7%	27,9%	41,7%	41,2%	28,7%	27,4%	27,4%	13,2%	4,7%	0,2%	0,0%										
35830000	Caio Prado	1912-1996	Média	1,2	2,7	14,9	24,7	16,2	6,0	2,6	0,8	0,1	0,0	0,0								
			D.P.	6,7	9,4	28,2	36,0	27,4	10,7	4,4	2,4	0,6	0,0	0,0	0,0							
			C.V.	5,4	3,4	1,9	1,5	1,7	1,8	1,7	3,1	8,4	-	6,6	3,8	69,2	102,9	1,486	0,0	637,2	9,2%	
			Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
			Máximo	45,9	57,3	124,1	175,0	173,9	76,1	18,2	16,0	5,7	0,0	0,0	0,1							
C.E. %	2,0%	2,6%	8,3%	14,3%	14,3%	10,5%	11,2%	13,3%	5,4%	0,0%	0,0%	0,0%										
35875000	Aracoiaba	1912-1996	Média	0,5	2,2	17,5	45,0	49,3	26,3	11,7	4,3	2,1	0,6	0,1	0,0							
			D.P.	3,8	6,5	35,5	70,9	67,2	42,7	23,6	3,2	2,1	0,9	0,2	0,0							
			C.V.	7,0	3,0	2,0	1,6	1,4	1,6	2,0	0,7	1,0	1,4	2,5	4,8	159,7	189,7	1,187	0,0	806,8	13,3%	
			Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
			Máximo	33,6	40,5	157,1	372,1	243,1	192,9	128,6	8,8	7,2	3,4	1,1	0,0							
C.E. %	0,6%	1,4%	7,0%	18,8%	26,4%	24,3%	19,9%	21,2%	14,6%	3,3%	0,4%	0,0%										
35880000	Chorozinho	1912-1996	Média	1,1	3,5	20,7	34,9	23,1	6,9	2,5	0,6	0,0	0,0	0,1	0,0							
			D.P.	6,3	9,4	35,9	48,5	32,5	11,2	3,8	1,5	0,0	0,0	0,1	0,1							
			C.V.	5,9	2,7	1,7	1,4	1,4	1,6	1,5	2,4	6,2	-	9,2	9,1	93,5	122,1	1,306	0,0	642,6	11,5%	
			Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
			Máximo	51,1	46,7	172,1	225,0	160,5	53,3	13,4	7,1	0,1	0,1	0,0	0,7							
C.E. %	1,6%	3,0%	10,5%	19,1%	19,7%	11,9%	10,1%	8,4%	0,1%	0,0%	1,7%	0,0%										
35950000	Cristais	1919-1996	Média	0,8	3,5	19,9	46,1	21,2	3,7	1,5	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1							
			D.P.	7,0	9,2	41,0	64,4	36,6	5,1	2,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0							
			C.V.	8,7	2,6	2,1	1,4	1,7	1,4	1,7	3,3	-	-	8,8	6,2	98,1	129,5	1,320	0,0	562,1	12,2%	
			Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							
			Máximo	61,6	47,3	197,4	261,4	180,4	30,0	14,4	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0							
C.E. %	1,1%	2,7%	9,7%	25,0%	21,7%	8,7%	8,7%	3,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%										



Tabela 4.9 - Síntese dos Parâmetros Médios Anuais das Séries Geradas pelo MODHAC para Açudes Existentes e Projetados das Bacias Metropolitanas

Açude	Área total (km ²)	Área não controlada (km ²)	Parâmetros	Dados de ETP	PABM			PERH				
					Período	Def. médio (mm)	P. média (mm)	C.E.	Período	Def. médio (mm)	P. média (mm)	C.E.
Ant. de Medeiros	141	141	Cristais	Quixadá+Fortaleza	12 a 96	163,6	831,0	19,69%	-	-	-	-
Acarape do Meio	205	74	Araúis	Guaramiranga	12 a 96	419,8	1276,0	32,90%	22 a 88	228,5	1284,8	17,78%
Amanari	36	36	Sítios Novos	Guaramiranga+Fortaleza	22 a 96	322,9	1120,8	28,81%	22 a 82	362,5	1010,9	35,86%
Amarelas	195	195	Cristais	Quixadá+Fortaleza	22 a 96	277,1	1064,3	26,04%	-	-	-	-
Anil	122	122	Sítios Novos	Guaramiranga+Fortaleza	22 a 96	216,6	939,4	23,06%	-	-	-	-
Aracoiaba	584	584	Aracoiaba	Guaramiranga+Fortaleza	12 a 96	163,4	1128,3	14,48%	12 a 88	253,7	1329,2	19,09%
Batente	1439	1205	Cristais	Quixadá+Fortaleza	19 a 96	98,8	802,6	12,31%	-	-	-	-
Castro	360	360	Aracoiaba	Guaramiranga+Fortaleza	12 a 96	152,9	936,2	16,33%	-	-	-	-
Catu	64	64	Baú	Guaramiranga+Fortaleza	12 a 96	304,6	1149,0	26,51%	-	-	-	-
Cauhape	94	94	Sítios Novos	Guaramiranga+Fortaleza	22 a 96	239,3	1031,2	23,21%	-	-	-	-
Ceará	302	302	Sítios Novos	Guaramiranga+Fortaleza	12 a 96	320,2	1124,9	28,46%	-	-	-	-
Choró	2954	2274	Caio prado	Quixadá+Fortaleza	12 a 96	90,4	803,3	11,25%	12 a 88	134,1	900,7	14,89%
Choró-Limão	320	320	Caio prado	Quixadá+Fortaleza	12 a 96	73,4	740,8	9,91%	12 a 88	112,1	791,7	14,16%
Felício	171	171	Cristais	Quixadá+Fortaleza	19 a 96	107,4	791,2	13,57%	-	-	-	-
Gameleiras	55	55	Aracoiaba	Guaramiranga	12 a 96	484,2	1294,6	37,40%	-	-	-	-
Gavião	95	95	Baú	Guaramiranga+Fortaleza	12 a 96	399,0	1297,7	30,75%	12 a 88	263,4	1218,3	21,62%
Germinar	131	131	Araúis	Guaramiranga	12 a 96	434,3	1308,5	33,19%	-	-	-	-
Itapebuçu	71	71	Sítios Novos	Guaramiranga+Fortaleza	22 a 96	312,0	1161,9	26,85%	-	-	-	-
Macaos	63	63	Cristais	Quixadá+Fortaleza	19 a 96	106,0	796,9	13,30%	-	-	-	-
Mal-Cozinhado	240	240	Baú	Guaramiranga+Fortaleza	12 a 96	339,3	1181,2	28,72%	-	-	-	-
Pacajus	4506	3826	Chorozinho	Quixadá+Fortaleza	12 a 96	141,7	945,9	14,98%	-	-	-	-
Pacoti-Riachão	1104	899	Araúis	Guaramiranga+Fortaleza	12 a 96	242,8	1128,2	21,52%	22 a 88	174,4	1130,0	15,43%
Pesqueiro	77	77	Aracoiaba	Guaramiranga+Fortaleza	12 a 96	377,3	1264,1	29,85%	-	-	-	-
Sítios Novos	443	336	Sítios Novos	Guaramiranga+Fortaleza	22 a 96	229,6	974,5	23,56%	39 a 88	309,6	950,9	32,56%



Nome	Extensão da Série	Estatísticas Mensais												Estatísticas Anuais							
		Parâmetros	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média	D.P.	C.V.	Min	Máx	C.E.	
Catu	1912-1996	Média	0,2	0,7	1,9	2,1	1,4	0,5	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,6	1,0	0,0	2,6	26,51%	
		D.P.	0,7	1,2	2,2	2,2	2,0	0,8	0,1	0,6	0,1	0,4	0,2	0,1	0,4	0,2					
		C.V.	3,4	1,6	1,2	1,1	1,5	1,7	0,9	3,5	0,7	0,8	7,5	4,4							
		Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Máximo	3,9	4,4	10,8	11,1	8,9	4,2	1,1	6,0	0,2	0,2	13,1	2,0							
Cauhype	1922-1996	C.E.	6,82%	12,44%	29,87%	38,80%	44,00%	38,80%	41,65%	56,04%	33,13%	22,31%	21,23%	3,90%							
		Média	0,0	0,5	2,0	3,6	1,9	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		D.P.	0,0	1,3	2,6	3,2	2,3	0,7	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C.V.	1,4	2,5	1,3	0,9	1,2	1,7	2,8	0,6	0,8	1,2	2,0	2,9							
		Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ceará	1912-1996	Máximo	0,0	5,5	15,5	11,7	12,6	3,3	2,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		C.E.	0,17%	8,73%	21,85%	39,86%	34,63%	18,04%	13,90%	12,11%	4,24%	1,72%	0,17%	0,11%							
		Média	0,3	2,6	9,3	13,7	8,3	2,1	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		D.P.	1,3	5,9	11,9	11,6	8,8	3,2	1,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C.V.	5,1	2,3	1,3	0,8	1,1	1,5	2,6	2,7	0,7	1,1	1,9	2,5							
Choró ⁽¹⁾	1912-1996	Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		Máximo	36,4	47,3	133,0	209,3	200,4	83,6	38,3	14,8	5,7	1,0	0,6	0,7							
		C.E.	1,71%	2,54%	8,43%	16,68%	19,37%	15,81%	17,76%	23,21%	25,16%	6,98%	1,21%	0,13%							
		Média	0,3	0,4	1,8	3,2	2,2	0,7	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		D.P.	1,8	1,6	3,1	5,2	3,3	1,3	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Choró-Limão	1912-1996	C.V.	6,3	4,4	1,8	1,6	1,5	1,8	1,7	3,0	7,3	6,8	9,2	7,5							
		Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		Máximo	12,9	11,8	14,1	27,4	19,1	8,0	2,2	1,1	0,0	0,0	0,0	4,5	1,0						
		C.E.	3,74%	2,91%	8,60%	14,72%	16,07%	9,93%	9,92%	9,31%	0,30%	0,00%	0,00%	5,68%	0,63%						
		Média	0,1	0,6	1,5	2,9	1,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Feijão	1919-1996	D.P.	0,4	1,8	2,9	4,4	2,3	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		C.V.	6,0	2,8	2,0	1,5	1,8	2,4	2,3	4,2	-	-	8,8	8,2							
		Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		Máximo	3,3	12,5	19,3	18,3	9,9	4,7	1,3	0,3	0,0	0,0	0,0	11,4	4,6						
		C.E.	1,44%	6,87%	11,77%	26,41%	22,52%	11,56%	6,90%	3,16%	0,01%	0,00%	0,00%	14,54%	2,88%						
Gamelinas	1912-1996	Média	0,1	0,5	1,6	2,8	2,6	1,4	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		D.P.	0,5	1,1	2,3	2,4	2,1	1,5	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		C.V.	5,5	2,2	1,4	0,9	0,8	1,0	1,4	0,7	0,3	0,4	0,6	0,9							
		Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
		Máximo	5,0	4,9	9,2	10,4	8,4	6,4	5,4	1,2	0,2	0,2	0,2	0,2							
Gavião	1912-1996	C.E.	4,68%	12,44%	30,06%	52,92%	66,24%	58,42%	46,60%	30,61%	31,99%	19,34%	12,68%	4,71%							
		Média	0,1	0,9	2,9	4,6	3,2	1,3	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		D.P.	0,6	1,9	3,5	4,1	3,2	1,9	0,9	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		C.V.	4,3	2,1	1,2	0,9	1,0	1,5	1,8	1,7	0,6	0,6	0,7	6,3							
		Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	1912-1996	Máximo	4,1	12,0	16,9	24,5	13,4	10,5	5,2	4,1	0,3	0,3	0,2	7,4							
		C.E.	4,27%	12,18%	27,03%	43,68%	50,09%	39,15%	37,91%	47,95%	35,71%	25,64%	11,58%	7,82%							



Por outro lado, o valor médio de deflúvio obtido para o açude Choró-Limão indica que, considerando ainda o decremento da pluviometria média calculada, o novo conjunto de parâmetros resultantes da calibração do posto fluviométrico Caio Prado ocasionou uma redução dos coeficientes de escoamento para tal reservatório.

O caso do Açude Choró (identificado) distingue-se daquele do Açude Choró-Limão pelo fato de, quando do PERH, haver sido tomada a série fluviométrica do posto Chorozinho como representativa daquele reservatório. Cabe notar que a proximidade do proposto barramento com o posto fluviométrico de Caio Prado muito mais qualifica os parâmetros do último como representativos de tal barramento, havendo sido assim tomados no presente relatório.

Alterações importantes ocorreram também nas séries de deflúvio dos açudes da Bacia do Rio São Gonçalo, quais sejam Sítios Novos e Amanari, geradas com os parâmetros do posto fluviométrico Sítios Novos, recalibrados no presente trabalho. Observa-se que, mesmo com o acréscimo nos valores da pluviometria calculada, os novos parâmetros utilizados foram responsáveis por um decremento nos deflúvios obtidos, bem como nos coeficientes de escoamento resultantes.

4.2 – A INFRAESTRUTURA HÍDRICA ATUAL

O presente estudo considerou somente aqueles açudes que têm por limite inferior a capacidade de armazenamento de 10hm^3 . Essa seleção baseia-se no fato de que a vazão regularizada por reservatórios de menor porte, localizados nas Bacias Metropolitanas, são praticamente desprezíveis.

4.2.1 – DESCRIÇÃO (RESERVATÓRIOS EXISTENTES)

Dentro do critério de seleção adotado existem atualmente doze reservatórios nas Bacias Metropolitanas, cujos dados são apresentados na [Tabela 4.11](#), sendo três na bacia do Rio Choró (açudes Choró-Limão, Castro e Pacajus), dois na bacia do Rio Pacoti (açudes Acarape do Meio e Pacoti-Riachão), um na bacia do Rio Cocó (açude Gavião), dois na bacia do Rio São Gonçalo (açudes Amanari e Sítios Novos), um na bacia do Rio Catu (açude Catu-Cinzenta), um na bacia do Rio Cauhipe (açude Cauhipe), um na bacia do Rio Mal-Cozinhado (açude Mal-Cozinhado) e dois na bacia do rio Pirangi (açudes Batente e Antônio de Medeiros). As localizações desses açudes, bem como as delimitações de suas bacias hidrográficas são apresentadas no [Mapa 4.2](#). Vale ressaltar que este critério de seleção considerou atual não apenas os açudes existentes, mas também aqueles já em construção.



Tabela 4.11 – Reservatórios Existentes nas Bacias Metropolitanas

Nome	Município	Rio barrado	Bacia Hidrográfica Total (km ²)	Volume (hm ³)
Acarape do Meio	Redenção	Pacoti	205,00	33,30
Amanari I	Maranguape	Rch. Do Recanto	36,00	11,30
Antônio de Medeiros	Beberibe	Rch. Das Umburanas	141,2	30,13
Batente	Ocara	Pirangi	1439,09	28,90
Castro	Itapiúna	Castro	359,83	63,90
Catu-Cinzenta	Aquiraz	Catu	64,50	33,19
Cauhipe	Caucaia	Cauhipe	94,00	12,19
Choró-Limão	Quixadá	Choró	320,00	143,00
Gavião	Pacatuba	Rch. Gavião	95,00	29,50
Mal-Cozinhado	Cascavel	Mal-Cozinhado	240,00	34,60
Pacajus	Pacajus	Choró	4506,39	240,00
Pacoit-Riachão	Pacatuba	Pacoti	1080,00	420,60
Sítios Novos	Caucaia	São Gonçalo	442,90	123,20

4.2.2 – OPERAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS

A determinação da disponibilidade hídrica de um reservatório merece várias abordagens na Hidrologia, podendo ser determinada por um dos seguintes métodos:

- técnicas de otimização lineares ou não lineares;
- Método de Campos (teoria estocástica de Moran);
- simulação do balanço hídrico do reservatório.

O primeiro método apresenta o inconveniente de considerar que o decisor tem conhecimento futuro da disponibilidade na bacia; como na prática isto é impossível, esse método apenas indica um ponto máximo teórico da disponibilidade hídrica do reservatório.

O Método de Campos, baseado na teoria estocástica de Moran, no que pese sua importância, oferece dificuldades no tratamento de condições de operação diversas, como bombeamento e integração de reservatórios.

A solução para o caso compreende, portanto, a simulação do balanço hídrico do reservatório, que realizada computacionalmente oferece a flexibilidade necessária às condições de operação dos reservatórios aqui analisados.

O procedimento de simulação da operação de um reservatório consiste, portanto, na solução da equação do balanço hídrico, a qual contabiliza todas as aflúncias, retiradas e eventuais vertimentos, para cada um dos períodos (meses) da simulação. Durante a solução das referidas equações são consideradas, ainda, as seguintes restrições:



1. Quando V_{s_i} ultrapassa a capacidade máxima do reservatório:

$$V_{s_i} > Q_{ab_i} \Rightarrow Q_{ab_i} = 0$$

$$V_{s_i} < Q_{ab_i} \Rightarrow Q_{ab_i} = V_{s_i} - Q_{ab_i}$$

2. Quando o reservatório em um dado mês não conseguir suprir a vazão retirada, vale então para esses meses:

$$Q'_{ab_i} < Q_{ab}$$

com:

Q'_{ab_i} = vazão retirada nos meses secos extremos

Quando da ocorrência do segundo caso, denomina-se falha do reservatório no suprimento. A garantia de abastecimento (g) para uma certa vazão regularizada pré-fixada é dada pela relação entre o número de falhas anotadas no período de simulação (nv) e o número de períodos simulados (n):

$$g = \left(1 - \frac{nv}{n}\right) * 100$$

A solução da equação do balanço hídrico e o correspondente cálculo de " g " para uma faixa de valores de vazão regularizada permite o estabelecimento da chamada curva de garantia do reservatório, curva esta que relaciona vazão regularizada com níveis de garantia.

O nível de garantia adotado usualmente em estudos hidrológicos para fins hidroagrícolas no Nordeste é de 90% sendo de 95% para fins energéticos, e ainda superior para fins de abastecimento humano (99%).

Os reservatórios da região semi-árida do nordeste do Brasil apresentam uma estrutura temporal de ocorrência de falhas caracterizada por uma alta concentração daquelas nos períodos secos, ou seja, quando ocorre uma falha, esta geralmente, não ocorre isoladamente.

As falhas que estes reservatórios apresentam podem estender-se ao longo de vários meses, ou anos, o que coloca em xeque o conceito de vazão regularizada com X % de garantia.

Nestes casos é bastante arriscado contar com uma vazão com garantia de 90%, dado que durante os restantes 10% todas as atividades sócio-econômicas da região abastecidas pelos reservatórios podem entrar em colapso.

Justifica-se, portanto, a introdução de um outro conceito que, traduzido em regra de operação, venha a minorar tais riscos (PERH-CE, 1991). Trata-se do conceito de volume



de alerta de um reservatório, que corresponde ao volume a partir do qual apenas um percentual da vazão regularizada pode ser retirada. A introdução deste conceito na regra de operação resulta em:

$$Q_{ab_i} = \begin{cases} Q_r \Leftrightarrow V_{i+1} \geq V_a \\ \%Q_r \Leftrightarrow V_a \geq V_i \geq V_{\min} \\ 0 \Leftrightarrow \left[V_i + Q_{a_i} - E_i \left(\frac{A_i + A_{i+1}}{2} \right) \right] \leq V_{\min} \\ Q_v < \%Q_r \Leftrightarrow V_{i+1} \geq V_{\min} \end{cases}$$

$$V_{i+1} \leq V_{\max} \rightarrow i = 1, 2, \dots, n$$

onde V_{i+1} , V_i , A_{i+1} , A_i são, respectivamente, os volumes e as áreas do espelho d'água do reservatório para os instantes de tempo i e $i+1$ da simulação; Q_{abi} é a vazão retirada; E_i é a parcela de evaporação; Q_{ai} é a vazão afluyente ao reservatório, todas respectivamente no intervalo de tempo i da simulação, V_{\min} e V_{\max} , respectivamente o volume mínimo operacional e a capacidade máxima do reservatório; Q_v , a vazão no período de falha e “ n ” o número de intervalos de tempo simulados.

Cabe ressaltar que respeitou-se a precedência dos reservatórios nos cursos d'água, de forma que admitiu-se serem os volumes regularizados pelos reservatórios existentes a montante de cada um dos reservatórios avaliados, sejam estes existente, projetados ou em estudo, consumidos integralmente ao longo do trajeto de montante a jusante. Por outro lado, proveniente das áreas barradas por reservatórios a montante, somente os volumes vertidos foram considerados como contribuição aos reservatórios de jusante.

Todos os açudes estudados tiveram suas vazões regularizadas calculadas para as garantias de 60% ,70% ,80% ,90% ,95% ,99% e 99,9%, sendo atendida no restante do tempo uma vazão regularizada de emergência igual a metade da vazão regularizada.

Somente para efeito de comparação, foram também simulados sem a consideração da restrição do volume de alerta todos os reservatórios estudados, lembrando que esses valores devem ser tomados com extrema reserva por considerarem a possibilidade de colapso total no fornecimento hídrico desses reservatórios.

Dados Utilizados

Na operação dos açudes existentes foram utilizadas as séries pseudo-históricas de deflúvios geradas para cada reservatório através do MODHAC, conforme já enfatizado acima, e as curvas Cota x Área x Volume correspondente a cada reservatório, obtidas dos respectivos projetos disponíveis na COGERH ou SRH. Vale ressaltar que foi realizado recentemente pela COGERH um estudo de batimetria dos açudes Acarape do Meio, Pacoti-Riachão, Pacajus e Gavião, que acarretou como resultado novos valores de capacidades dos reservatórios e curvas CAV. São essas novas informações que são consideradas nas simulações aqui apresentadas.

O açude Antônio de Medeiros, em particular, muito embora já construído, por não dispor de quaisquer informações sob forma de projeto, e dada a necessidade de sua simulação, principalmente no que diz respeito às atividades a nível de planejamento dos recursos hídricos nas Bacias Metropolitanas, teve sua capacidade máxima aproximada a



partir de estimativas obtidas na SRH e sua curva CAV estimada a partir do fator de forma do açude Ceará, apresentado mais adiante.

As Figuras 4.1 a 4.13 apresentam as curvas CAV consideradas na operação dos reservatórios existentes, bem como aponta os postos de precipitação e evaporação utilizados em cada um dos reservatórios.

4.2.2.1 – Operação Individual dos Reservatórios Existentes

A metodologia descrita foi aplicada aos reservatórios existentes nas Bacias Metropolitanas, não se levando em conta nessa etapa do presente relatório relações entre reservatórios, tais como o bombeamento do açude Pacajus para o sistema Pacoti-Riachão-Gavião, ou regras de operação particulares, como o caso do açude Gavião, mantido em cota elevada dada a necessidade de suprir gravitariamente a ETA que abastece Fortaleza.

Os resultados das simulações, para os reservatórios existentes das Bacias Metropolitanas, são apresentados na forma de curvas de regularização, mostrados nas Figuras 4.14 a 4.26.

4.2.2.2 – Operação Integrada do Sistema de Reservatórios Para Abastecimento da RMF

O sistema que atende a RMF é composto pelo açude Pacajus com vazão bombeada pelo Canal Ererê para o açude Pacoti-Riachão que, mantido em cota conveniente, alimenta o açude Gavião através de um túnel que se liga a um canal. Imediatamente a jusante desse reservatório localiza-se a ETA responsável pelo suprimento de água tratada à RMF.

A operação desse sistema condiciona-se ainda a tomadas de decisão quanto à qualidade das águas importadas do açude Pacajus, e à necessidade de manter o açude Gavião praticamente cheio, dada a necessidade de manutenção de uma cota mínima que garanta o suprimento gravitatório da ETA-Gavião.

Essa última imposição à operação do sistema integrado de reservatórios da RMF revela-se extremamente inconveniente para um conjunto de mananciais já insuficiente para o nível de comprometimento da demanda que tem de atender, pois sujeita-se à evaporação de grande área de espelho d'água e permite a sangria de praticamente todo o deflúvio da bacia do açude Gavião.

As condições do sistema exposto definem a integração entre os reservatórios, resultando que dentre os açudes que o compõem a única operação conjunta ainda possível reside no bombeamento das reservas do açude Pacajus para o açude Pacoti-Riachão, verificando a existência, ou não, de efeito sinérgico nessa transferência.

Nesse sentido foi analisada a regra de operação na qual a vazão regularizável do açude Pacajus seria bombeada continuamente para o açude Pacoti-Riachão, onde seria conduzida para o açude Gavião.

O produto dessa simulação, além do resultado da soma das vazões regularizadas individualmente pelos açudes Pacajus e Pacoti-Riachão, na forma de curvas de regularização é apresentado na Figura 4.27.



Figura 4.1 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Pacoti-Riachão

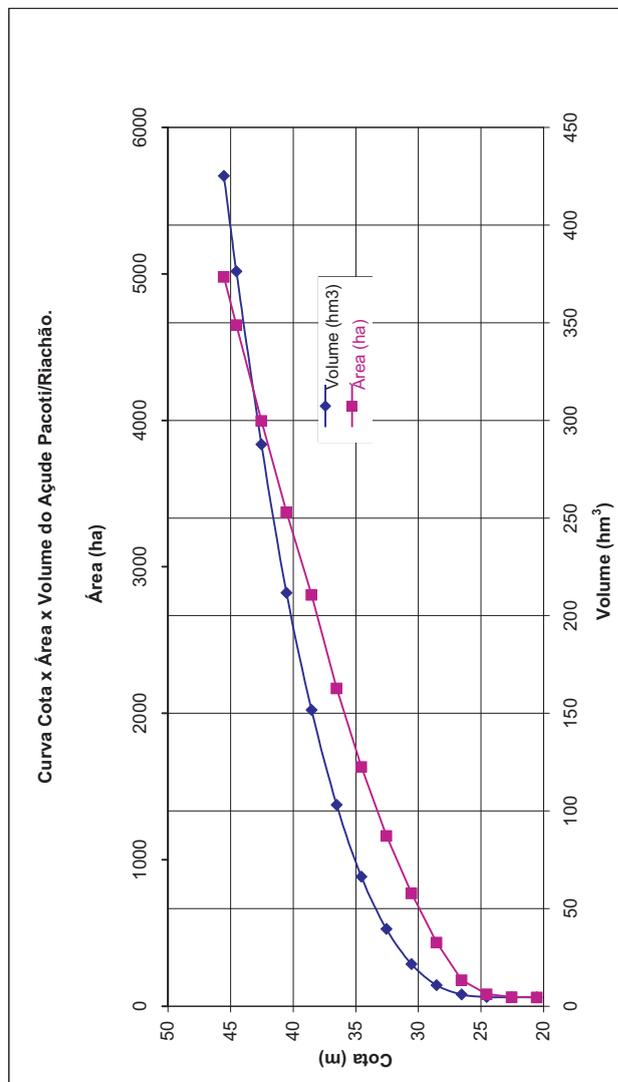
Barragem Pacoti/Riachão

Rio Barrado: Rio Pacoti

Postos pluviométricos representativos: Açude Riachão (2882188)

Evaporação representativa: Fortaleza

Capacidade máxima (Hm³): 420,600



Cota	Área (ha)	Vol (Hm3)
20,0	0,0	0,0
22,0	2,9	0,0
24,0	21,8	0,2
26,0	118,2	1,4
28,0	374,8	6,1
30,0	711,6	16,9
32,0	1103,8	35,0
34,0	1573,3	61,8
36,0	2110,0	98,6
38,0	2748,6	147,2
40,0	3312,5	207,1
42,0	3936,0	283,1
44,0	4588,9	371,6
45,0	4918,2	420,6



Figura 4.2 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Gavião

Barragem Gavião

Rio Barrado: Riacho Gavião

Postos pluviométricos representativos: Açude Riachão (2882188)

Evaporação representativa: Fortaleza

Capacidade máxima (Hm³): 29,500

Cota	Área (ha)	Vol (Hm3)
24,0	0,0	0,0
25,0	24,6	0,1
26,0	53,9	0,5
27,0	98,3	1,3
28,0	139,5	2,4
29,0	190,6	4,1
30,0	243,3	6,2
31,0	301,3	9,0
32,0	372,5	12,3
33,0	448,7	16,4
34,0	516,7	21,2
35,0	563,5	26,7
35,5	585,8	29,5

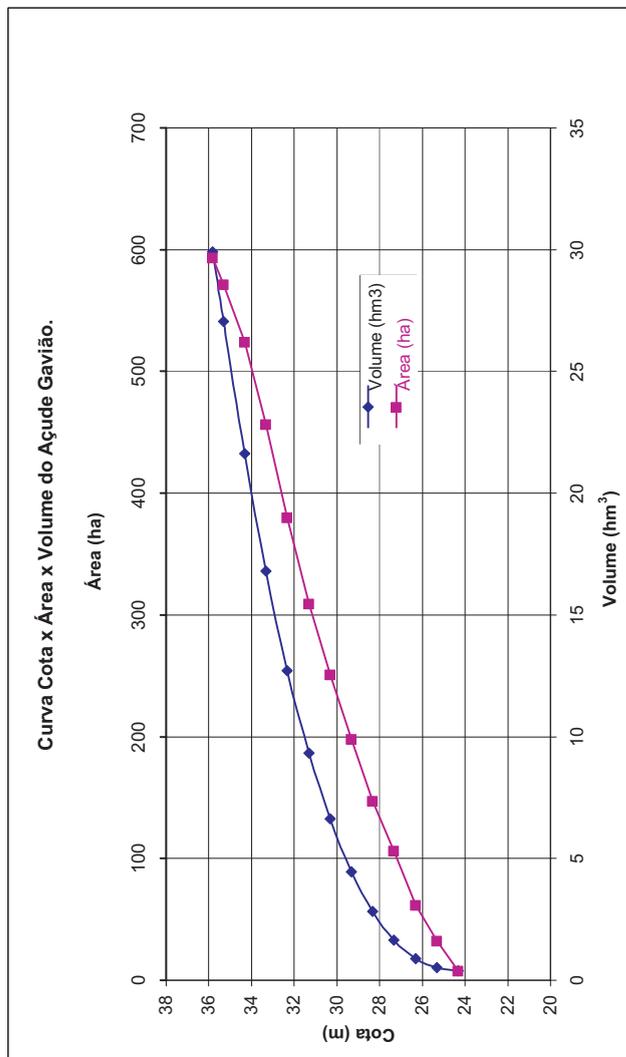
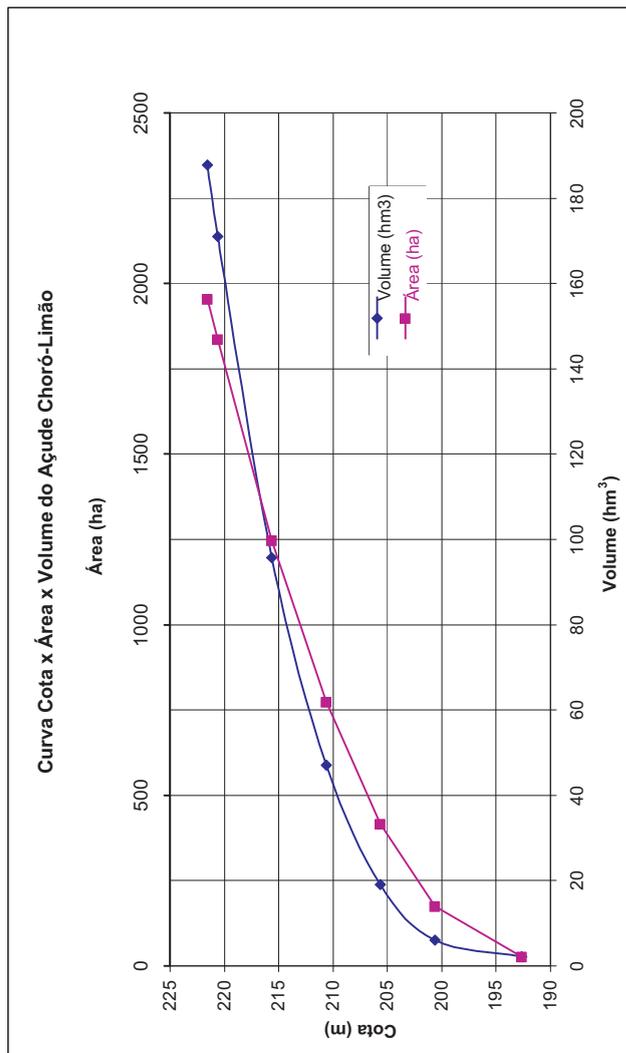




Figura 4.3 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Choró-Limão



Barragem Choró-Limão

Rio Barrado: Rio Choró

Postos pluviométricos representativos:

Evaporação representativa: Quixeramobim

Capacidade máxima (Hm³): 143,000

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
192,0	0,0	0,0
200,0	147,7	3,9
205,0	389,9	16,9
210,0	747,5	44,9
215,0	1220,5	93,6
220,0	1808,9	168,8
220,9	1927,0	185,6



Figura 4.4 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Acarape do Meio

Barragem Acarape do Meio

Rio Barrado: Rio Pacoti

Postos pluviométricos representativos: Açude Acarape do Meio (2882339)

Evaporação representativa: Fortaleza e Guaramiranga

Capacidade máxima (Hm³): 33.300

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
103,0	0,0	0,0
104,0	0,3	0,0
105,0	1,7	0,0
106,0	6,8	0,0
107,0	13,4	0,1
108,0	21,5	0,3
109,0	30,0	0,6
110,0	40,2	0,9
111,0	48,8	1,4
112,0	56,7	1,9
113,0	65,3	2,5
114,0	73,5	3,2
115,0	84,0	4,0
116,0	98,6	4,9
117,0	112,4	6,0
118,0	126,2	7,2
119,0	141,7	8,5
120,0	156,4	10,0
121,0	171,4	11,6
122,0	184,1	13,4
123,0	192,8	15,3
124,0	198,9	17,2
124,5	201,4	18,1
125,0	203,9	19,2
126,0	210,5	21,2
127,0	216,5	23,4
128,0	223,3	25,6
129,0	230,6	27,8
130,0	237,4	30,2
131,0	241,6	32,6
131,3	245,6	33,3

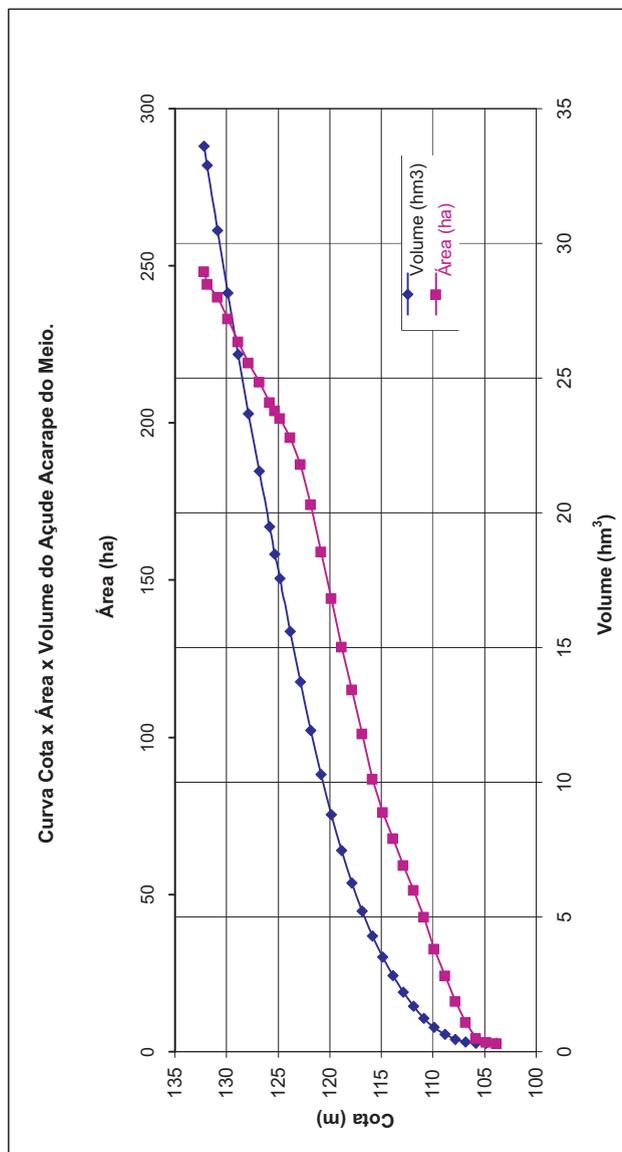




Figura 4.5 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Amanari

Barragem Amanari

Rio Barrado: Riacho do Recanto

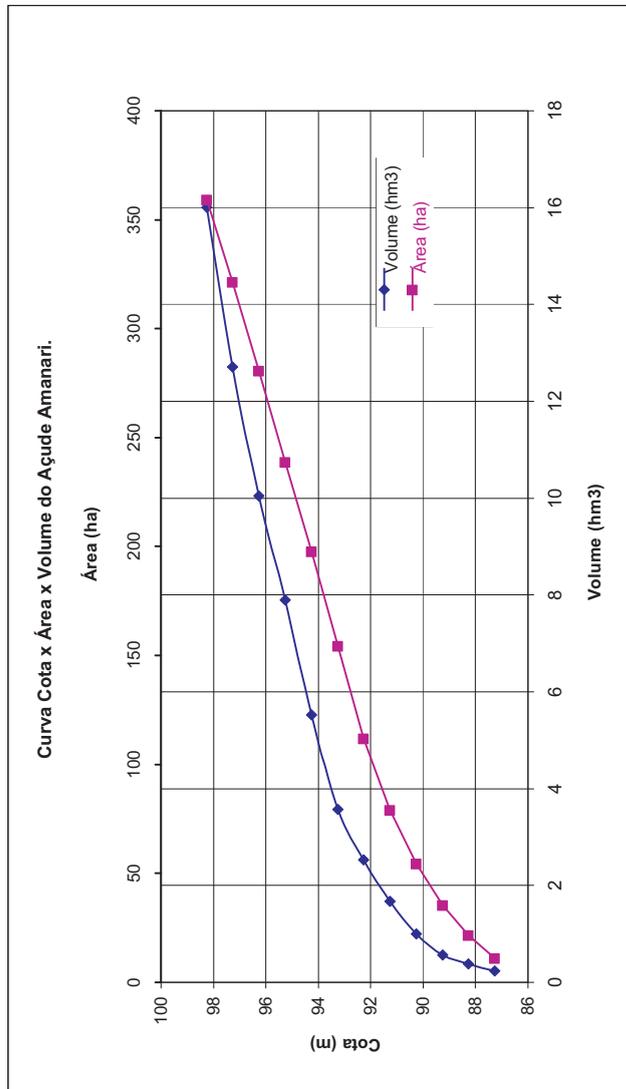
Postos pluviométricos representativos: Itapebussu (2882018) e Columinjuba (2882035)

Evaporação representativa: Fortaleza

Capacidade máxima (Hm³):

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
87	6,6	0,04
88	17,2	0,19
89	31,1	0,37
90	50,0	0,81
91	74,6	1,48
92	107,4	2,33
93	150,0	3,37
94	193,4	5,33
95	234,4	7,70
96	276,2	9,85
97	317,2	12,52
98	355,0	15,81

11.3



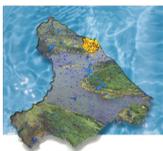


Figura 4.6 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Pacajus

Barragem Pacajus
Rio Barrado: Choro

Postos pluviométricos representativos: Angicos (2883345)

Evaporação representativa: Fortaleza e Quixeramobim

Capacidade máxima (Hm³): 240,000

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
22	0,0	0,0
23	4,0	0,0
24	32,6	0,2
25	116,1	0,8
26	310,3	2,9
27	540,3	7,1
28	767,0	13,7
29	1043,5	22,6
30	1376,1	34,7
31	1698,3	50,1
32	2072,6	68,9
33	2424,6	91,4
34	2712,7	117,2
35	2908,2	145,4
36	3088,3	175,4
37	3271,1	207,2
38	3556,9	240,0

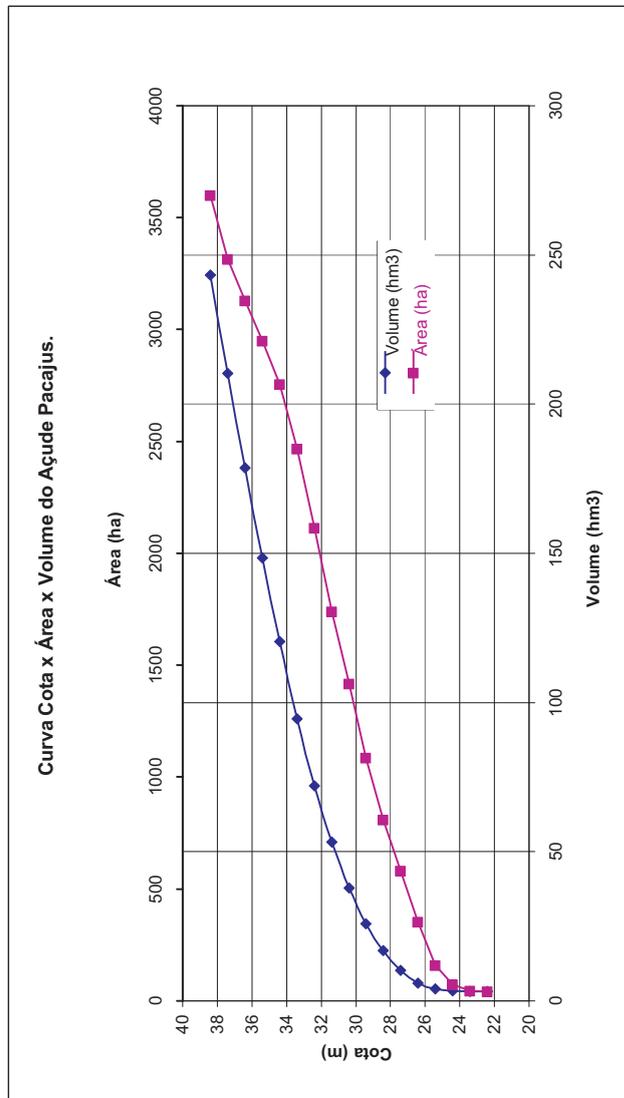




Figura 4.7 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Castro

Barragem Castro

Rio Barrado: Castro

Postos pluviométricos representativos: Itapiúna (2892111)

Evaporação representativa: Quixeramobim

Capacidade máxima (Hm³): 63.900

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
130	1,4	0,0
135	58,7	2,5
140	194,2	7,8
145	391,3	22,5
150	707,1	49,9
152	844,2	63,9
155	1164,3	96,7

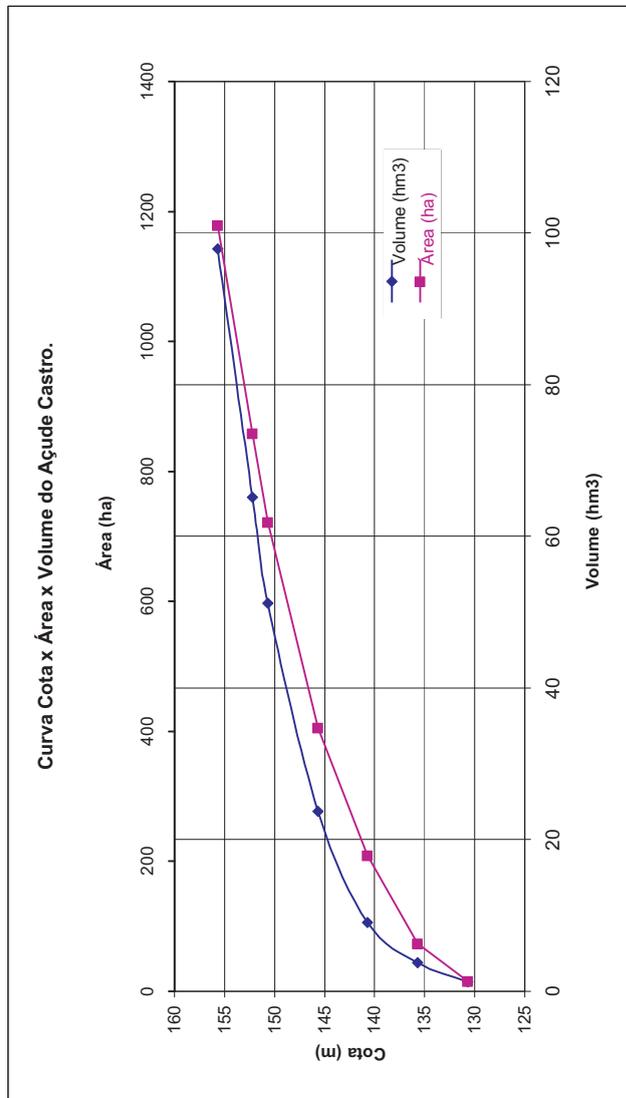




Figura 4.8 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Batente

Barragem Batente

Rio Barrado: Pirangi

Postos pluviométricos representativos: Angicos (2892089)

Evaporação representativa: Quixeramobim

Capacidade máxima (Hm³): 28.900

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
90	4,0	0,0
91	14,4	0,1
92	22,0	0,3
93	83,9	0,8
94	158,9	2,0
95	348,1	4,6
96	429,0	8,5
97	578,0	13,5
98	754,5	20,2
99	1010,0	29,0
100	1215,5	40,1
101	1302,2	52,7
102	1444,1	66,4

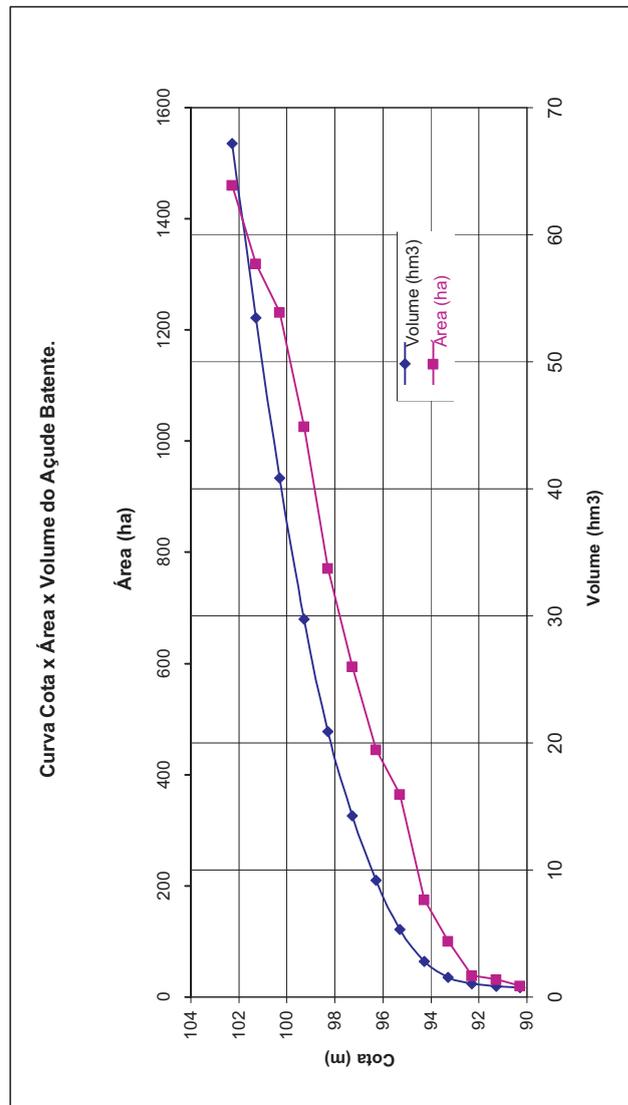




Figura 4.9 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Catu-Cinzena

Barragem Catu

Rio Barrado: Riacho Catu

Postos pluviométricos representativos: Pindoretama (FUNCEME 176)

Evaporação representativa: Fortaleza

Capacidade máxima (Hm³):

33,190

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
33	0,0	0,0
34	5,0	1,4
35	10,0	2,3
36	25,0	4,1
37	40,0	6,3
38	62,0	8,0
39	97,0	10,1
40	135,0	12,7
41	188,0	15,5
42	248,0	19,4
43	323,0	22,8
44	412,0	26,7
45	507,0	30,0
46	622,0	34,4
47	753,0	39,6
48	883,0	41,9

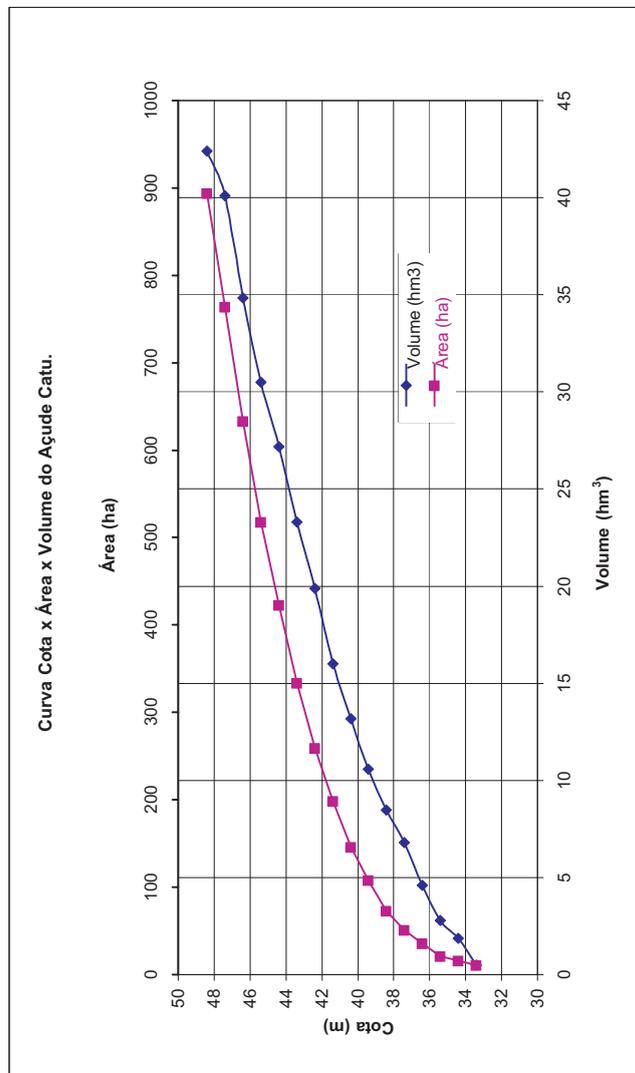




Figura 4.10 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Cauhiipe

Barragem Cauhiipe

Rio Barrado: Cauhiipe

Postos pluviométricos representativos: Guararu (2872435)

Evaporação representativa: Fortaleza

Capacidade máxima (Hm³):

12,192

Cota	Área (ha)	Vol (Hm3)
28,0	0,0	0,0
29,0	2,0	0,4
30,0	4,0	0,7
31,0	20,0	2,1
32,0	34,0	3,4
33,0	68,0	4,9
34,0	111,0	7,0
35,0	164,0	9,5
36,0	250,0	12,0
37,0	350,0	14,3
38,0	466,0	16,5

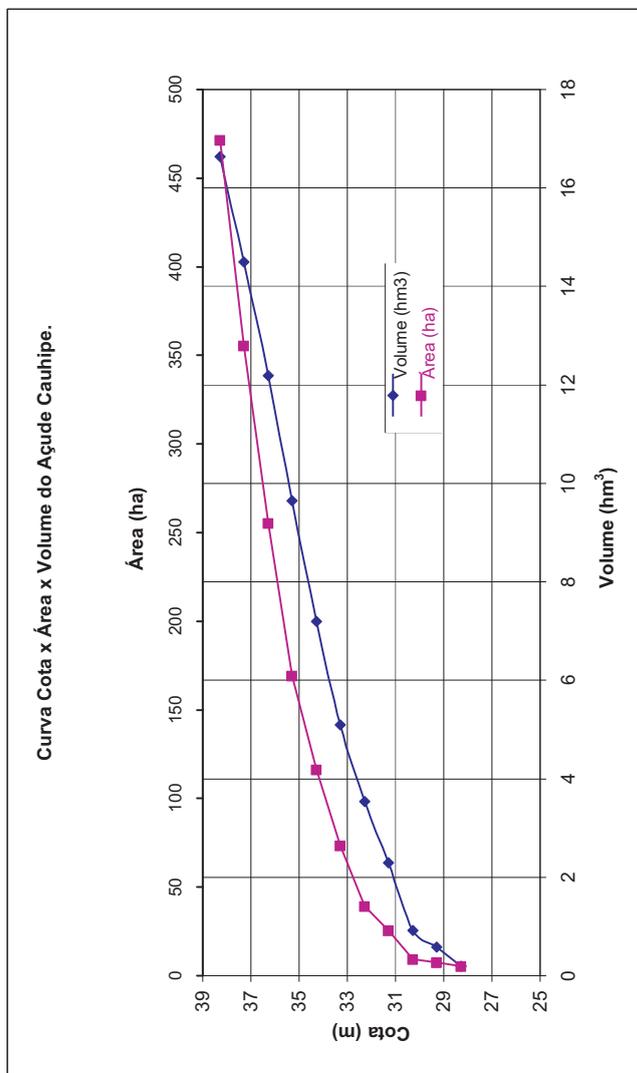




Figura 4.11 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Mal-Cozinhado

Barragem Mal-Cozinhado

Rio Barrado: Riacho Mal-Cozinhado

Postos pluviométricos representativos: Pindoretama (176)

Evaporação representativa: Quixeramobim

Capacidade máxima (Hm³):

34,640

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
9	0,0	0,0
10	2,0	0,0
11	8,9	0,1
12	23,8	0,2
13	37,0	0,5
14	82,6	1,1
15	115,1	2,1
16	166,6	3,5
17	232,3	5,5
18	292,3	8,1
19	355,6	11,3
20	436,0	15,3
21	498,2	19,9
22	567,6	25,3
23	629,5	31,2
24	689,2	37,8
25	744,2	45,0
26	813,5	52,8
27	910,5	61,4

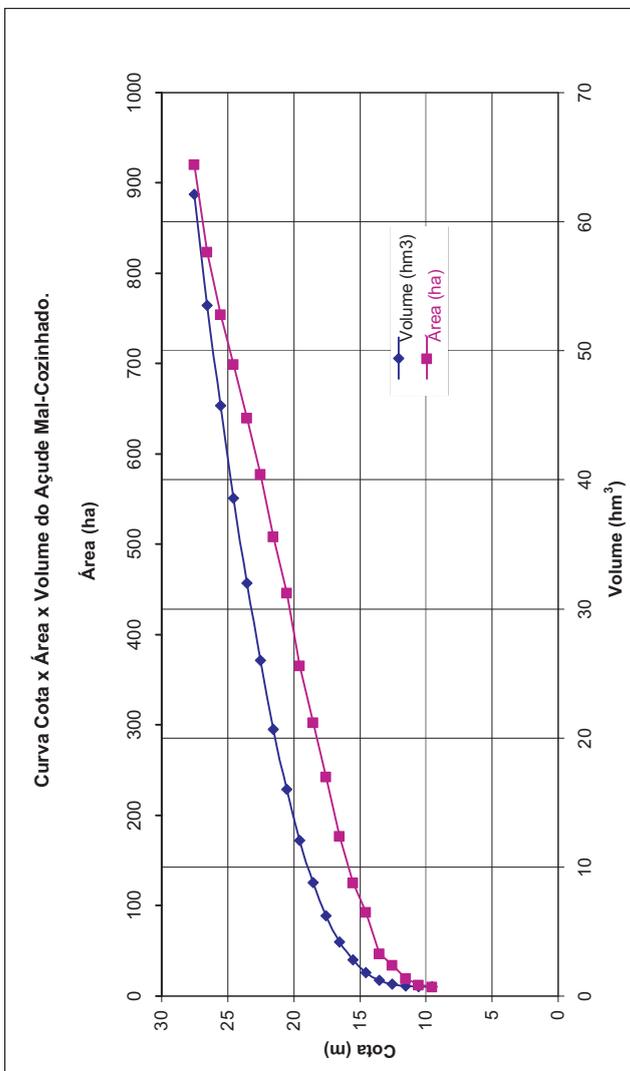




Figura 4.12 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Sítios Novos

Barragem Sítios Novos

Rio Barrado: São Gonçalo do Amarante

Postos pluviométricos representativos: Sítios Novos de Cima (2872602)

Evaporação representativa: Quixeramobim

Capacidade máxima (Hm³): 123,240

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
27,6	0,0	0,0
29,0	5,3	0,0
31,0	62,0	0,6
33,0	222,4	3,3
35,0	418,3	9,7
37,0	647,7	20,3
39,0	927,1	36,0
41,0	1264,6	57,7
43,0	1631,2	86,5
45,0	2009,5	123,2
47,0	2428,6	167,6
49,0	2788,5	219,6

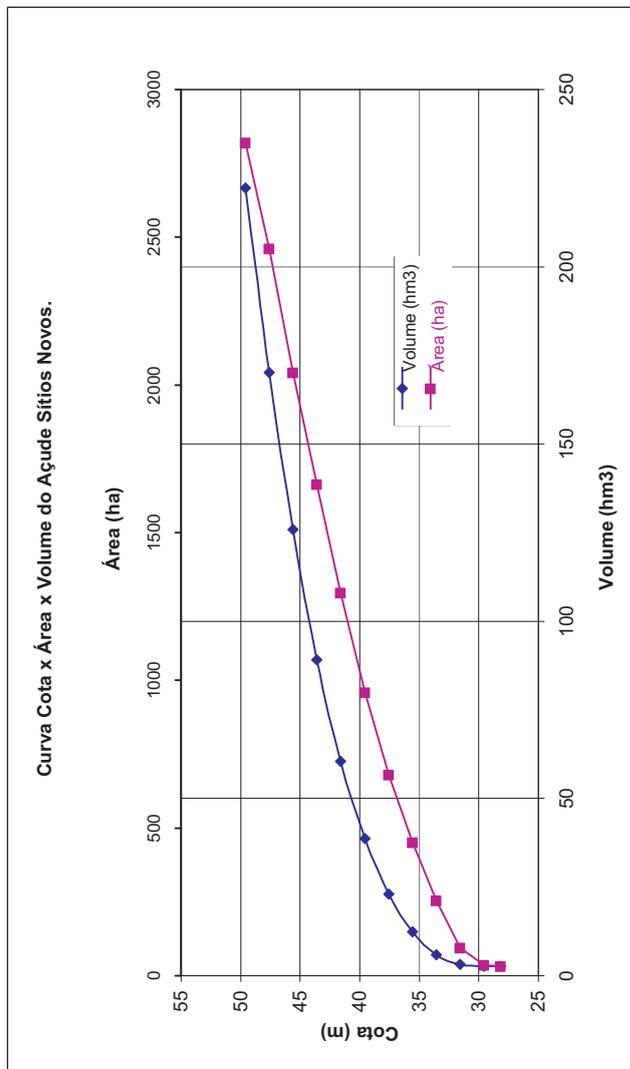




Figura 4.13 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Antônio da Silva Medeiros

Barragem Antônio de Medeiros

Rio Barrado: Córrego das Umburanas

Postos pluviométricos representativos: Umburanas (2884912)

Evaporação representativa: Fortaleza e Quixeramobim

Obs.: devido a falta de curva cota-área-volume usou-se o fator de forma do Açude Ceará

Capacidade máxima (Hm³): 30.130

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
0,0	0,0	0,00
1,0	4,9	0,02
2,0	19,4	0,13
3,0	43,7	0,44
4,0	77,6	1,03
5,0	121,3	2,02
6,0	174,6	3,49
7,0	237,7	5,55
8,0	310,4	8,28
9,0	392,9	11,79
10,0	485,0	16,17
11,0	586,9	21,52
12,0	698,5	27,94
13,0	819,7	35,52
13,3	858,0	38,04
14,0	950,7	44,36
15,0	1091,3	54,57

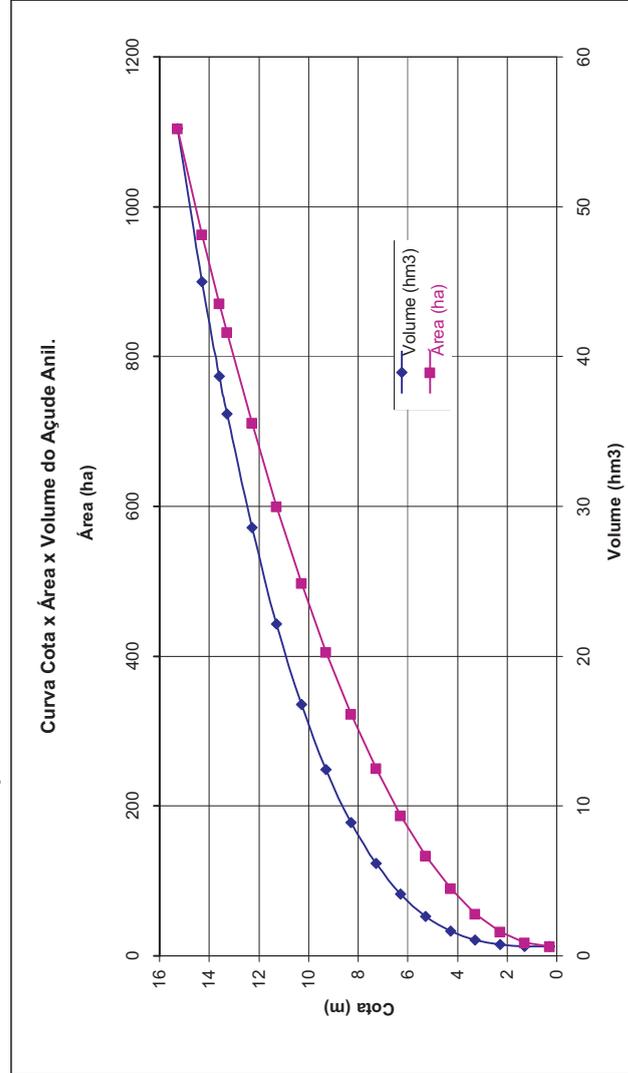




Figura 4.14 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Pacoti-Riachão

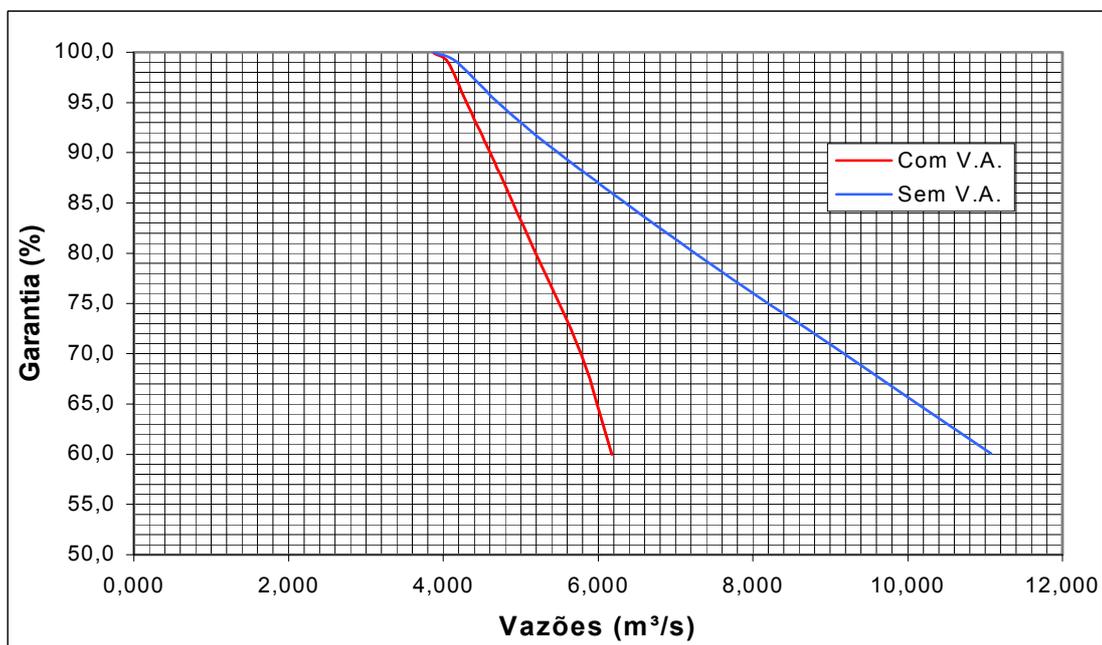


Figura 4.15 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Gavião

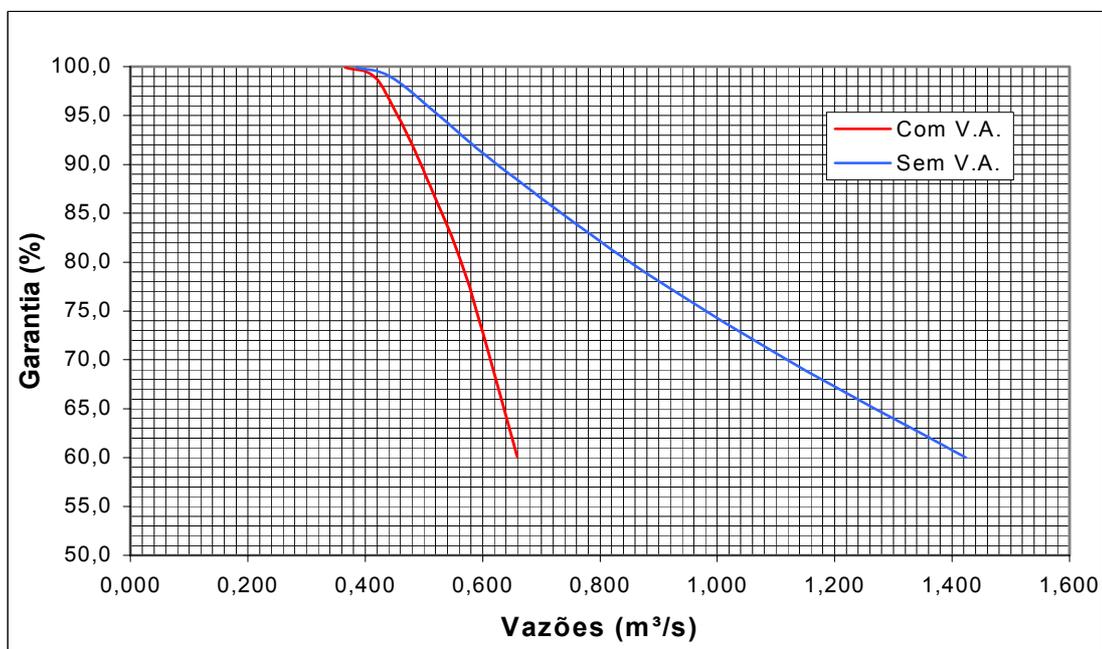




Figura 4.16 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Choró-Limão

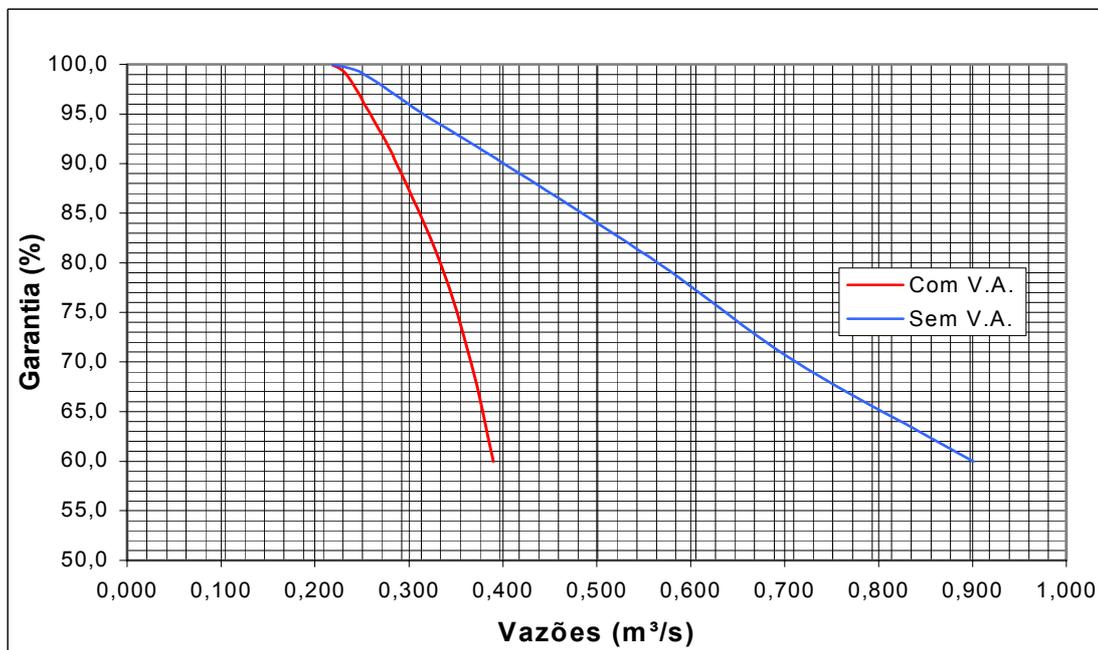


Figura 4.17 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Acarape do Meio

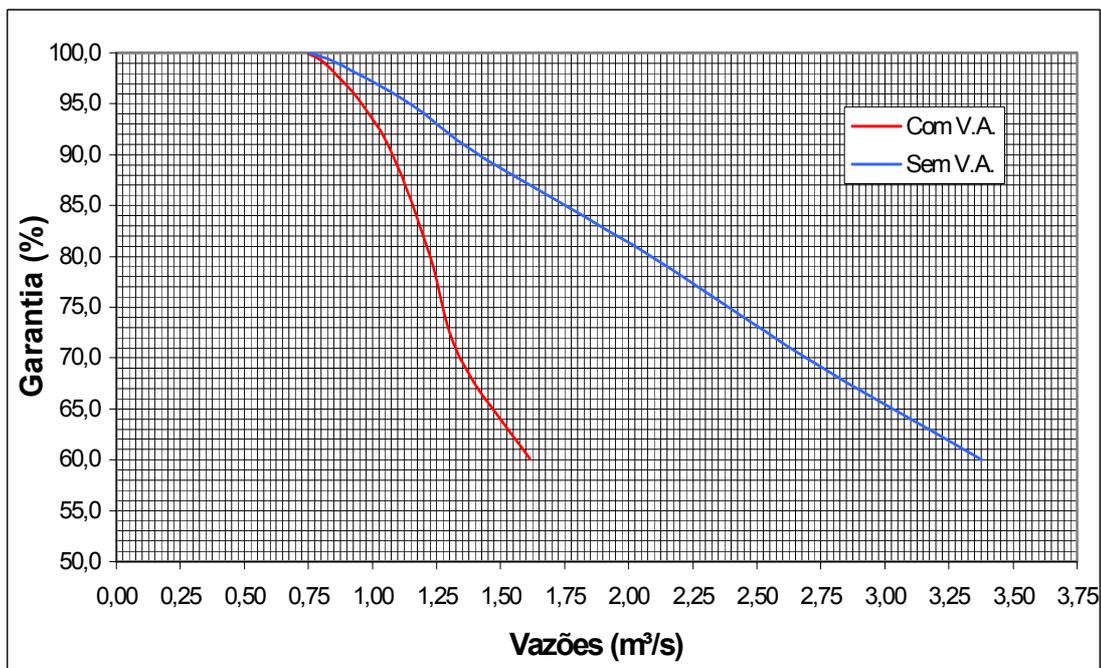




Figura 4.18 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Amanari I

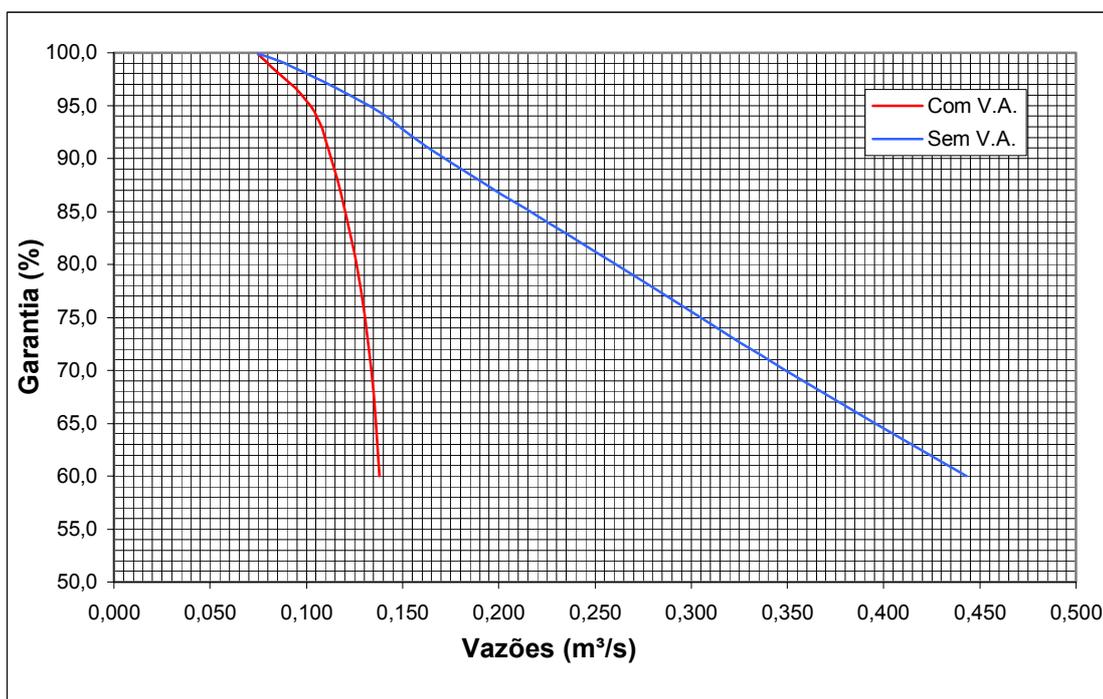


Figura 4.19 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Pacajus

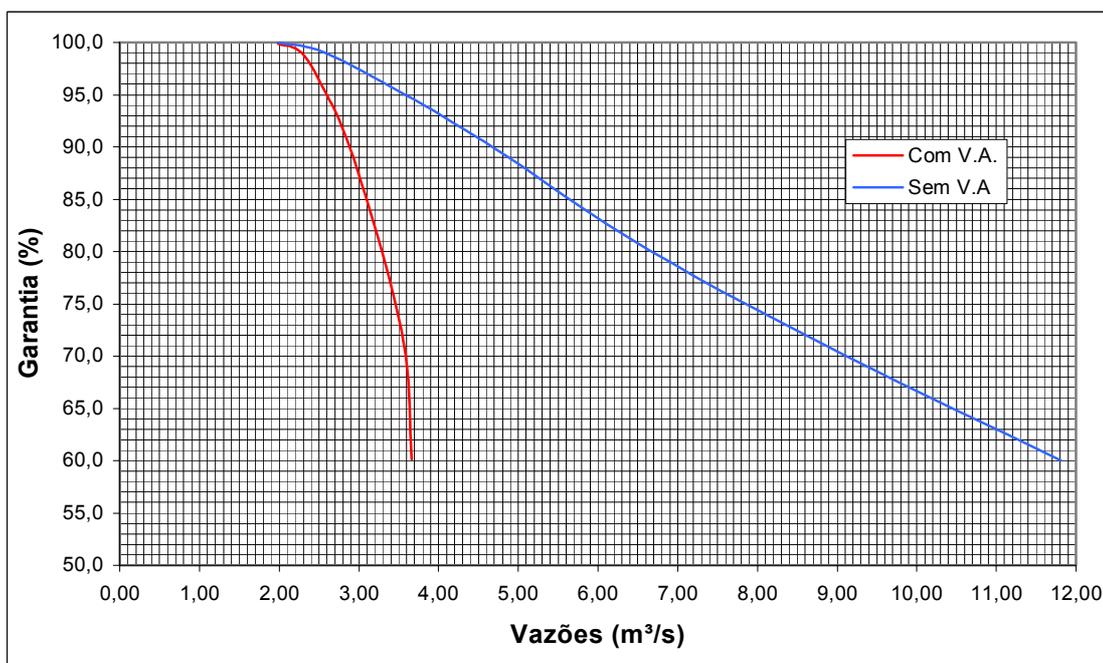




Figura 4.20 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Castro

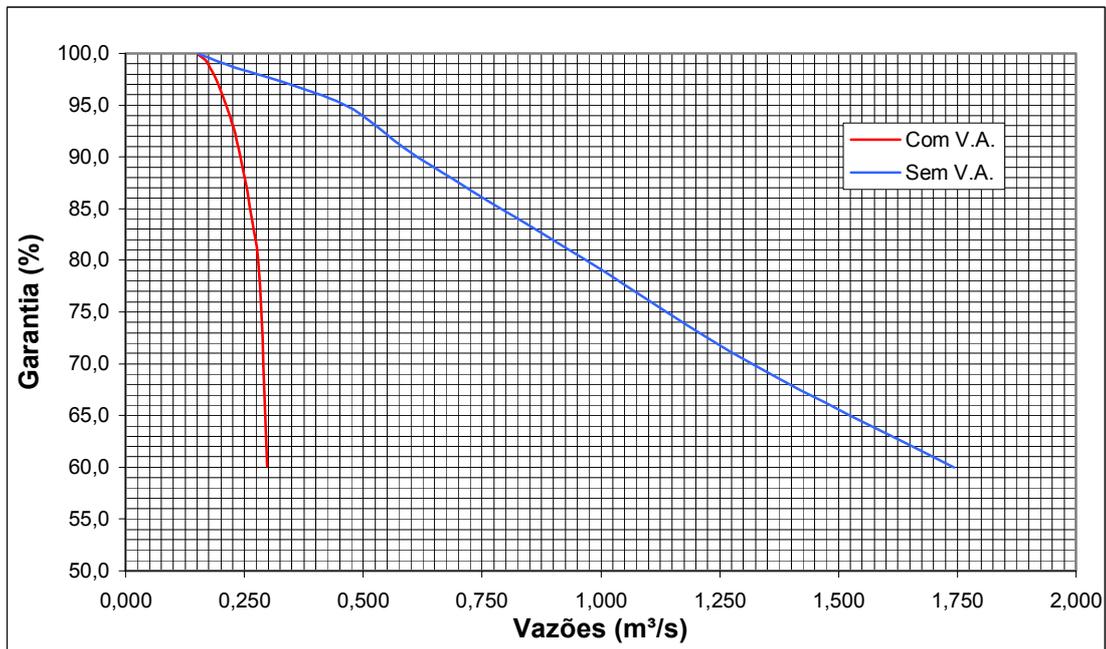


Figura 4.21 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Batente

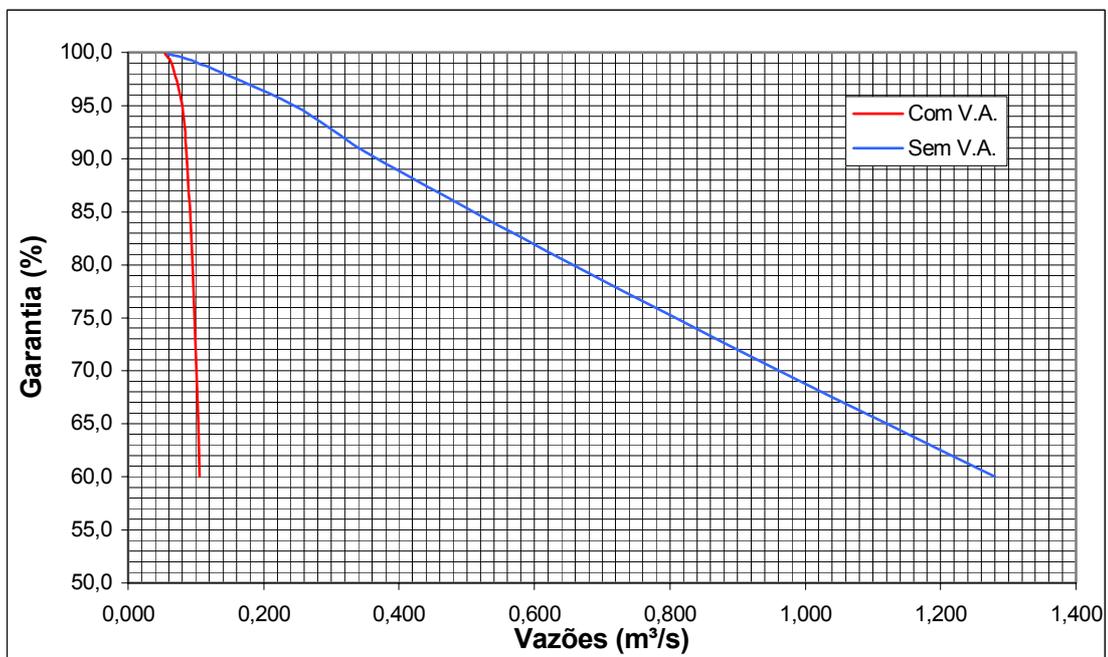




Figura 4.22 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Catu-Cinzenta

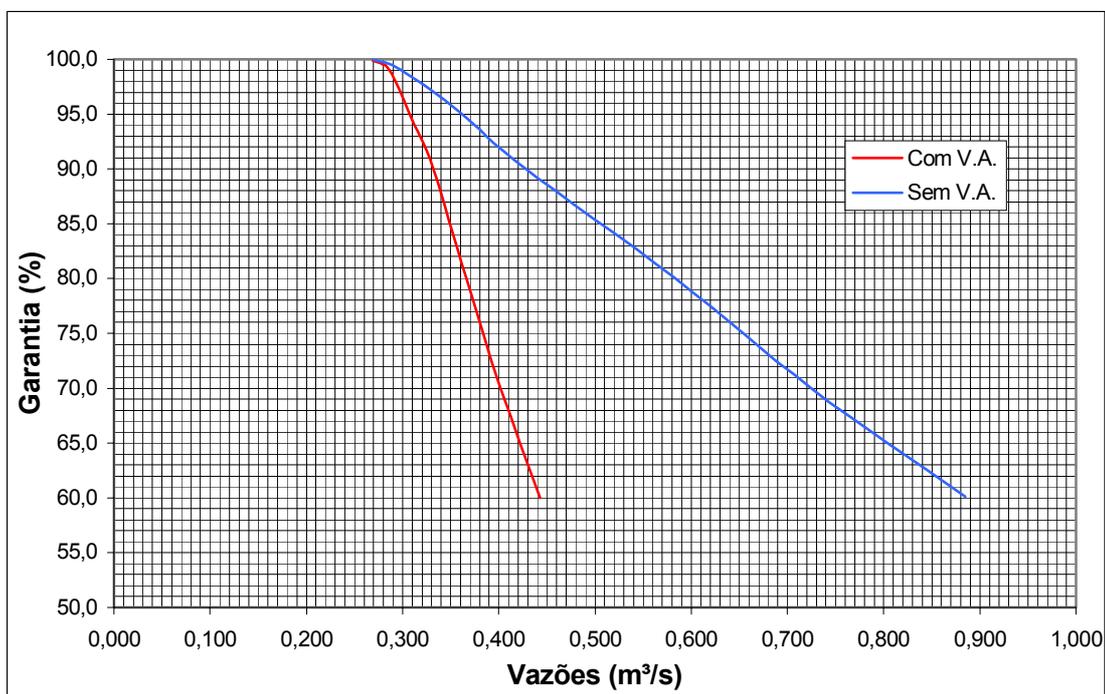


Figura 4.23 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Cauhipe

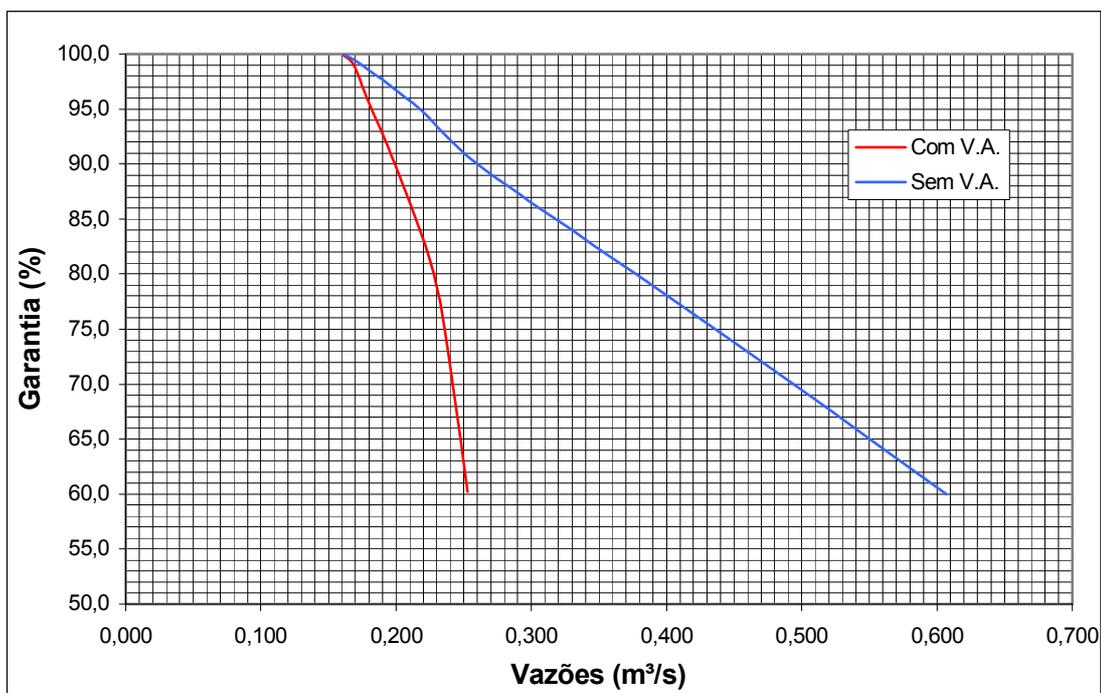




Figura 4.24 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Mal-Cozinhado

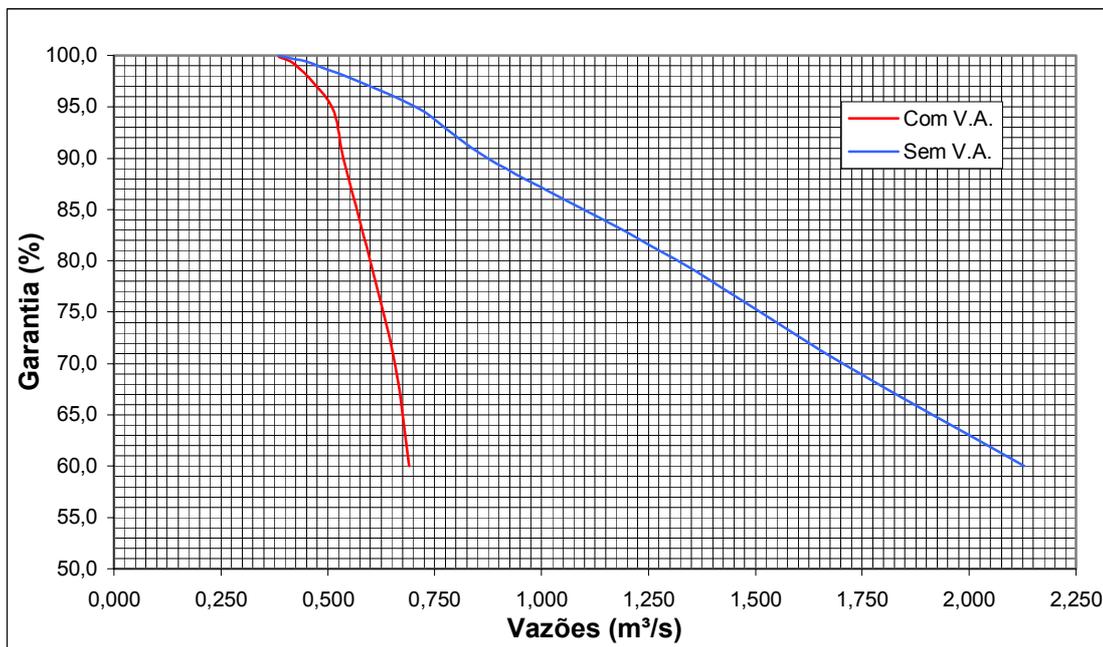


Figura 4.25 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Sítios Novos

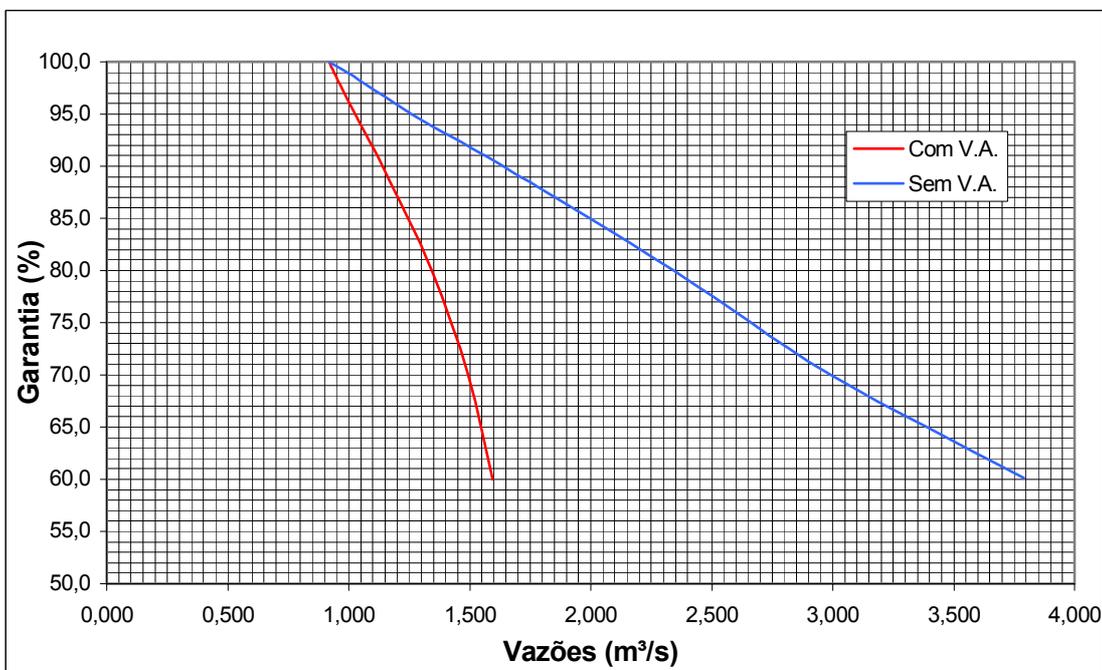




Figura 4.26 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Antônio da Silva Medeiros

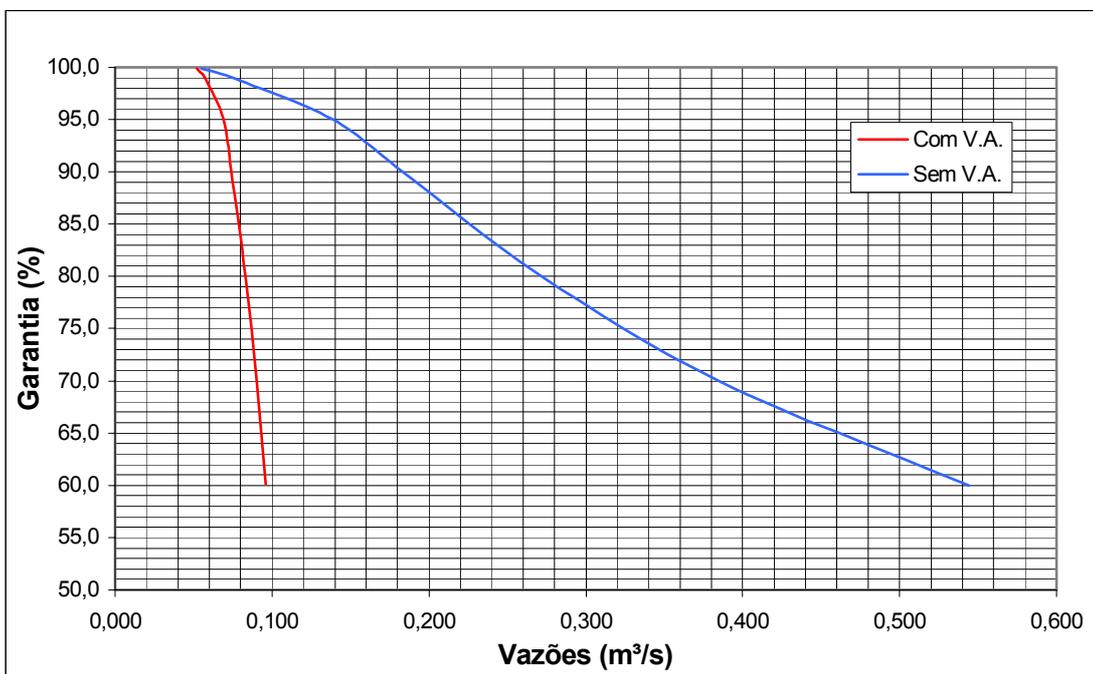
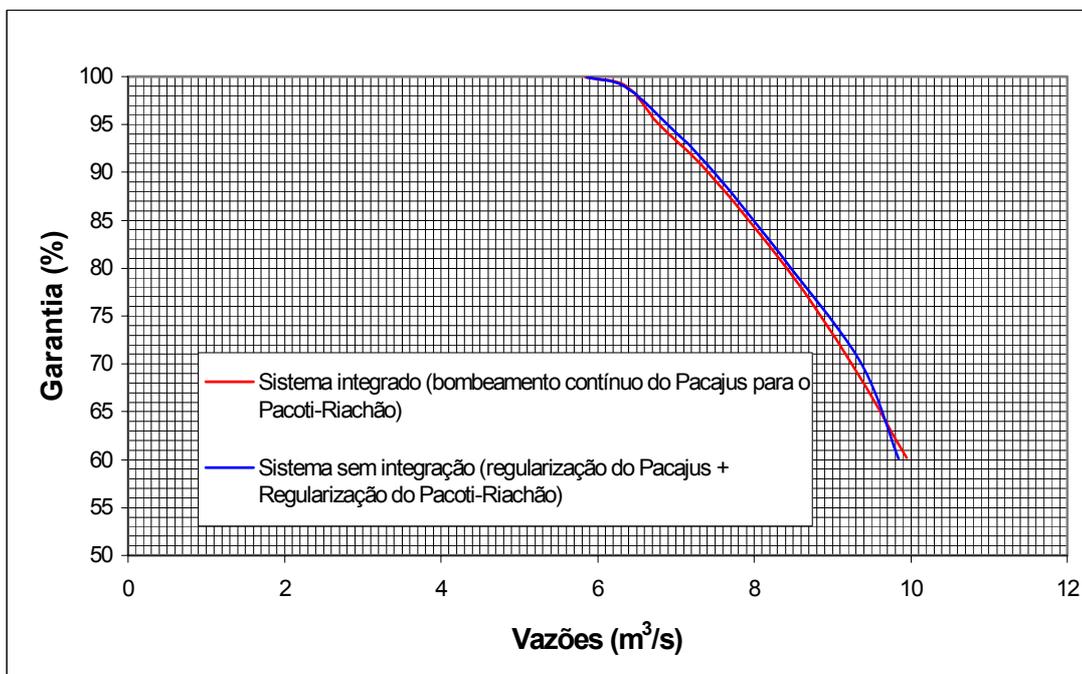


Figura 4.27 - Curvas de Garantia de Vazões, com Volume de Alerta, do Sistema de Açudes Pacajus e Pacoti-Riachão





A partir desta figura, pode-se afirmar ser praticamente indiferente considerar a operação com bombeamento contínuo do açude Pacajus para o açude Pacoti-Riachão, e deste para o açude Gavião, ou a soma da operação independente dos dois reservatórios, com transferência posterior para o açude Gavião.

4.3 – A INFRAESTRUTURA HÍDRICA FUTURA

4.3.1 – DESCRIÇÃO (RESERVATÓRIOS PROJETADOS E EM EXECUÇÃO)

O Programa de Desenvolvimento Urbano e Gestão dos Recursos Hídricos – PROURB, atualmente em implementação no Ceará, tem como uma de suas diretrizes a expansão da oferta hídrica no estado do Ceará, e nesse sentido tem financiado estudos, projetos e a construção de barragens com o objetivo de reverter os quadros de escassez hídrica comuns no Estado.

Assim vários reservatórios nas Bacias Metropolitanas encontram-se em diferentes níveis de estudo ou projeto. A relação completa desses açudes em execução, projetados, ou em estudo é apresentada na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 – Reservatórios Programados ou Estudo nas Bacias Metropolitanas

Nome	Município	Rio barrado	Bacia Hidrográfica (km ²)	Volume (hm ³)
Anil	Caucaia	Anil	122,13	15,000
Aracoiaba	Aracoiaba	Aracoiaba	584,05	175,000
Ceará	Caucaia	Ceará	301,91	30,000
Choró	Aracoiaba	Choró	2953,73	480,000
das Amarelas	Beberibe	Cór. do Camará	195,12	15,000
Feijão	Ibaretama/Morada Nova	Rch. Feijão	171,23	10,000
Gameleiras	Baturité	Rch. Candeias	55,20	5,000
Germinal	Pacoti	Pacoti	131,18	5,000
Itapebuçu	Maranguape	Rio São Gonçalo	71,10	29,186
Macacos	Ibaretama	Rch. dos Macacos	62,78	7,500
Pesqueiro	Capistrano	Rch. da Lagoa Nova	77,00	7,200

As localizações dos açudes em execução ou estudo, além dos açudes já existentes, bem como as delimitações de suas bacias hidrográficas são apresentadas no Mapa 4.2.

4.3.2 – OPERAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS

Seguindo a mesma metodologia apresentada para os reservatórios já existentes foi feita a operação dos açudes projetados, em estudo e em implantação.

Dados Utilizados

Conforme já abordado quando dos reservatórios existentes, as séries de deflúvio pseudo-históricas utilizadas para os açudes integrantes da infra-estrutura futura das Bacias Metropolitanas são resultantes da aplicação do MODHAC.

Dificuldades foram enfrentadas quando do levantamento de informações de muitos desses açudes, dada a inexistência de projetos dos mesmos na época. Contudo, a



necessidade de operação desses reservatórios, mesmo face a tantas adversidades, dada a importância dos mesmos no contexto do levantamento das disponibilidades hídricas e do planejamento dos usos dos recursos hídricos nas Bacias Metropolitanas, obrigou a adoção de informações bastante preliminares em alguns casos e, em casos mais extremos, a adoção de aproximações daquelas informações imprescindíveis ao tratamento e simulações dos mesmos.

Assim, com relação às curvas cota-área-volume, foram utilizados, quando disponíveis, os dados correspondentes a levantamentos topográficos integrantes dos projetos dos açudes. É o caso dos açudes Aracoíaba e Pesqueiro, cujos dados foram extraídos dos projetos básicos dos mesmos, e do açude Itapebussu, cujas informações foram obtidas diretamente via Consultora responsável pelo seu projeto.

No entanto, para aqueles reservatórios que, na época do levantamento de dados (97/98) para esta atividade de simulação, estavam apenas em fase de estudos preliminares, não foi possível obter as informações das curvas cota-área-volume e, em alguns casos, até mesmo informação documentada sobre a capacidade dos mesmos, para os quais foram utilizadas estimativas preliminares obtidas na SRH.

De forma mais detalhada, as curvas CAV dos açudes Ceará e Germinal, bem como suas capacidades máximas foram extraídas do relatório de hierarquização de barragens feito no âmbito do PROURB, onde foi estimado um fator de forma específico para cada reservatório. Para o açude Choró, por sua vez, foram utilizadas a capacidade e a CAV consideradas no PERH.

Integrando o grupo de açudes sem levantamentos topográficos e com informações de capacidades apenas preliminares, obtidas na SRH, encontram-se os açudes Feijão e Macacos, cujo fator de forma foi importado do açude Várzea da Volta, e o açude Amarelas, com adoção do fator de forma do açude São Pedro da Timbaúba.

Um caso mais extremo engloba o açude Gameleiras, para o qual não havia consenso sequer da sua real localização. Nesse caso, de posse das informações sobre o rio a ser barrado e da localização aproximada do mesmo, foi locado, nas cartas da SUDENE, na escala de 1: 100.000, um potencial boqueirão adequado para o barramento. Foi com base nessas informações bastante preliminares que se deu todo o estudo referente ao referido açude no âmbito deste Plano de Gerenciamento, razão pela qual devem ser cuidadosamente utilizados. Com relação à sua curva CAV foi utilizado o fator de forma do açude Acarape do Meio.

De posse do fator de forma dos açudes, a curva CAV foi obtida, de forma bastante preliminar, a partir das equações:

$$V = \alpha h^3$$

$$A = \alpha h^2$$

As curvas CAV utilizadas para estes reservatórios integrantes da infra-estrutura futura das Bacias Metropolitanas encontram-se apresentadas nas [Figuras 4.28 a 4.38](#).



Figura 4.28 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Anil

Barraem Anil

Rio Barrado: Rio Anil

Postos pluviométricos representativos: Sítios Novos (2872409)

Evaporação representativa: Fortaleza

Obs.: devido a falta de curva cota-área-volume usou-se o fator de forma do Açude Ceará

Capacidade máxima (Hm³): 15,000

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
0,0	0,0	0,00
1,0	2,0	0,01
2,0	8,1	0,05
3,0	18,3	0,18
4,0	32,6	0,43
5,0	50,9	0,85
6,0	73,2	1,46
7,0	99,7	2,33
8,0	130,2	3,47
9,0	164,8	4,94
10,0	203,5	6,78
11,0	246,2	9,03
12,0	293,0	11,72
12,6	323,0	13,57
13,0	343,8	14,90
13,3	359,9	15,95
14,0	398,8	18,61
15,0	457,8	22,89

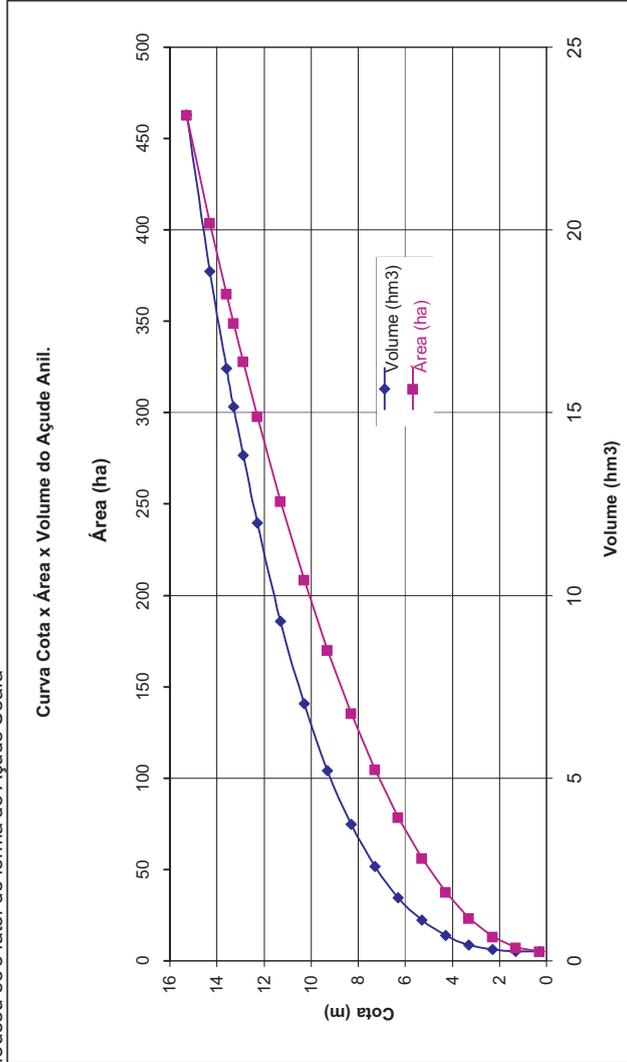




Figura 4.29 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Aracoiaba

Barragem Aracoiaba
 Rio Barrado: Aracoiaba
 Postos pluviométricos representativos: 2882626
 Evaporação representativa: Fortaleza

Capacidade máxima (Hm³): 175,000

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
66,65	0,0	0,0
70	75,0	2,5
75	207,5	7,4
80	390,0	20,7
85	662,5	48,8
90	1112,5	98,8
95	1731,5	175,0
100	2530,5	279,7

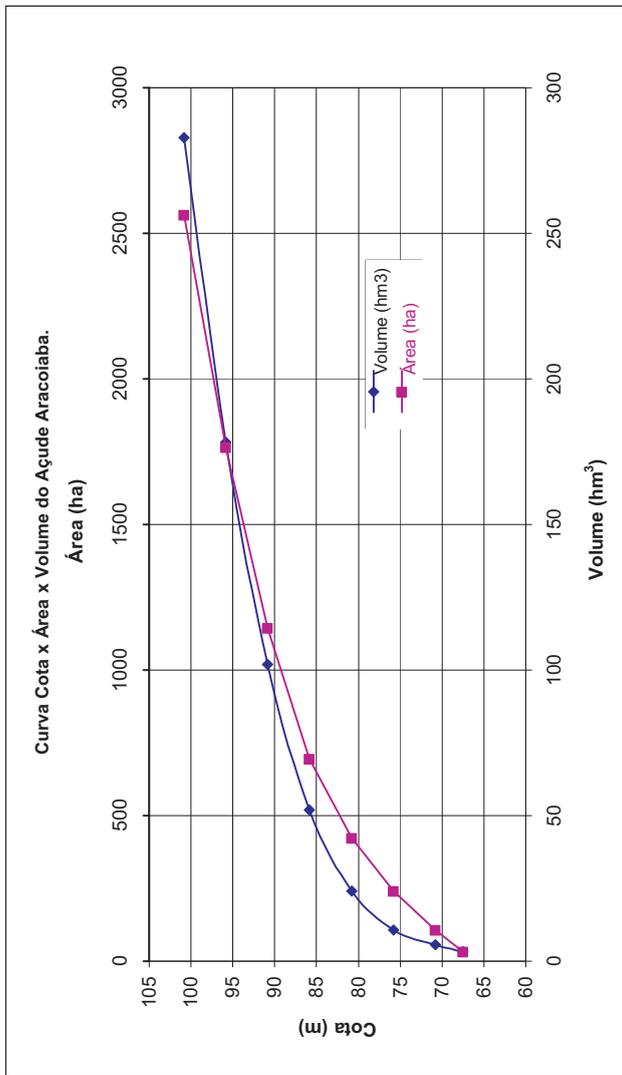


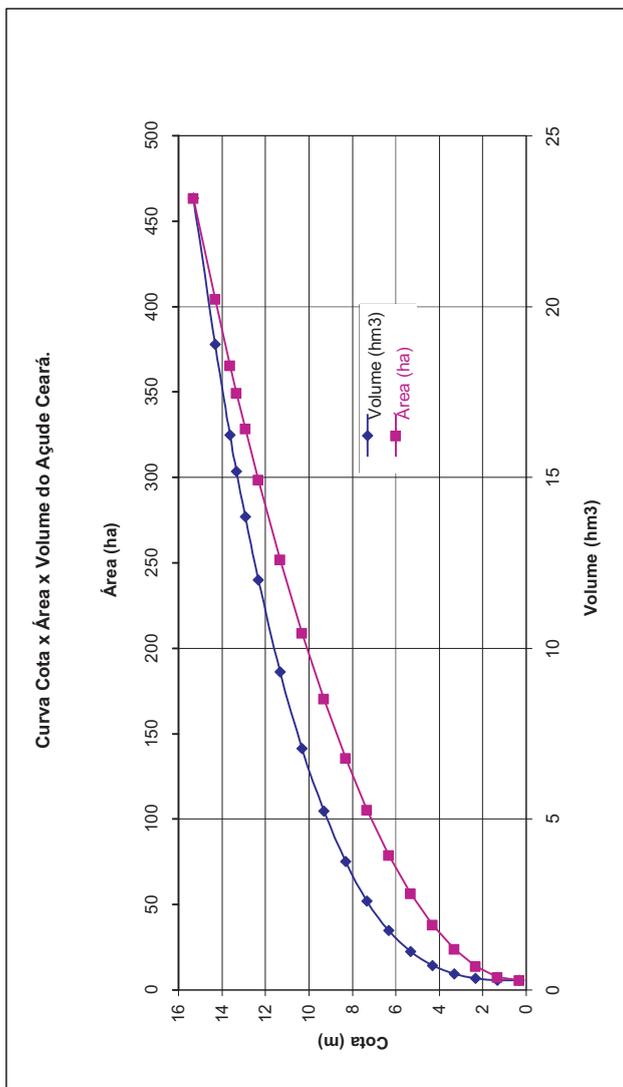


Figura 4.30 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Ceará.

Barragem Ceará
 Rio Barrado: Rio Ceará
 Postos pluviométricos representativos: Maranguape (2872766)
 Evaporação representativa: Fortaleza

Capacidade máxima (Hm³): 13,570

Cota	Área (ha)	Vol (Hm3)
0,0	0,0	0,0
1,0	2,0	0,0
2,0	8,1	0,1
3,0	18,3	0,2
4,0	32,6	0,4
5,0	50,9	0,8
6,0	73,2	1,5
7,0	99,7	2,3
8,0	130,2	3,5
9,0	164,8	4,9
10,0	203,5	6,8
11,0	246,2	9,0
12,0	293,0	11,7
12,6	323,0	13,6
13,0	343,8	14,9
13,3	359,9	16,0
14,0	398,8	18,6
15,0	457,8	22,9



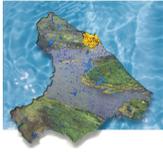


Figura 4.31 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Choró.

Barragem Choró
 Rio Barrado: Choró
 Postos pluviométricos representativos: 2882862
 Evaporação representativa: Fortaleza e Quixeramobim

Capacidade máxima (Hm³): 480,000

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
57	0,0	0,0
65	687,5	27,5
70	1531,5	81,3
75	2781,5	187,5
80	4728,0	375,0
85	7075,0	664,5
90	9781,5	1100,0
95	13156,5	1677,4

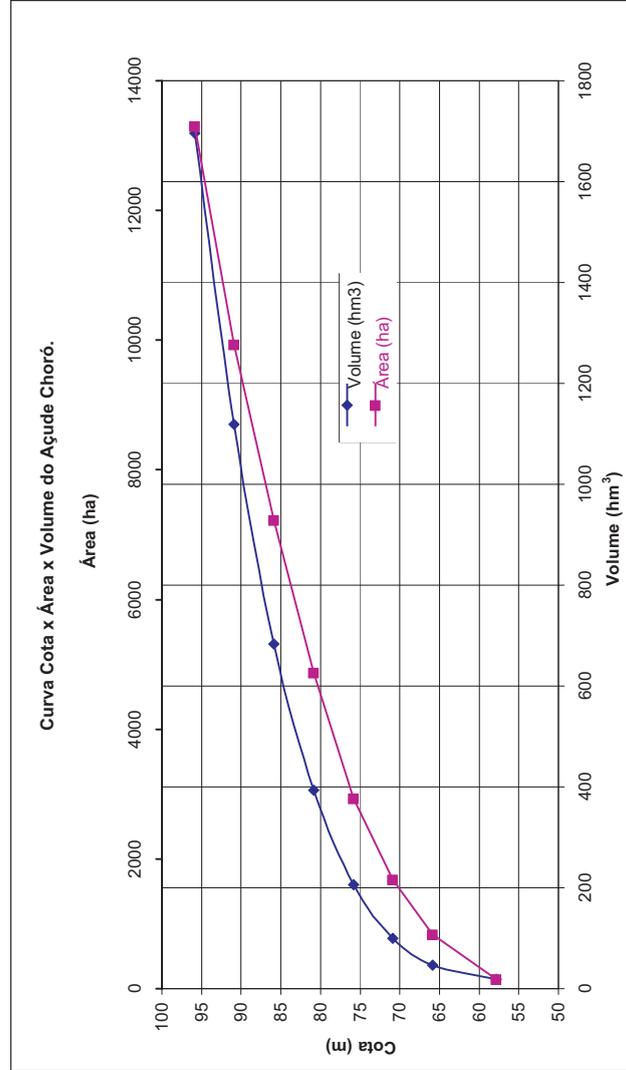




Figura 4.32 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude das Amarelas

Barraem Amarelas

Rio Barrado: Córrego do Camará

Postos pluviométricos representativos: Umburanas (2884912)

Evaporação representativa: Fortaleza e Quixeramobim

Obs.: devido a falta de curva cota-área-volume usou-se o fator de forma do Açude São Pedro da Timbaúba

Capacidade máxima (Hm³): 15,000

Altura	Área (ha)	Vol (Hm3)
0,0	0,0	0,0
1,0	6,6	0,0
2,0	26,2	0,2
3,0	59,0	0,6
4,0	104,9	1,4
5,0	163,9	2,7
6,0	236,0	4,7
7,0	321,2	7,5
8,0	419,5	11,2
9,0	530,9	15,9

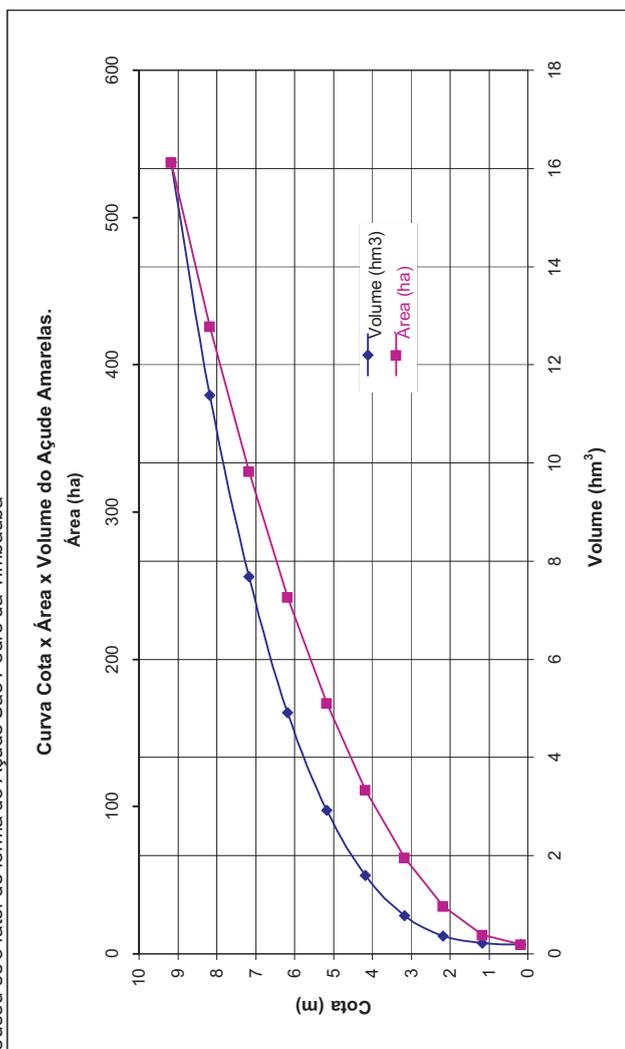




Figura 4.33 - Dados de curva Cota-Área-Volume do Açude Feijão

Barragem Feijão
 Rio Barrado: Riacho Feijão
 Postos pluviométricos representativos: Boa Água (2892679)
 Evaporação representativa: Quixeramobim
 Obs.: devido a falta de curva cota-área-volume usou-se o fator de forma do Açude Várzea da Volta
 Capacidade máxima (Hm³): 10,000

Altura	Área (ha)	Vol (Hm ³)
0,0	0,0	0,0
1,0	3,3	0,0
2,0	13,4	0,1
3,0	30,1	0,3
4,0	53,4	0,7
5,0	83,5	1,4
6,0	120,2	2,4
7,0	163,6	3,8
8,0	213,7	5,7
9,0	270,5	8,1
10,0	333,9	11,1

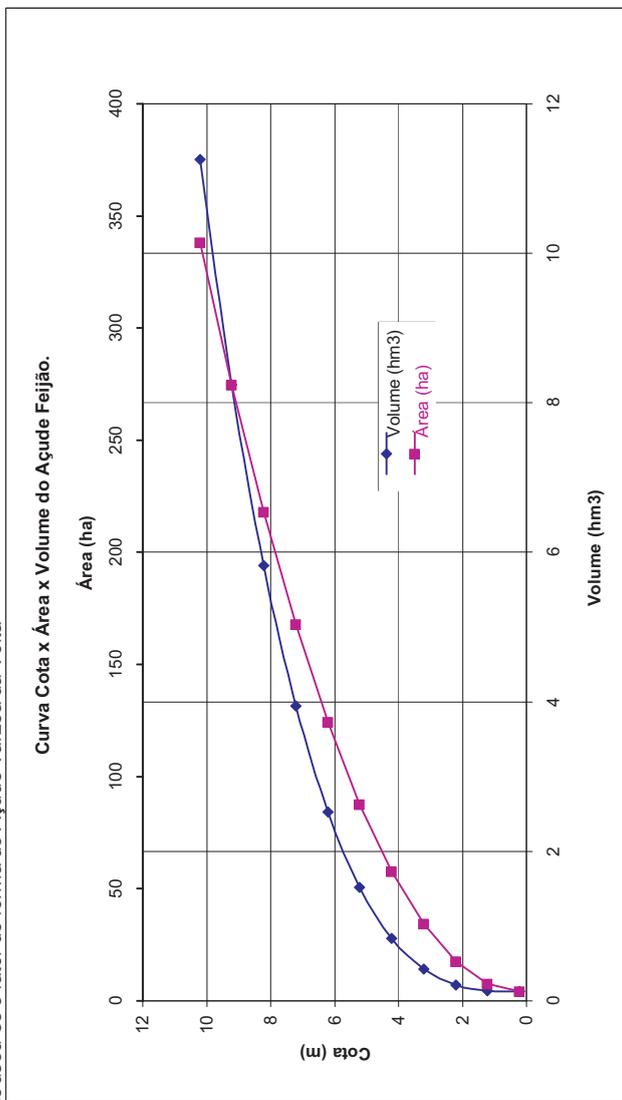




Figura 4.34 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Gamaleiras

Barragem Gamaleiras

Rio Barrado: Riacho Candeia

Postos pluviométricos representativos: 2882626 e 2882415

Evaporação representativa: Guaramiranga e Fortaleza

Obs.: devido a falta de curva cota-área-volume usou-se o fator de forma do Açude Acatrape do Meio

Capacidade máxima (Hm³): 5.000

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
146,5	0,0	0,0
148	1,2	0,0
150	6,3	0,1
152	15,6	0,3
154	29,1	0,7
156	46,7	1,5
158	68,4	2,6
160	94,3	4,2
162	124,3	6,4
164	158,4	9,2
166	196,7	12,8
168	239,1	17,1
170	285,7	22,4

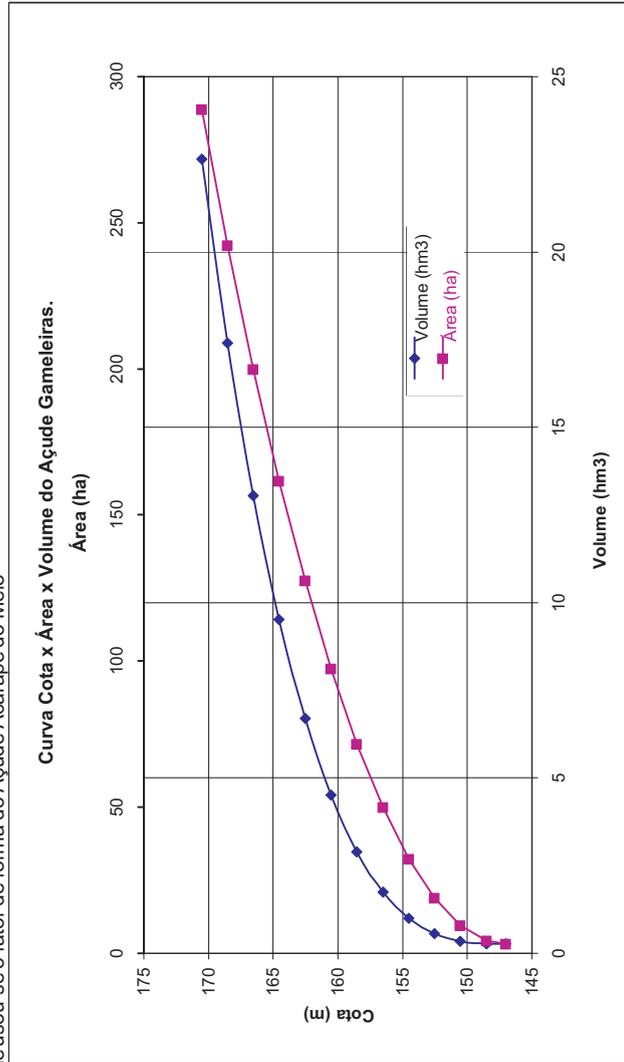




Figura 4.35 - Dados de curva Cota-Área-Volume do Açude Germinal

Barragem Germinal

Rio Barrado: Pacoti

Postos pluviométricos representativos: Gado (2882321)

Evaporação representativa: Fortaleza

Capacidade máxima (Hm³): 3.590

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
0,0	0,0	0,000
1,0	0,5	0,002
2,0	1,8	0,012
3,0	4,1	0,041
4,0	7,3	0,098
5,0	11,4	0,191
6,0	16,5	0,330
7,0	22,4	0,524
8,0	29,3	0,782
9,0	37,1	1,113
10,0	45,8	1,526
11,0	55,4	2,032
12,0	65,9	2,638
13,0	77,4	3,353
13,3	81,0	3,591
14,0	89,8	4,188
15,0	103,0	5,151

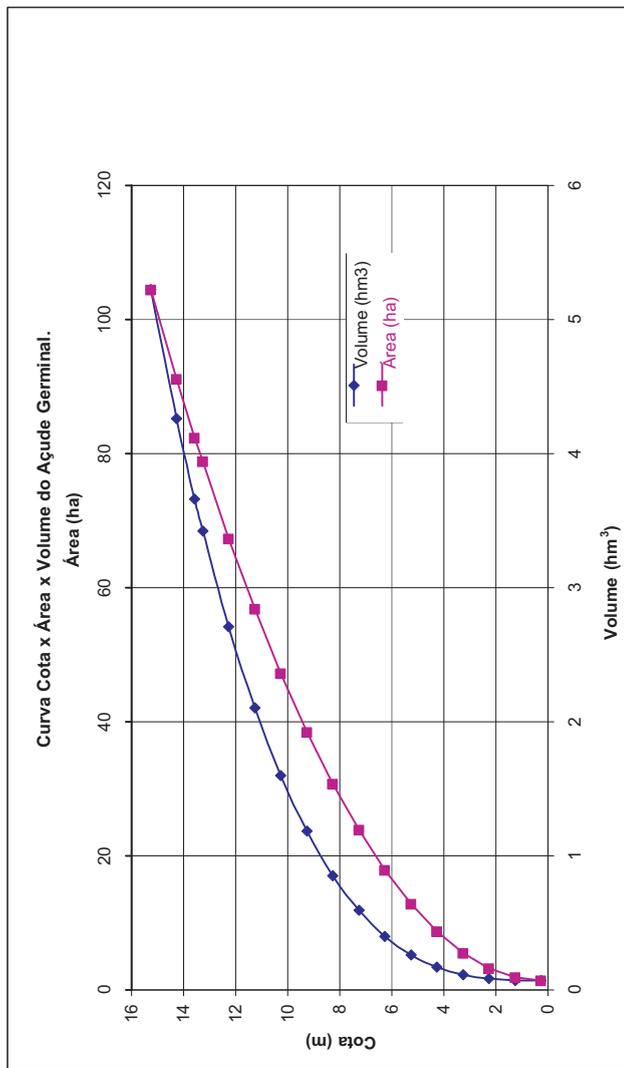


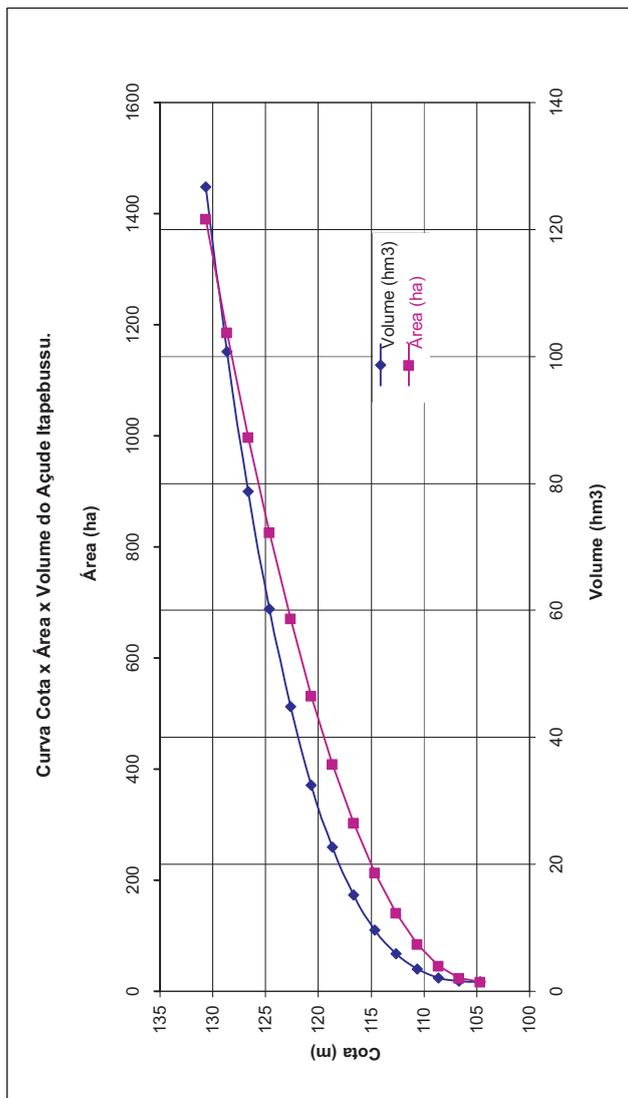


Figura 4.36 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Itapebussu

Barragem Itapebussu
 Rio Barrado: São Gonçalo
 Posto pluviométrico representativo: Itapebussu (2882018)
 Evaporação representativa: Fortaleza

Capacidade máxima (Hm³): 29,200

Cota	Área (ha)	Vol (Hm ³)
104	0,00	0,00
106	6,54	0,06
108	29,01	0,62
110	68,26	1,96
112	124,25	4,38
114	196,92	8,19
116	286,22	13,68
118	392,13	21,17
120	514,57	30,97
122	653,52	43,37
124	808,92	58,69
126	980,72	77,23
128	1168,87	99,29
130	1373,34	125,19



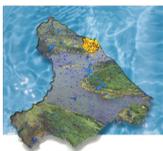


Figura 4.37 - Dados de Curva Cota-Área-Volume do Açude Macacos

Barragem Macacos
 Rio Barrado: Riacho Macacos
 Postos pluviométricos representativos: Boa Água (2892679)
 Evaporação representativa: Quixeramobim
 Obs.: devido a falta de curva cota-área-volume usou-se o fator de forma do Açude Várzea da Volta
 Capacidade máxima (Hm³): 7.500

Altura	Área (ha)	Vol (Hm ³)
0,0	0,0	0,0
1,0	3,3	0,0
2,0	13,4	0,1
3,0	30,1	0,3
4,0	53,4	0,7
5,0	83,5	1,4
6,0	120,2	2,4
7,0	163,6	3,8
8,0	213,7	5,7
9,0	270,5	8,1
10,0	333,9	11,1

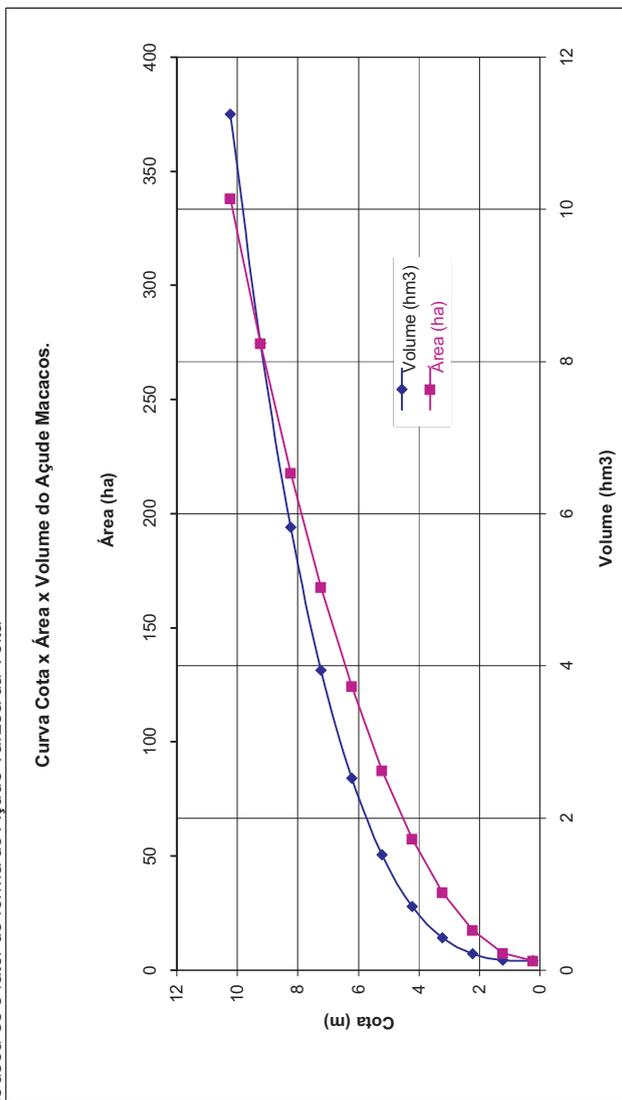




Figura 4.38 - Dados de curva Cota-Área-Volume do Açude Pesqueiro

Barragem Pesqueiro

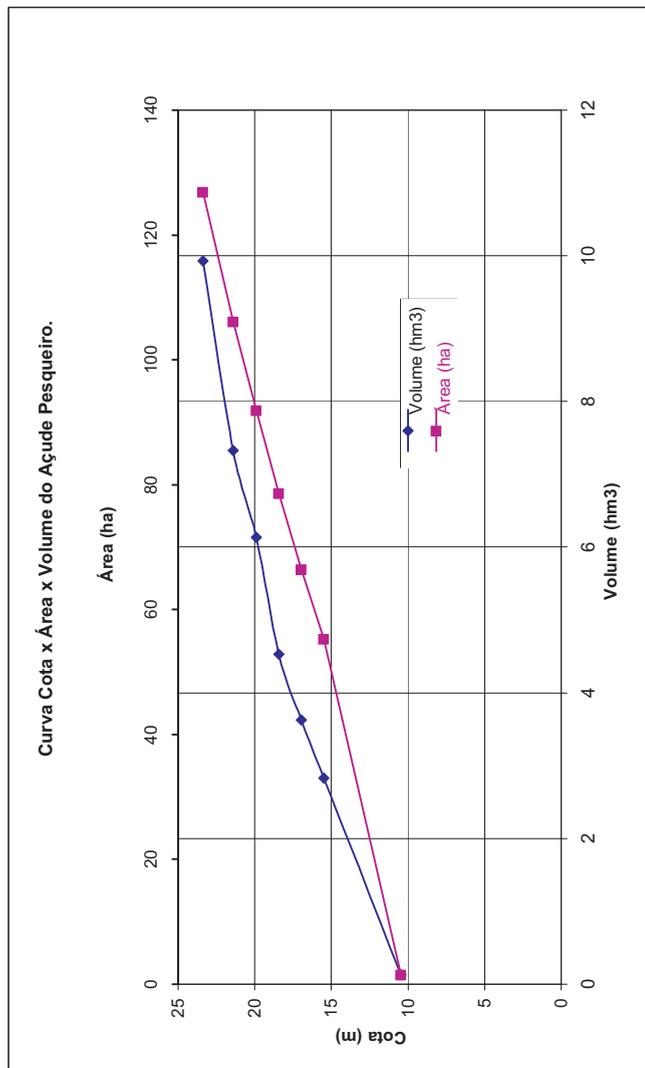
Rio Barrado: Riacho Pesqueiro

Postos pluviométricos representativos: Aratuba (2881895) e Riachão (2892012)

Evaporação representativa: Quixeramobim

Capacidade máxima (Hm³): 7,200

Cota	Área (ha)	Vol (Hm3)
10,00	0,00	0,00
15,00	53,80	2,70
16,48	64,94	3,50
17,96	77,13	4,40
19,44	90,37	6,00
20,92	104,65	7,20
22,90	125,40	9,80





Vale ressaltar que os dados advindos do levantamento topográfico destes açudes, atividade integrante do projeto executivo dos mesmos, diferirão substancialmente dos valores aqui utilizados, bem como os resultados da sua aplicação às metodologias aplicadas nesse estudo diferirão também de forma significativa dos resultados obtidos no âmbito do presente Plano de Gerenciamento.

É o caso do acontecido com alguns dos mesmos, cujo projeto executivo encontra-se atualmente concluído, como por exemplo Anil e Macacos, cujos relatórios finais datam de setembro e junho de 1999, respectivamente.

Contudo, nunca é demais atentar que, a nível macro de planejamento e dada a precariedade de informações remotas à época da coleta e geração dos dados, são válidas as conclusões obtidas nesse plano, não sendo justificado, face ao montante de tarefas e ao tempo requerido para a execução das mesmas, o reprocessamento de todas as informações ainda no âmbito deste Plano de Gerenciamento.

4.3.2.1 – Individual

Embora as condições, já apresentadas, das Bacias Metropolitanas limitem o incremento possível na disponibilidade hídrica superficial concernente a grandes reservatórios, com exceção dos açudes Choró e Aracoiaba, vários projetos de médio porte têm sido propostos.

Estes projetos são todos analisados no presente relatório com a determinação de suas curvas de regularização que são apresentadas nas [Figuras 4.39 a 4.49](#).

4.3.2.2 - Integrada

Na bacia do Pirangi estão programados os açudes Feijão, Macacos, Amarelas e Batente, os quais apresentam vazões regularizadas compatíveis somente com aproveitamentos locais.

A implantação dos açudes Feijão e Macacos, a montante do açude Batente, ocasiona uma redução na vazão regularizada por este último. A [Figura 4.50](#) apresenta as curvas de regularização do açude Batente e dos sistemas de reservatórios em série que podem ser formados com a implantação a montante do primeiro.

Essas curvas permitem concluir ser vantajoso, no caso do açude Batente, a implantação dos açudes propostos a montante, havendo ganhos na operação em série.

A bacia do Rio Choró é a maior dentre as que formam as Bacias Metropolitanas, despontando como melhor alternativa ao incremento da disponibilidade hídrica superficial nas Bacias Metropolitanas.

As duas principais alternativas ao incremento de oferta hídrica nessa bacia são os açudes Choró e Aracoiaba, sendo os demais reservatórios propostos (açudes Pesqueiro e Gameleiras) caracteristicamente voltados para aproveitamento local.

O açude Aracoiaba barraria o deflúvio da porção central do maciço de Baturité, região de intensa pluviometria, que atualmente é retido no açude Pacajus.



Figura 4.39 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Anil

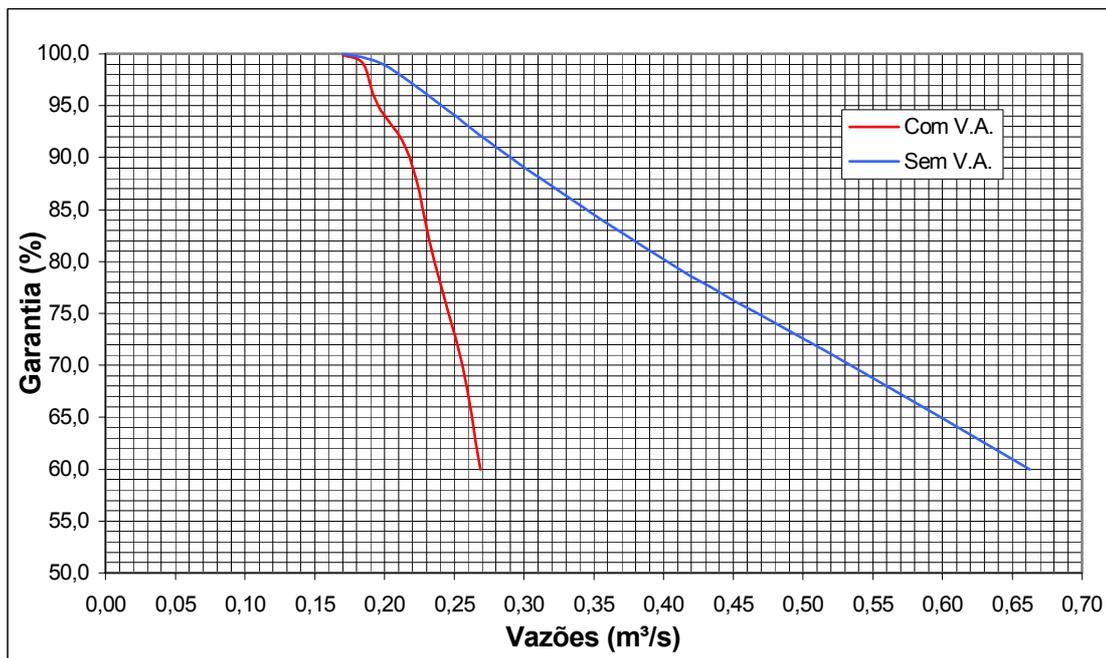


Figura 4.40 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Aracoiaba

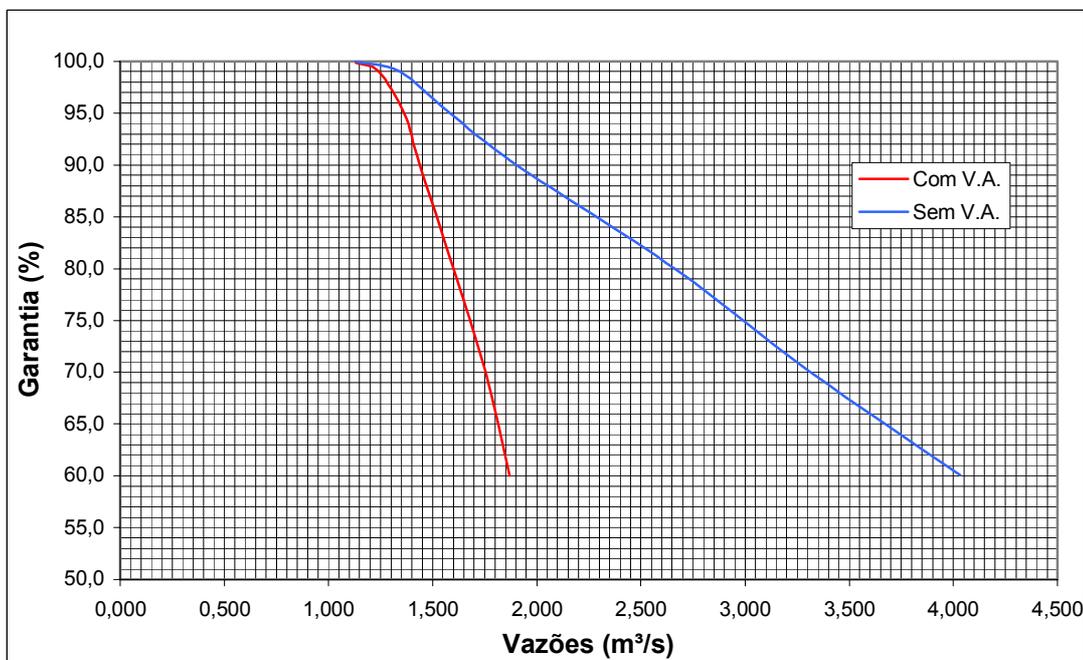




Figura 4.41 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Ceará

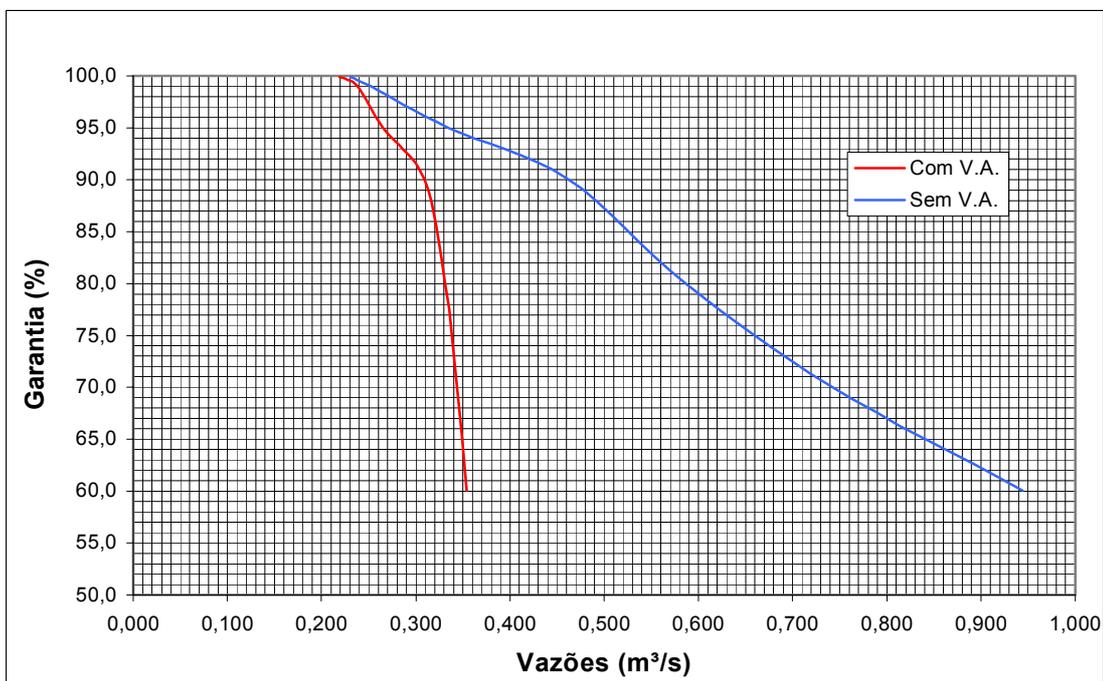


Figura 4.42 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Choró

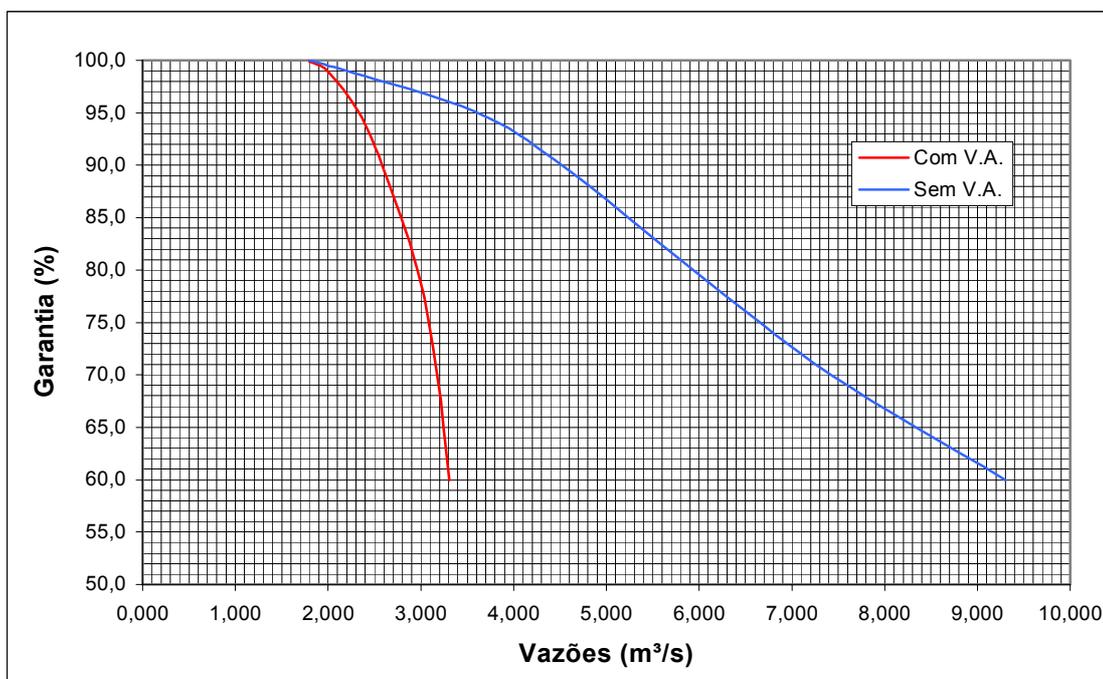




Figura 4.43 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Amarelas

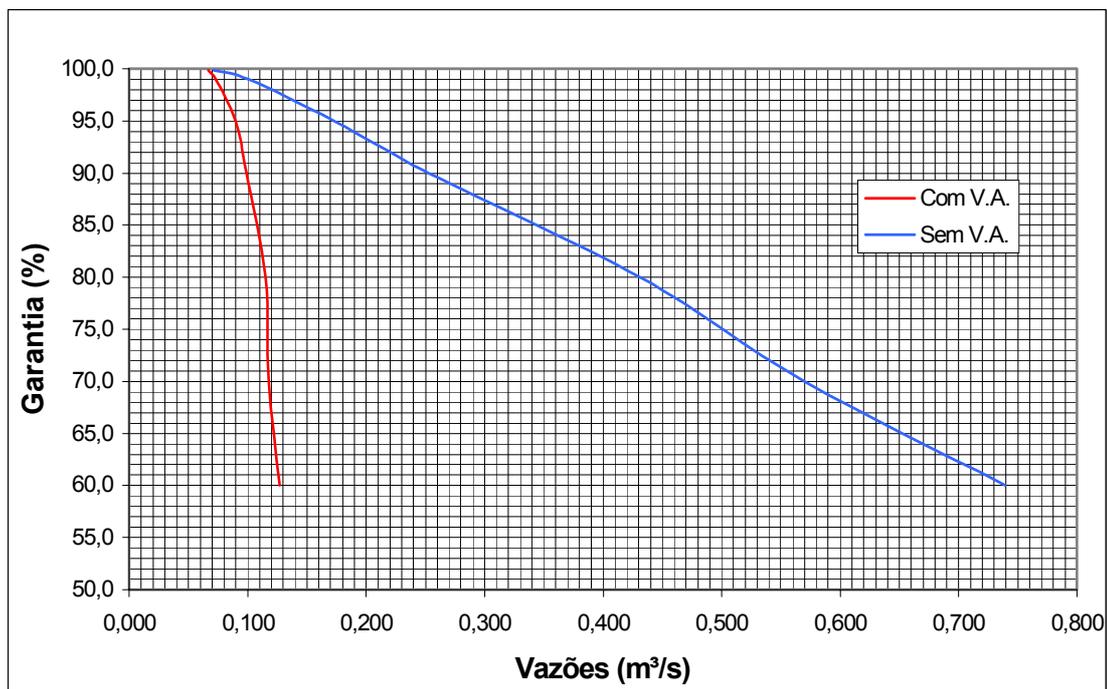


Figura 4.44 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Feijão

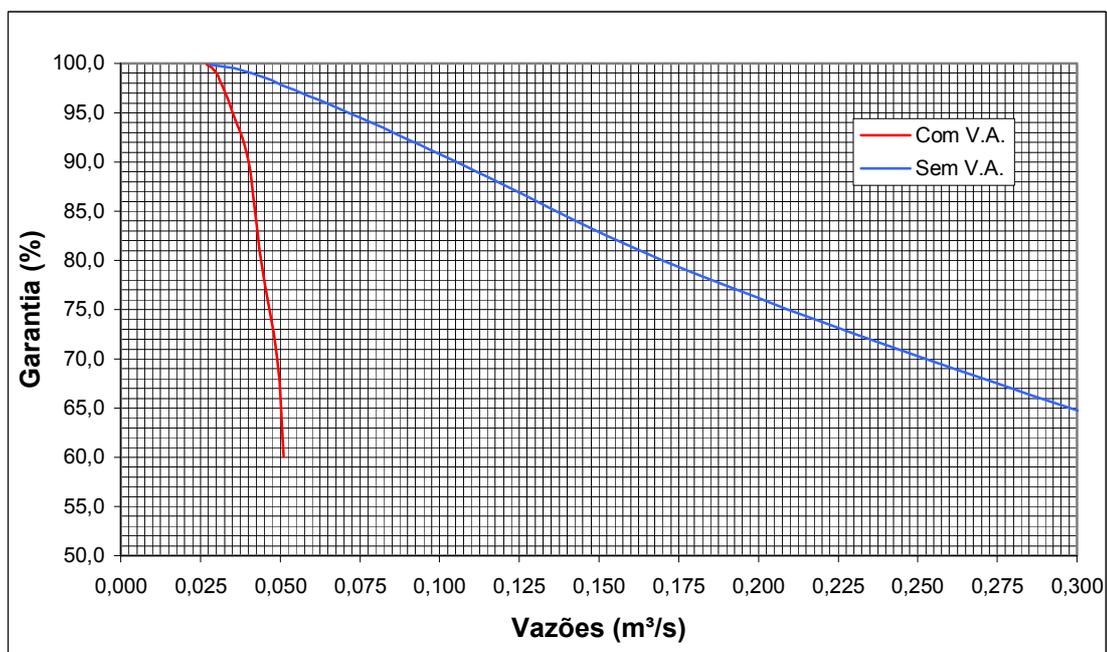




Figura 4.45 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Gameleiras

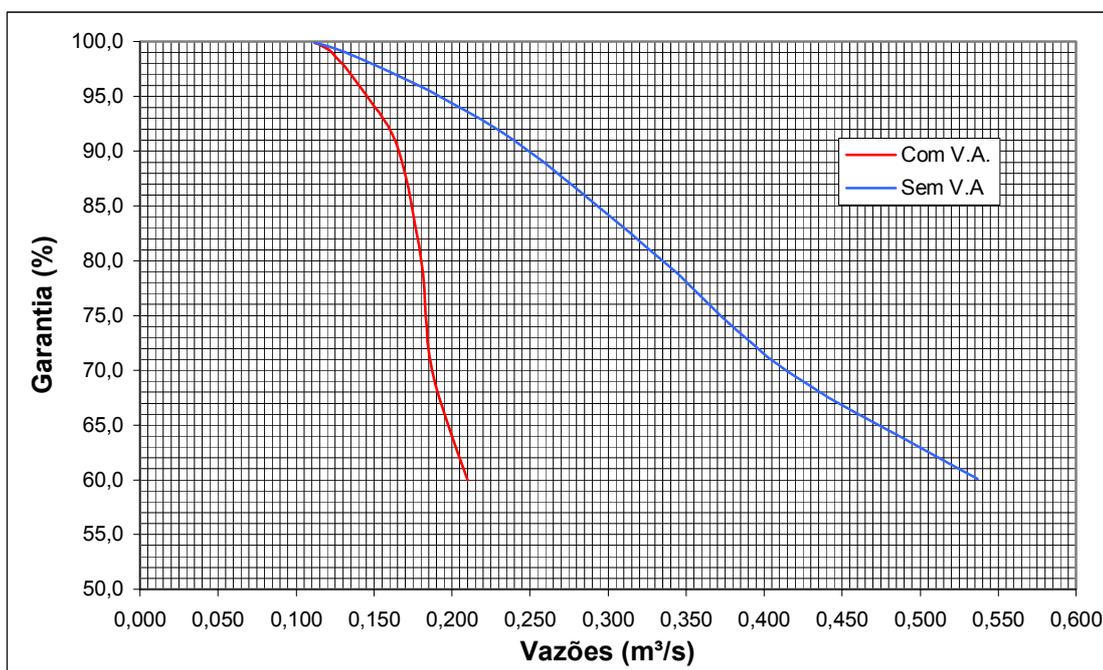


Figura 4.46 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Germinal

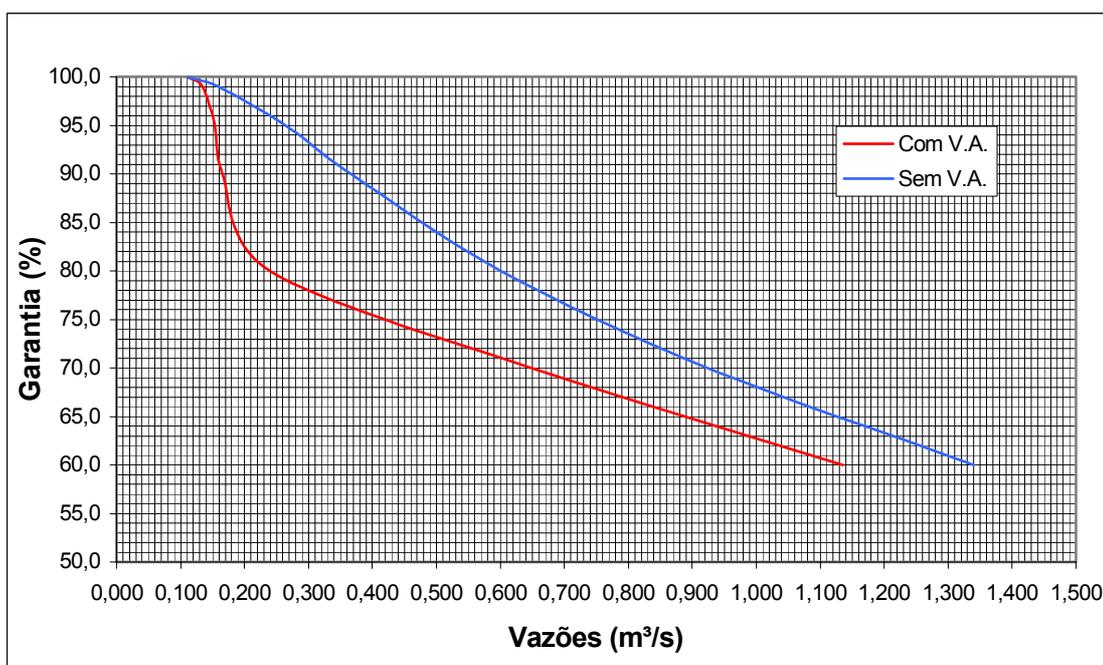




Figura 4.47 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Itapebussu

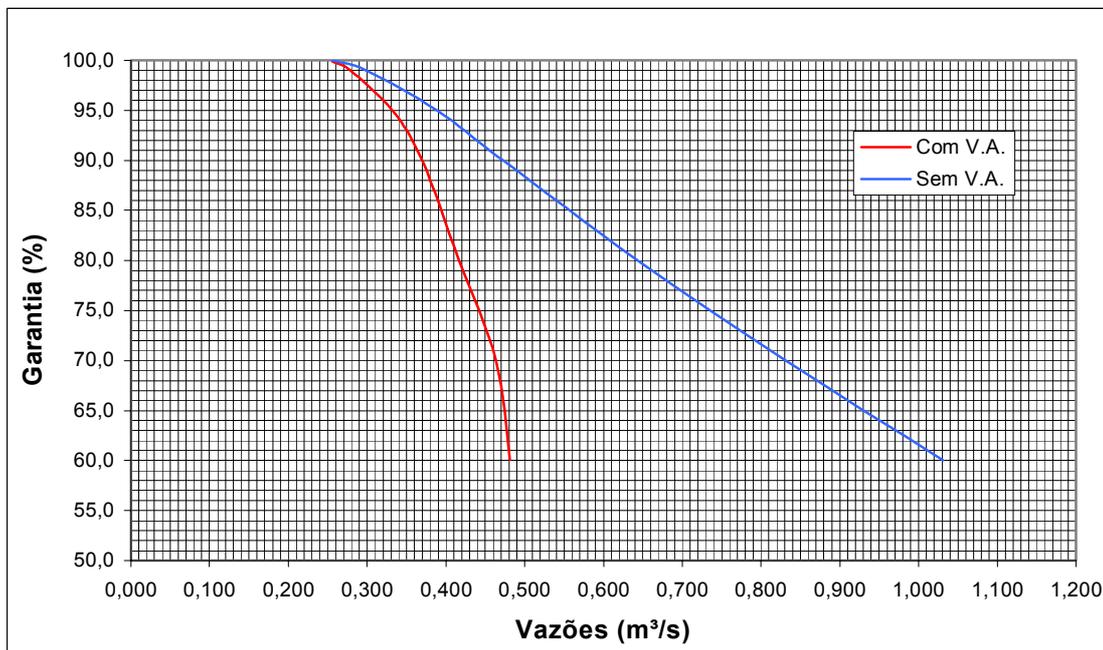


Figura 4.48 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Macacos

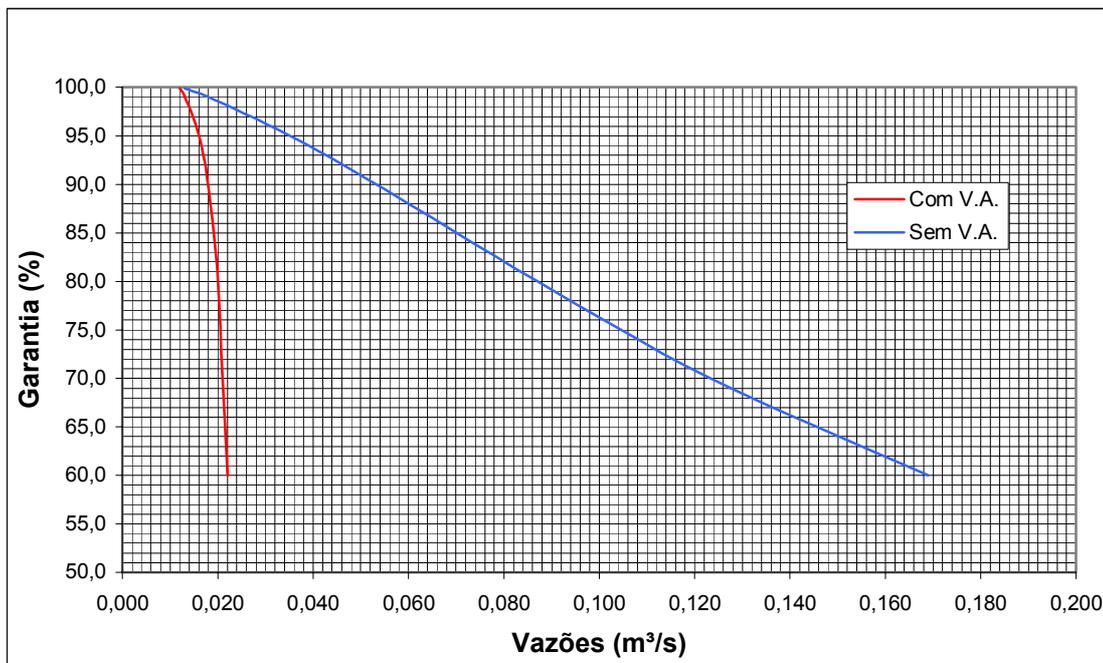




Figura 4.49 – Curvas de Garantia de Vazões, com e sem Volume de Alerta, do Açude Pesqueiro

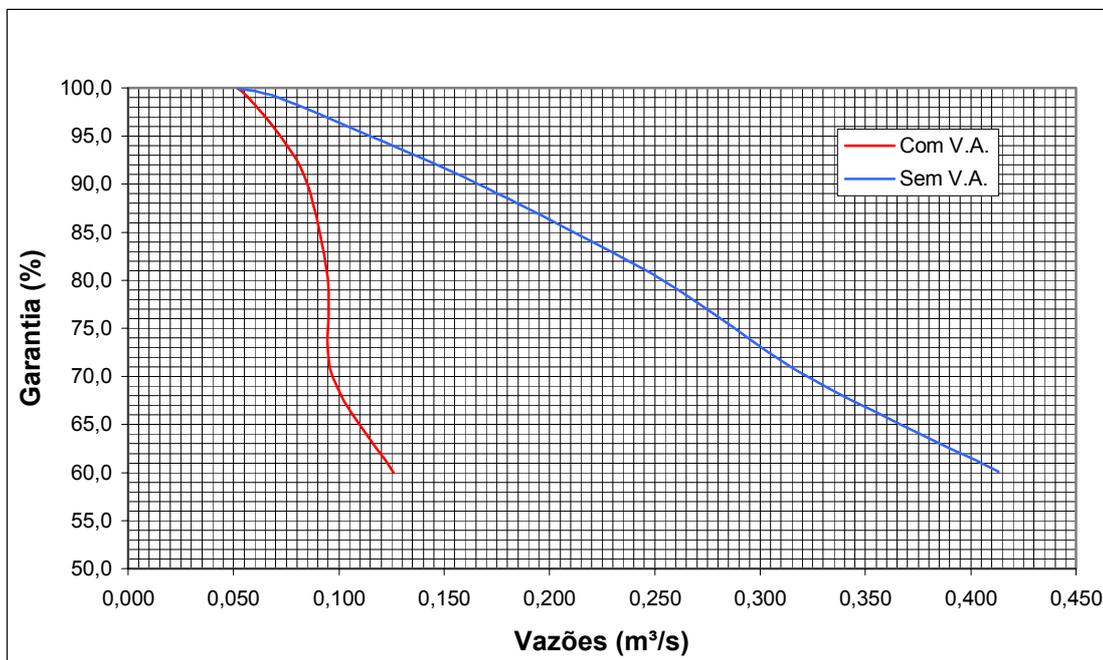
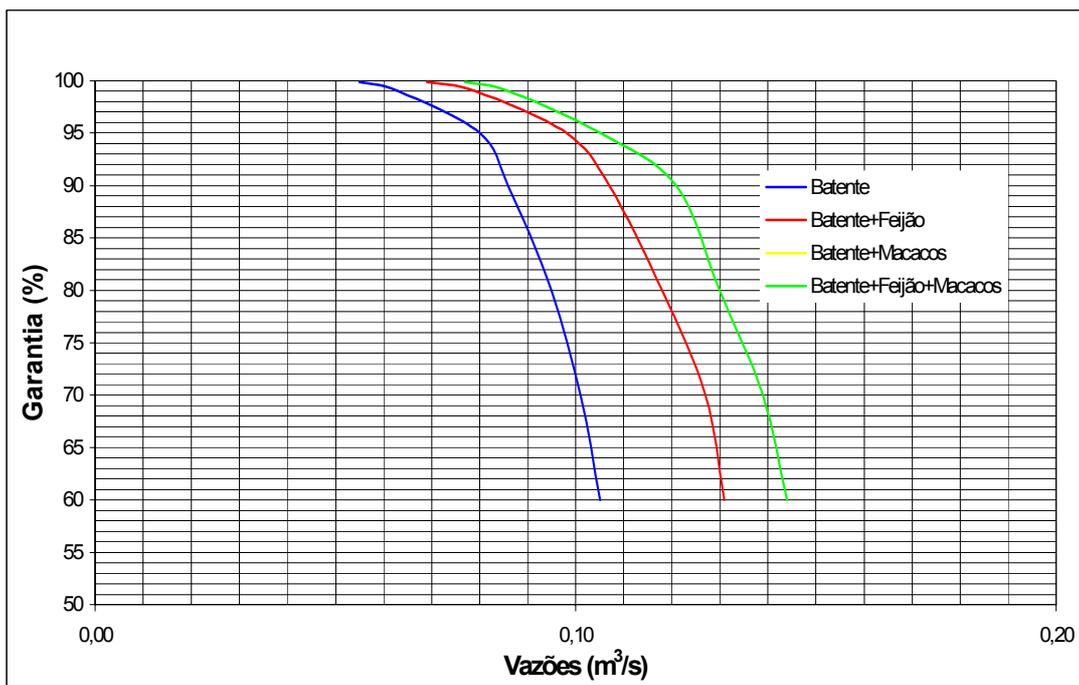


Figura 4.50 – Avaliação de Implantação de Açudagem a Montante do Açude Batente (açudes Feijão e Macacos) – Operação com Volume de Alerta





O açude Choró, por sua vez, barraria aproximadamente 2/3 da bacia original do açude Pacajus, incluindo a porção meridional do Maciço de Baturité, muito embora tenha grande porção de sua área com pluviometria média inferior a 800mm. A topografia favorece o barramento, permitindo projetar um grande volume de acumulação garantindo uma vazão regularizada apreciável.

Esses dois reservatórios teriam, forçosamente, suas vazões regularizadas conduzidas ao açude Pacajus; porém, com a intervenção na área de drenagem deste último, cabe verificar o incremento na vazão regularizada do sistema em série, formado por este açudes a serem implantados a montante do açude Pacajus.

A Figura 4.51 apresenta, para as diversas garantias estudadas, as vazões regularizadas considerando o açude Pacajus individualmente e com a série de reservatórios a montante; podem ser verificados os ganhos nas vazões regularizadas com a implantação das duas barragens.

Na bacia do Rio Pacoti a única intervenção em estudo é o açude Germinal, a montante do Acarape do Meio, sendo destinado totalmente a consumo local. O impacto da implantação do açude Germinal a montante do açude Acarape do Meio pode ser avaliado a partir da Figura 4.52, que apresenta as curvas de regularização individual do último e do sistema de reservatórios em série.

O açude Itapebussu, na bacia do rio São Gonçalo, a montante da barragem Sítios Novos, apresenta apenas um pequeno incremento na vazão do sistema (Sítios Novos – Itapebussu) conforme pode ser observado nas curvas de vazões regularizadas para o açude Sítios Novos individualmente e o sistema de reservatórios em série na Figura 4.53.

4.4 – A PEQUENA E MÉDIA AÇUDAGEM

As Bacias Metropolitanas apresentam um total de 693 açudes com volumes inferiores a 10 hm³, os quais são classificados como pequenos ou médios. Estes açudes totalizam um volume de acumulação estimado em 274 hm³.

Os pequenos e médios açudes favorecem a distribuição espacial da água acumulada na bacia, porém, influenciam negativamente na vazão garantida dos grandes açudes.

No Balanço Hídrico Distribuído, descrito no relatório de planejamento (RF2), a pequena e média açudagem é tratada como uma disponibilidade hídrica. Nesse relatório (RF2) apresenta-se um detalhado levantamento do montante dessa disponibilidade e uma análise tanto da sua influência na vazão regularizada nos grandes reservatórios quanto da sua importância na satisfação das demandas no balanço hídrico distribuído.



Figura 4.51 – Avaliação de Implantação de Açudagem a Montante do Açude Pacajus (açudes Choró e Aracoiaba) – Operação com Volume de Alerta

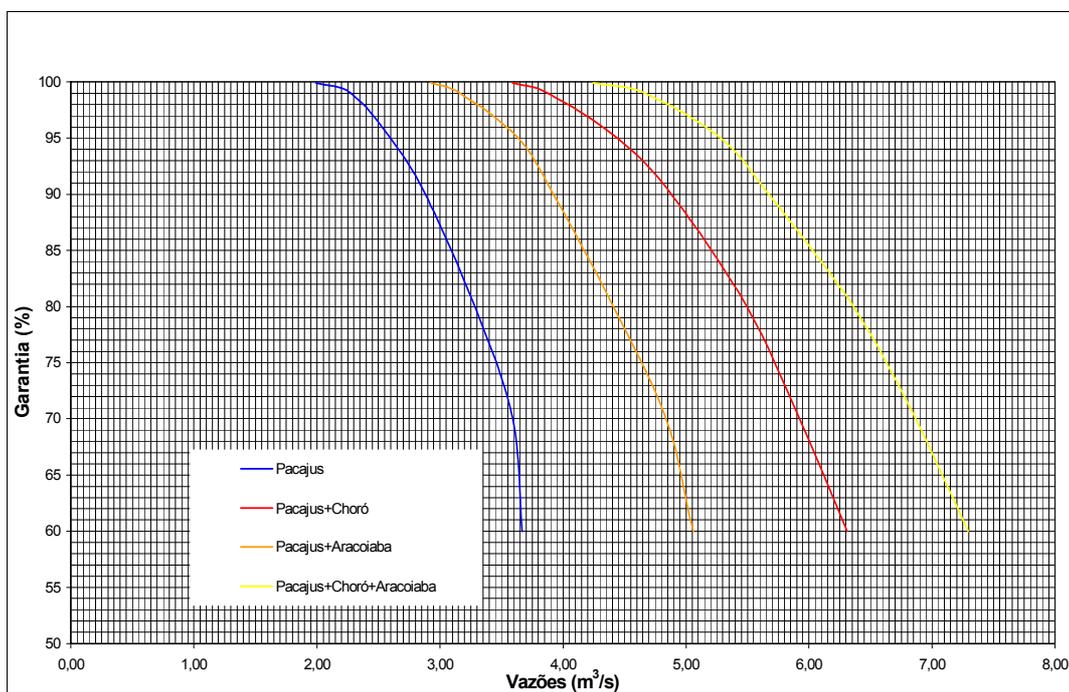


Figura 4.52 – Avaliação de Implantação de Açudagem a Montante do Açude Acarape do Meio (açude Germinal) – Operação com Volume de Alerta

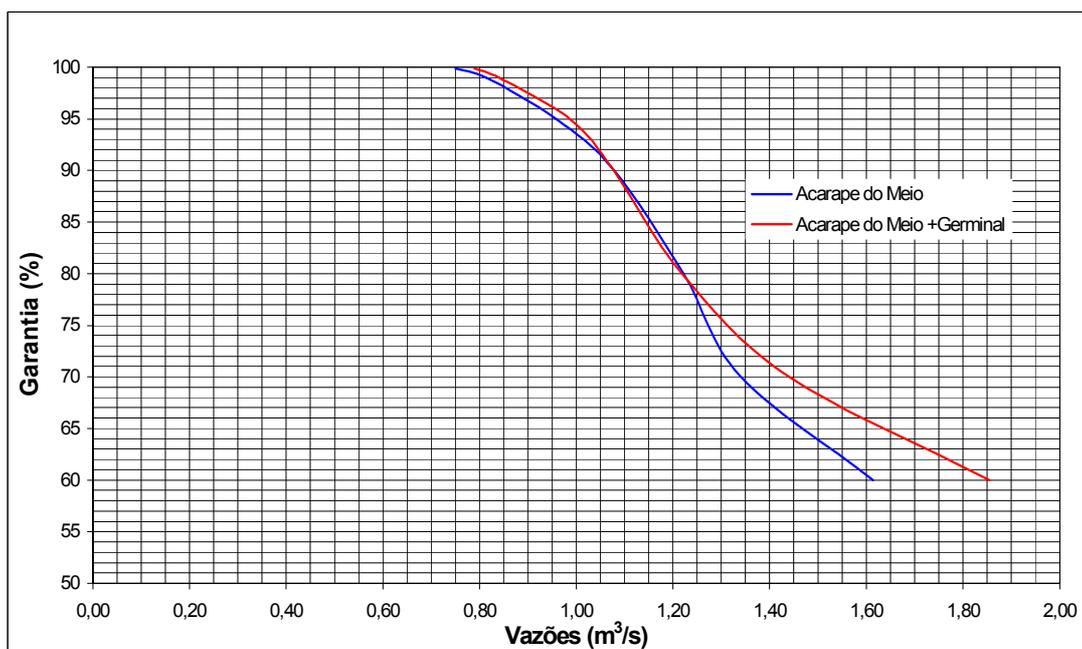
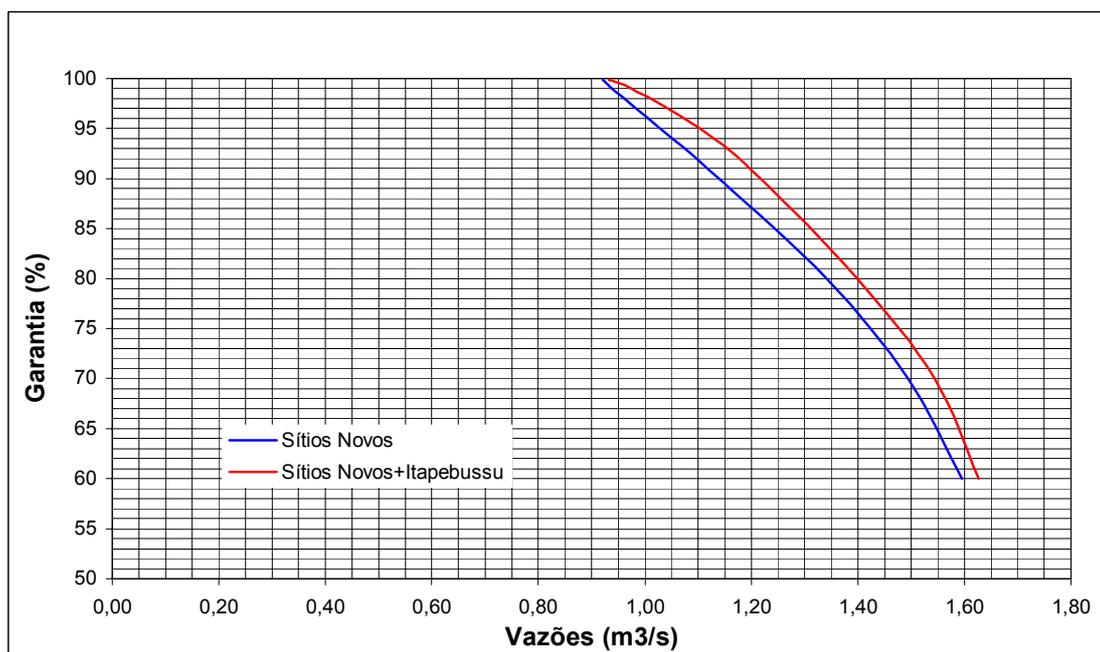




Figura 4.53 – Avaliação de Implantação de Açudagem a Montante do Açude Sítios Novos (açude Itapebussu) – Operação com Volume de Alerta



4.5 – RENDIMENTO DOS AÇUDES SIMULADOS

Um conceito muito apropriado para analisar a eficiência de um açude é o rendimento do mesmo, que pode ser entendido como a relação entre o volume regularizado anual (a uma determinada frequência) e o volume de acumulação do mesmo.

O grau de rendimento de cada açude depende de uma série de fatores, fundamentalmente com respeito ao dimensionamento hidrológico do reservatório, maior ou menor nível de variabilidade do regime de escoamento e forma da bacia de acumulação.

Foram, então, calculados para os diversos reservatórios simulados individualmente os rendimentos que são apresentados na Tabela 4.13, tomando como volume regularizado anual aquele correspondente à operação com 90% de garantia.

A análise dos valores deve ser feita com muito cuidado pois está intrinsecamente ligado à garantia adotada pra sua avaliação, no caso adotada como 90%. Dessa forma rendimentos superiores a 100% indicam na verdade que, para essas vazões regularizadas, é possível utilizar toda a reserva desses reservatórios e ainda assim a recarga garantiria um sobre-aproveitamento de volumes dos reservatórios, no entanto somente em 90% do tempo e não, como uma interpretação superficial do conceito de rendimento poderia deixar supor, a qualquer, ocorrendo a possibilidade do colapso do reservatório nos 10% do tempo restante caso não se adote a retirada de emergência recomendada .

Isso corrobora a necessidade da reservação plurianual aplicada aos reservatórios do semi-árido que, dada a extrema variabilidade do regime das vazões afluentes, são concebidos visando o máximo possível de reservação.



Tabela 4.13 – Rendimento dos Açudes Analisados

Nome	Município	Rio barrado	Bacia Hidrográfica (km ²)	Volume (hm ³)	Q90 (m ³ /s) *	Rendimento do Açude (%)
Pacoti-Riachão	Pacatuba	Pacoti	1080,0	420,6	4,60	34,5 %
Gavião	Pacatuba	Rch. Gavião	95,00	29,5	0,50	52,9 %
Choró-Limão	Quixadá	Choró	320,00	143,0	0,29	6,3 %
Acarape do Meio	Redenção	Pacoti	205,00	33,3	1,08	102,1 %
Amanari I	Maranguape	Rch. Recanto	36,00	11,3	0,11	31,5 %
Pacajus	Pacajus	Choró	4506,39	240,0	2,89	37,9 %
Castro	Itapiúna	Castro	359,83	63,9	0,24	11,9 %
Anil	Caucaia	Anil	122,13	15,000	0,22	45,8 %
Aracoiaba	Aracoiaba	Aracoiaba	584,05	175,000	1,44	25,9 %
Batente	Ocara	Pirangi	1439,09	28,900	0,09	9,4 %
Catu-Cinzenta	Aquiraz	Catu	64,50	33,194	0,33	31,5 %
Cauhipe	Caucaia	Cauhipe	94,00	12,192	0,20	51,5 %
Ceará	Caucaia	Ceará	301,91	30,000	0,31	32,5 %
Choró	Aracoiaba	Choró	2953,73	480,000	2,58	16,9 %
Das Amarelas	Beberibe	Cór.do Camará	195,12	15,000	0,10	20,8 %
Feijão	Ibaretama/ Morada Nova	Rch. Feijão	171,23	10,000	0,04	12,6 %
Gameleiras	Baturité	Rch. Candeias	55,20	5,000	0,17	104,7 %
Geminal	Pacoti	Pacoti	131,18	5,000	0,17	104,1 %
Itapebuçu	Maranguape	São Gonçalo	71,10	29,186	0,37	40,0 %
Macacos	Ibaretama	Rch. Macacos	62,78	7,500	0,02	7,6 %
Mal-Cozinhado	Cascavel	Mal-Cozinhado	240,00	34,637	0,54	48,7 %
Pesqueiro	Capistrano	Rch. Lagoa Nova	77,00	7,200	0,08	37,2 %
Sítios Novos	Caucaia	São Gonçalo	442,90	123,200	1,14	29,2 %

* Operação com Volume de Alerta

Uma análise dos rendimentos calculados permite constatar uma variação bastante grande dos mesmos, dando um sentido importante a esse parâmetro, qual seja, a sua representatividade do regime fluviométrico a que está submetido o reservatório a ele associado.

Assim, aqueles reservatórios sujeitos a escoamentos consideráveis das áreas úmidas da Serra de Baturité (Acarape do Meio, Geminal e Gameleiras) apresentaram rendimentos superiores a 100%.

Um outro conjunto pode ser formado pelos reservatórios com rendimentos entre 55 a 20%, o que caracterizaria um rendimento médio, cujos membros apresentam, no caso dos grandes reservatórios (Pacoti-Riachão e Pacajus), áreas serranas de grande contribuição de deflúvio, e no caso dos demais açudes, localização próxima ao litoral ou área de pluviometria razoável.

Com rendimento inferiores a 20% caracterizam-se os reservatórios submetidos a regimes fluviométricos desfavoráveis característicos das áreas mais secas das Bacias Metropolitanas, caso dos açudes Choró-Limão, Castro, Choró, Amarelas, Feijão e Macacos.



4.6 – IMPACTO CUMULATIVO DA IMPLANTAÇÃO DE NOVOS AÇUDES NAS BACIAS METROPOLITANAS

Com relação às interferências entre açudes em série, uma análise do impacto cumulativo das novas intervenções analisadas, sejam essas interferências sobre açudes já construídos ou outros açudes propostos, encontram-se apresentados na Tabela 4.14 os ganhos ou perdas obtidos com a construção de novos reservatórios, obtidos para as situações e cenários simulados/operados.

Nessa Tabela 4.14 são comparadas a operação isolada dos reservatórios com aquela resultante do somatório das vazões regularizados pelas novas intervenções a montante e aquela proveniente do reservatório anteriormente operado singularmente, tomando como área de contribuição somente aquela não controlada pelos novos barramentos propostos, admitindo que toda a vazão regularizada pelos reservatórios de montante é consumida no trajeto entre reservatórios, não servindo dessa forma ao aumento da capacidade de regularização dos reservatórios de jusante por meio da simples operação dos mesmos.

Outrossim, há de se levar em conta na análise desses resultados que, muitas vezes, mesmo com uma vazão regularizada do sistema formado por uma cascata de reservatórios ser inferior aquela de um reservatório singular a jusante, o sistema responde por uma melhor distribuição espacial dos recursos hídricos da bacia.

Os cenários simulados foram:

1. Açude Acarape do Meio:
 - Açude Acarepe do Meio + açude Gameleiras.
2. Açude Araboiaba
 - Açude Aracoiaba + açude Gameleiras.
3. Açude Batente:
 - Açude Batente + açude Feijão;
 - Açude Batente + açude Macacos;
 - Açude Batente + açude Feijão + açude Macacos.
4. Açude Choró:
 - Açude Choró +açude Castro;
 - Açude Choró +açude Pesqueiro;
 - Açude Choró +açude Castro + açude Pesqueiro.
5. Açude Sítios Novos:
 - Açude Sítios Novos + açude Itapebussu.



6. Açude Pacajus:

- Açude Pacajus + açude Castro;
- Açude Pacajus + açude Pesqueiro;
- Açude Pacajus + açude Gameleiras;
- Açude Pacajus + açude Castro + açude Pesqueiro;
- Açude Pacajus + açude Castro + açude Gameleiras;
- Açude Pacajus + açude Pesqueiro + açude Gameleiras;
- Açude Pacajus + açude Castro + açude Pesqueiro + açude Gameleiras;
- Açude Pacajus + açude Aracoíaba;
- Açude Pacajus + açude Castro + açude Aracoíaba;
- Açude Pacajus + açude Pesqueiro + açude Aracoíaba;
- Açude Pacajus + açude Castro + açude Pesqueiro + açude Aracoíaba;
- Açude Pacajus + açude Choró;
- Açude Pacajus + açude Choró + açude Aracoíaba.



**Tabela 4.14 - Avaliação da Interferência dos Reservatórios em Série
(Operação com Volume de Alerta - Regularizações em m³/s)**

Aç. Acarape do Meio	Garantia (%)	Sistema Acarape do Meio		Sistema Acarape do Meio/Germinal		% ganho ou déficit	
		Aç. Acarape do Meio	Aç. Acarape do Meio	Aç. Germinal	Aç. Acarape do Meio + Aç. Germinal		
	60	1,614	0,72	1,135	1,855	14,9%	
	70	1,340	0,792	0,648	1,440	7,5%	
	80	1,222	0,979	0,239	1,218	-0,3%	
	90	1,078	0,912	0,165	1,077	-0,1%	
	95	0,959	0,834	0,153	0,987	2,9%	
	99	0,814	0,706	0,134	0,840	3,2%	
	99,9	0,750	0,677	0,112	0,789	5,2%	
Aç. Sítios Novos	Garantia (%)	Sistema Sítios Novos		Sistema Sítios Novos/Itapebussu		% ganho ou déficit	
		Aç. Sítios Novos	Aç. Sítios Novos	Aç. Itapebussu	Aç. Sítios Novos + Aç. Itapebussu		
	60	1,595	1,146	0,481	1,627	2,0%	
	70	1,494	1,08	0,464	1,544	3,3%	
	80	1,342	0,982	0,417	1,399	4,2%	
	90	1,140	0,848	0,370	1,218	6,8%	
	95	1,028	0,771	0,332	1,103	7,3%	
	99	0,937	0,696	0,278	0,974	3,9%	
	99,9	0,921	0,677	0,256	0,933	1,3%	
Aç. Aracoiaba	Garantia (%)	Sistema Aracoiaba		Sistema Aracoiaba/Gameleiras		% ganho ou déficit	
		Aç. Aracoiaba	Aç. Aracoiaba	Aç. Gameleiras	Aç. Aracoiaba+Aç. Gameleiras		
	60	1,869	1,659	0,210	1,869	0,0%	
	70	1,753	1,566	0,187	1,753	0,0%	
	80	1,602	1,427	0,180	1,607	0,3%	
	90	1,438	1,278	0,166	1,444	0,4%	
	95	1,362	1,226	0,145	1,371	0,7%	
	99	1,241	1,127	0,123	1,250	0,7%	
	99,9	1,131	1,075	0,112	1,187	5,0%	
Aç. Batente	Garantia (%)	Sistema Batente		Sistema Batente/Feijão		% ganho ou déficit	
		Aç. Batente	Aç. Batente	Aç. Feijão	Aç. Batente + Aç. Feijão		
	60	0,105	0,08	0,051	0,131	24,8%	
	70	0,101	0,078	0,049	0,127	25,7%	
	80	0,095	0,074	0,044	0,118	24,2%	
	90	0,086	0,067	0,040	0,107	24,4%	
	95	0,080	0,063	0,035	0,098	22,5%	
	99	0,063	0,049	0,030	0,079	25,4%	
	99,9	0,055	0,042	0,027	0,069	25,5%	
Aç. Batente	Garantia (%)	Sistema Batente		Sistema Batente/Macacos		% ganho ou déficit	
		Aç. Batente	Aç. Batente	Aç. Macacos	Aç. Batente + Aç. Macacos		
	60	0,105	0,095	0,022	0,117	11,4%	
	70	0,101	0,091	0,021	0,112	10,9%	
	80	0,095	0,087	0,020	0,107	12,6%	
	90	0,086	0,079	0,018	0,097	12,8%	
	95	0,080	0,072	0,016	0,088	10,0%	
	99	0,063	0,058	0,013	0,071	12,7%	
	99,9	0,055	0,052	0,012	0,064	16,4%	
Aç. Batente	Garantia (%)	Sistema Batente		Sistema Batente/Feijão/Macacos		% ganho ou déficit	
		Aç. Batente	Aç. Batente	Aç. Feijão	Aç. Batente + Aç. Feijão + Aç. Macacos		
	60	0,105	0,071	0,051	0,144	37,1%	
	70	0,101	0,069	0,049	0,139	37,6%	
	80	0,095	0,066	0,044	0,130	36,8%	
	90	0,086	0,063	0,040	0,121	40,7%	
	95	0,080	0,054	0,035	0,105	31,3%	
	99	0,063	0,043	0,030	0,086	36,5%	
	99,9	0,055	0,038	0,027	0,077	40,0%	
Aç. Choró	Garantia (%)	Sistema Choró		Sistema Choró/Castro		% ganho ou déficit	
		Aç. Choró	Aç. Choró	Aç. Castro	Aç. Choró + Aç. Castro		
	60	3,309	3,089	0,297	3,386	2,3%	
	70	3,177	2,977	0,290	3,267	2,8%	
	80	2,965	2,694	0,278	2,972	0,2%	
	90	2,578	2,433	0,242	2,675	3,8%	
	95	2,339	2,187	0,211	2,398	2,5%	
	99	1,992	1,899	0,173	2,072	4,0%	
	99,9	1,795	1,705	0,153	1,858	3,5%	
Aç. Choró	Garantia (%)	Sistema Choró		Sistema Choró/Pesqueiro		% ganho ou déficit	
		Aç. Choró	Aç. Choró	Aç. Pesqueiro	Aç. Choró + Aç. Pesqueiro		
	60	3,309	3,195	0,126	3,321	0,4%	
	70	3,177	3,08	0,097	3,177	0,0%	
	80	2,965	2,857	0,095	2,952	-0,4%	
	90	2,578	2,516	0,085	2,601	0,9%	
	95	2,339	2,248	0,072	2,320	-0,8%	
	99	1,992	1,947	0,057	2,004	0,6%	
	99,9	1,795	1,795	0,052	1,847	2,9%	
Aç. Choró	Garantia (%)	Sistema Choró		Sistema Choró/Castro/Pesqueiro		% ganho ou déficit	
		Aç. Choró	Aç. Choró	Aç. Castro	Aç. Pesqueiro		Aç. Choró+Aç. Castro+Aç. Pesqueiro
	60	3,309	2,996	0,297	0,126	3,419	3,3%
	70	3,177	2,89	0,290	0,097	3,277	3,1%
	80	2,965	2,603	0,278	0,095	2,976	0,4%
	90	2,578	2,37	0,242	0,085	2,697	4,6%
	95	2,339	2,131	0,211	0,072	2,414	3,2%
	99	1,992	1,853	0,173	0,057	2,083	4,6%
	99,9	1,795	1,705	0,153	0,052	1,910	6,4%



Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas



Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Castro			% ganho ou déficit	
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Castro	Aç. Pacajus + Aç. Castro			
60	3,667	3,552	0,297	3,849		5,0%	
70	3,593	3,503	0,290	3,793		5,6%	
80	3,285	3,201	0,278	3,479		5,9%	
90	2,882	2,767	0,242	3,009		4,4%	
95	2,596	2,533	0,211	2,744		5,7%	
99	2,279	2,182	0,173	2,355		3,3%	
99,9	1,989	1,989	0,153	2,142		7,7%	
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Pesqueiro			% ganho ou déficit	
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Pesqueiro	Aç. Pacajus + Aç. Pesqueiro			
60	3,667	3,618	0,126	3,744		2,1%	
70	3,593	3,478	0,097	3,575		-0,5%	
80	3,285	3,235	0,095	3,330		1,4%	
90	2,882	2,846	0,085	2,931		1,7%	
95	2,596	2,528	0,072	2,600		0,2%	
99	2,279	2,223	0,057	2,280		0,0%	
99,9	1,989	1,989	0,052	2,041		2,6%	
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Gameleiras			% ganho ou déficit	
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Gameleiras	Aç. Pacajus + Aç. Gameleiras			
60	3,667	3,489	0,210	3,699		0,9%	
70	3,593	3,396	0,187	3,583		-0,3%	
80	3,285	3,136	0,180	3,316		0,9%	
90	2,882	2,76	0,166	2,926		1,5%	
95	2,596	2,486	0,145	2,631		1,3%	
99	2,279	2,168	0,123	2,291		0,5%	
99,9	1,989	1,889	0,112	2,001		0,6%	
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Castro/Pesqueiro			% ganho ou déficit	
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Castro	Aç. Pesqueiro	Aç. Pacajus+Aç. Castro+Aç. Pesqueiro		
60	3,667	3,523	0,297	0,126	3,946	7,6%	
70	3,593	3,454	0,290	0,097	3,841	6,9%	
80	3,285	3,109	0,278	0,095	3,482	6,0%	
90	2,882	2,696	0,242	0,085	3,023	4,9%	
95	2,596	2,466	0,211	0,072	2,749	5,9%	
99	2,279	2,155	0,173	0,057	2,385	4,7%	
99,9	1,989	1,989	0,153	0,052	2,194	10,3%	
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Castro/Gameleiras			% ganho ou déficit	
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Castro	Aç. Gameleiras	Aç. Pacajus+Aç. Castro+Aç. Gameleiras		
60	3,667	3,384	0,297	0,210	3,891	6,1%	
70	3,593	3,34	0,290	0,187	3,817	6,2%	
80	3,285	3,029	0,278	0,180	3,487	6,1%	
90	2,882	2,637	0,242	0,166	3,045	5,7%	
95	2,596	2,43	0,211	0,145	2,786	7,3%	
99	2,279	2,057	0,173	0,123	2,353	3,2%	
99,9	1,989	1,889	0,153	0,112	2,154	8,3%	
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Pesqueiro/Gameleiras			% ganho ou déficit	
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Pesqueiro	Aç. Gameleiras	Aç. Pacajus+Aç. Pesqueiro+Aç. Gameleiras		
60	3,667	3,453	0,126	0,210	3,789	3,3%	
70	3,593	3,319	0,097	0,187	3,603	0,3%	
80	3,285	3,094	0,095	0,180	3,369	2,6%	
90	2,882	2,714	0,085	0,166	2,965	2,9%	
95	2,596	2,452	0,072	0,145	2,669	2,8%	
99	2,279	2,143	0,057	0,123	2,323	1,9%	
99,9	1,989	1,889	0,052	0,112	2,053	3,2%	
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Castro/Pesqueiro/Gameleiras				% ganho ou déficit
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Castro	Aç. Pesqueiro	Aç. Gameleiras	Aç. Pacajus+Aç. Castro+Aç. Pesqueiro+Aç. Gameleiras	
60	3,667	3,351	0,297	0,126	0,210	3,984	8,6%
70	3,593	3,286	0,290	0,097	0,187	3,860	7,4%
80	3,285	2,962	0,278	0,095	0,180	3,515	7,0%
90	2,882	2,604	0,242	0,085	0,166	3,097	7,5%
95	2,596	2,361	0,211	0,072	0,145	2,789	7,4%
99	2,279	2,073	0,173	0,057	0,123	2,426	6,5%
99,9	1,989	1,889	0,153	0,052	0,112	2,206	10,9%
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Aracoiaba			% ganho ou déficit	
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Aracoiaba	Aç. Pacajus + Aç. Aracoiaba			
60	3,667	3,189	1,869	5,058		37,9%	
70	3,593	3,086	1,753	4,839		34,7%	
80	3,285	2,81	1,602	4,412		34,3%	
90	2,882	2,486	1,438	3,924		36,2%	
95	2,596	2,273	1,362	3,635		40,0%	
99	2,279	1,925	1,241	3,166		38,9%	
99,9	1,989	1,795	1,131	2,926		47,1%	
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema em Série (Aç. Pacajus + Aç. Castro + Aç. Aracoiaba)			% ganho ou déficit	
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Castro	Aç. Aracoiaba	Aç. Pacajus + Aç. Castro + Aç. Aracoiaba		
60	3,667	3,094	0,297	1,869	5,260	43,4%	
70	3,593	2,967	0,290	1,753	5,030	40,0%	
80	3,285	2,703	0,278	1,602	4,583	39,5%	
90	2,882	2,385	0,242	1,438	4,065	41,0%	
95	2,596	2,173	0,211	1,362	3,746	44,3%	
99	2,279	1,879	0,173	1,241	3,293	44,5%	
99,9	1,989	1,705	0,153	1,131	2,989	50,3%	

Aç. Pacajus

RELATÓRIO DE FASE I - DIAGNÓSTICO E ESTUDOS BÁSICOS



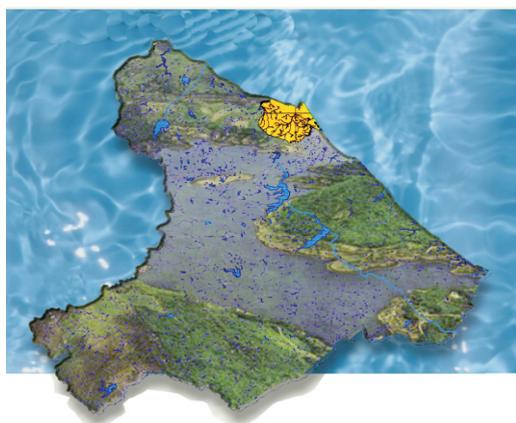
Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas



Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Pesqueiro/Aracoiaba				% ganho ou déficit
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Pesqueiro	Aç. Aracoiaba	Aç. Pacajus+Aç. Pesqueiro+Aç. Aracoiaba		
60	3,667	3,145	0,126	1,869	5,140		40,2%
70	3,593	3,043	0,097	1,753	4,893		36,2%
80	3,285	2,742	0,095	1,602	4,439		35,1%
90	2,882	2,447	0,085	1,438	3,970		37,8%
95	2,596	2,209	0,072	1,362	3,643		40,3%
99	2,279	1,921	0,057	1,241	3,219		41,2%
99,9	1,989	1,705	0,052	1,131	2,888		45,2%
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Castro/Pesqueiro/Aracoiaba				% ganho ou déficit
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Castro	Aç. Pesqueiro	Aç. Aracoiaba	Aç. Pacajus+Aç. Castro+Aç. Pesqueiro+Aç. Aracoiaba	
60	3,667	3,048	0,297	0,126	1,869	5,340	45,6%
70	3,593	2,882	0,290	0,097	1,753	5,022	39,8%
80	3,285	2,666	0,278	0,095	1,602	4,641	41,3%
90	2,882	2,311	0,242	0,085	1,438	4,076	41,4%
95	2,596	2,111	0,211	0,072	1,362	3,756	44,7%
99	2,279	1,818	0,173	0,057	1,241	3,289	44,3%
99,9	1,989	1,705	0,153	0,052	1,131	3,041	52,9%
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Choró			% ganho ou déficit	
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Choró	Aç. Pacajus + Aç. Choró			
60	3,667	3,002	3,309	6,311		72,1%	
70	3,593	2,744	3,177	5,921		64,8%	
80	3,285	2,53	2,965	5,495		67,3%	
90	2,882	2,304	2,578	4,882		69,4%	
95	2,596	2,102	2,339	4,441		71,1%	
99	2,279	1,889	1,992	3,881		70,3%	
99,9	1,989	1,795	1,795	3,590		80,5%	
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Choró/Gameleiras			% ganho ou déficit	
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Choró	Aç. Gameleiras	Aç. Pacajus + Aç. Choró + Aç. Gameleiras		
60	3,667	2,801	3,309	0,210	6,320	72,3%	
70	3,593	2,565	3,177	0,187	5,929	65,0%	
80	3,285	2,342	2,965	0,180	5,487	67,0%	
90	2,882	2,167	2,578	0,166	4,911	70,4%	
95	2,596	1,994	2,339	0,145	4,478	72,5%	
99	2,279	1,804	1,992	0,123	3,919	72,0%	
99,9	1,989	1,705	1,795	0,112	3,612	81,6%	
Garantia (%)	Sistema Pacajus		Sistema Pacajus/Choró/Aracoiaba			% ganho ou déficit	
	Aç. Pacajus	Aç. Pacajus	Aç. Choró	Aç. Aracoiaba	Aç. Pacajus + Aç. Choró + Aç. Aracoiaba		
60	3,667	2,115	3,309	1,869	7,293	98,9%	
70	3,593	1,935	3,177	1,753	6,865	91,1%	
80	3,285	1,796	2,965	1,602	6,363	93,7%	
90	2,882	1,658	2,578	1,438	5,674	96,9%	
95	2,596	1,579	2,339	1,362	5,280	103,4%	
99	2,279	1,437	1,992	1,241	4,670	104,9%	
99,9	1,989	1,319	1,795	1,131	4,245	113,4%	

Aç. Pacajus

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS



CAPÍTULO 5 **OS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS**



5 – OS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

5.1 – INTRODUÇÃO

No escopo original previsto do Plano de Gerenciamento das Bacias Metropolitanas as reservas subterrâneas eram alvo de enfoque muito superficial, exclusivamente baseado em dados e informações existentes.

Sob esse enfoque constituem importantes fontes de informação cadastros como o realizado no PERH e, mais recentemente, aquele levantado pela CPRM, englobando não só as Bacias Metropolitanas como todo o restante do estado, largamente utilizados nos estudos de balanço hídrico deste PGAM.

Entendendo a absoluta necessidade de obter-se resultados mais confiáveis para a avaliação dessas disponibilidades subterrâneas, a COGERH, através do PROURB, contratou, à parte, a execução de serviços de campo, capazes de fornecer elementos mais consistentes para o estudo.

Tais serviços, entretanto, se restringiram aqueles aquíferos que poderiam apresentar potencialidade hídrica, mais especificamente os associados às unidades sedimentares Dunas e Formações Barreiras.

Estes serviços compreenderam:

- construção de 10 (dez) poços na formação sedimentar;
- testes de aquíferos dos poços construídos;
- construção de 20 (vinte) piezômetros;
- levantamento e cadastro de 173 poços;
- execução de vinte testes de produção em poços existentes;
- levantamento geofísico por eletrorresistividade;
- análise da qualidade d'água em 80 amostras;
- levantamento batimétrico de 591 ha das lagoas e complementar das áreas circunvizinhas;
- nivelamento de 86 poços;
- instalação de três infiltrômetros.

Os resultados destes serviços constam de relatórios inerentes ao contrato “Serviços de Campo para Avaliação do Potencial de Águas Subterrâneas e de Lagoas das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza”. Face ao grande volume de dados, não tem sentido ora apresentá-los, devendo ser consultados diretamente nos citados relatórios.

Como são conhecidas as imensas dificuldades e restrições associadas às reservas subterrâneas da região cristalina – recursos aleatórios, escassos, de má qualidade, de pouco conhecimento e de quase impossível avaliação – ficou também estabelecido que os estudos a serem desenvolvidos neste Plano se concentrariam nas regiões sedimentares Dunas e Barreiras.



Além do mais, para se ter maior objetividade e confiabilidade, devido à limitação financeira imposta aos serviços de campo, se restringiriam às áreas próximas da Região Metropolitana de Fortaleza, mais especificamente limitadas pelas localidades de Pindoretama (a leste) e Pecém (a oeste); estas áreas são, doravante, denominada de Área Aquiraz / Pindoretama e Área Pecém/Caucaia.

5.2 - O SISTEMA AQUÍFERO DUNAS-BARREIRAS

5.2.1 – LITOLOGIA, DIMENSÕES E LIMITES

Na faixa litorânea metropolitana de Fortaleza, compreendida entre Pindoretama e Pecém, a litologia do sistema aquífero Dunas-Barreiras é constituída por sedimentos Quaternários e Terciários.

Os depósitos Quaternários são representados por areias de praia, dunas móveis e fixas e depósitos flúvio marinhos, nos vales dos principais rios e riachos. As dunas móveis formam um cordão contínuo de areias secas bordejando a linha costeira, sem cobertura vegetal e totalmente vulneráveis à ação dos ventos. São areias claras, comumente esbranquiçadas, de granulação fina, formadas por grãos de quartzo arredondados e bem selecionados. Nos vales, os depósitos aluviais apresentam areias finas misturadas com silte e matéria orgânica. As dunas fixas, ou paleo-dunas, avançam um pouco mais para o interior, repousando discordantemente sobre os sedimentos do Grupo Barreiras.

Tratam-se de depósitos Terciários representados por arenitos argilosos, de cores variegadas, com matizes avermelhados, amarelados e cinza esbranquiçados. A matriz é, muitas vezes, caulínica, podendo apresentar cimento argiloso e ferruginoso, com presença de níveis lateríticos e marcada variação faciológica, para níveis arenosos grosseiros.

O pacote Tércio-Quaternário forma um sistema aquífero livre, que pode apresentar-se localmente confinado por camadas argilosas, e que tem por limites, na base e a sudoeste, o substrato cristalino, representado por gnaisse a muscovita e metarcósios, com lineação estrutural orientada principalmente, na direção N-S. A nordeste, limita-se com o oceano, sendo desconhecida a sua geometria na plataforma.

Quanto às dimensões, no continente, especificamente nas áreas de interesse objeto do estudo, este sistema ocupa no litoral noroeste Caucaia-Pecém, como faixa de maior interesse, uma superfície de 144 km², sendo 63 km² (9 km x 7 km) entre Barra de Cauhaie e Pecém, e 81 km² (18 km x 4,5 km) entre Pacheco e Cumbuco. No litoral sudoeste, Aquiraz-Pindoretama, a superfície ocupada é da ordem de 216 km², envolvendo uma faixa de 24 km de extensão, paralela à costa, por 9 km de largura.

5.2.2 – PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

De acordo com os resultados dos testes de produção e de aquífero conduzidos durante as pesquisas desenvolvidas em campo, citados anteriormente, as propriedades hidráulicas do sistema aquífero Dunas-Barreiras se resumem como segue (Tabela 5.1):



Tabela 5.1 – Parâmetros Hidráulicos do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras Deduzidos de Testes de Bombeamento no Litoral Leste Aquiraz-Pindoretama

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Valor central adotado
T (m ² /s)	0,048E-04	66,3E-04	12,3E-04	1,71E-04	7,0E-04
K (m/s)	0,0178E-04	9,18E-04	1,28E-04	0,97E-04	1,1E-04
h ₀ (m)	2,6	53,9	27,2	26,6	26,9
S _y	1,25E-02	43,0E-02	15,7E-02	9,39E-02	12,5E-02
S _A	1,78E-04	46,0E-04	13,6E-04	7,63E-04	10,6E-04

T= transmissividade; K= condutividade hidráulica; h₀ = espessura saturada; S_y = porosidade efetiva; S_A= coeficiente de armazenamento

Na segunda fase, os resultados dos testes de aquífero realizados nos 10 poços de pesquisa perfurados estão resumidos na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Parâmetros Hidráulicos do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras Deduzidos de Testes de Aquífero no Litoral Leste Aquiraz-Pindoretama

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Valor central adotado
T (m ² /s)	8,6E-07	4,29E-03	7,78E-04	2,42E-04	7,78E-04
K (m/s)	4,78E-08	3,55E-04	6,16E-05	1,24E-05	3,70E-05
h ₀ (m)	9,8	25,0	16,6	16,6	16
S _y	1,10E-02	74,2E-02	17,7E-02	5,72E-02	5,72E-02
S _A	4,09E-05	4,09E-05	4,09E-05	4,09E-05	4,09E-05

T= transmissividade; K= condutividade hidráulica; h₀ = espessura saturada; S_y = porosidade efetiva; S_A= coeficiente de armazenamento

De acordo com os resultados das tabelas 5.1 e 5.2 os parâmetros a serem considerados nos cálculos, para a faixa litorânea Aquiraz-Pindoretama – Litoral Leste - são os seguintes: transmissividade de 0,0007 m²/s, espessura saturada de 21 m e porosidade efetiva de 0,091. O coeficiente de armazenamento é de 0,00106.

Para o Litoral Oeste, ou zona litorânea Caucaia-Pecém, os resultados condensados nas Tabelas 5.3, 5.4 e 5.5 levam a considerar como parâmetros representativos para fins de cálculos, os seguintes: transmissividade 0,000335 m²/s, espessura saturada 13 m e porosidade efetiva 0,062. O coeficiente de armazenamento, para fins de estimativa de volumes armazenados sob pressão, é de 0,00108.



Tabela 5.3 – Parâmetros Hidráulicos do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras Deduzidos de Testes de Bombeamento no Litoral oeste Caucaia-Pecém

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Valor central adotado
T (m ² /s)	0,34E-04	11,09E-04	2,74E-04	2,16E-04	2,5E-04
K (m/s)	0,0072E-04	4,11E-04	0,63E-04	0,17E-04	0,4E-04
h ₀ (m)	2,48	48,28	16,09	11,96	14,0
S _y	1,31E-02	18,20E-02	9,84E-02	10,16E-02	10,0E-02
S _A	3,5E-04	61,7E-04	20,2E-04	8,37E-04	14,3E-04

T=transmissividade; K = condutividade hidráulica; h₀ = espessura saturada; S_y = porosidade efetiva; S_A= coeficiente de armazenamento

Tabela 5.4 – Parâmetros Hidráulicos do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras Deduzidos de Testes de Aquífero no Litoral Oeste Caucaia-Pecém

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Valor central adotado
T (m ² /s)					
K (m/s)	0,21E-04	16,9E-04	5,1E-04	3,26E-04	4,2E-04
h ₀ (m)	8,3	16,3	12,0	13,3	12,6
S _y	1,1E-02	9,6E-02	4,6E-02	4,1E-02	4,3E-02
S _A	0,00045E-04	73,7E-02	19,4E-02	8,79E-02	14,1E-02

T=transmissividade; K = condutividade hidráulica; h₀ = espessura saturada; S_y = porosidade efetiva; S_A= coeficiente de armazenamento

Tabela 5.5 – Parâmetros Hidráulicos do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras Deduzidos de Testes de Aquífero no Litoral Oeste Caucaia-Pecém

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Valor central adotado
T (m ² /s)	4,59E-07	3,32E-03	7,78E-04	2,42E-04	7,78E-04
K (m/s)	4,78E-08	3,55E-04	6,16E-05	1,24E-05	3,70E-05
h ₀ (m)	4,0	16,5	12,6	15,0	14,0
S _y	1,84E-02	14,9E-02	8,39E-02	7,10E-02	7,10E-02
S _A	2,88E-05	8,84E-04	4,56E-04	4,56E-04	4,56E-04

T=transmissividade; K = condutividade hidráulica; h₀ = espessura saturada; S_y = porosidade efetiva; S_A= coeficiente de armazenamento

Convém finalmente observar que na estimativa dos parâmetros hidráulicos mostrados nas tabelas 5.1, 5.3 E 5.4, foram excluídos os seguintes valores, considerados anômalos, de porosidade efetiva obtidos nos serviços de campo:

- 200%, avaliado na 3^a etapa do teste do poço PT-80
- 81% no poço PT-70; 55% no poço PT-151 e 58% no poço PT-158
- 151% e 61,2%, avaliados respectivamente na 2^a e na 1^a etapas do teste do PP3



5.3 – RECARGA (BALANÇO HÍDRICO)

A recarga do sistema aquífero Dunas-Barreiras, na faixa litorânea que se estende de Cascavel até Paracuru, cobrindo as áreas de interesse – Litoral Leste e Litoral Oeste - foi estimada em escala mensal, somando os valores do balanço hídrico diário (modelo MUSAG) elaborado pela VBA no âmbito dos estudos hidro-climatológicos, nos quais a metodologia empregada e as limitações dos dados disponíveis já foram devidamente caracterizadas.

Os dados de percolação profunda (recarga difusa do sistema aquífero) obtidos do referido balanço hídrico, em 6 (seis) postos pluviométricos representativos, foram submetidos a uma análise composta de: i) estatística descritiva; ii) histograma e curva de densidade de probabilidade; iii) tabela de frequência; e estão apresentados nos adendos 11.1 a 11.6 deste capítulo. Os resultados obtidos estão condensados na Tabela 5.6, na qual se observa que os valores são muito próximos e a sua média geral, pode ser considerada como representativa da recarga nas áreas de interesse.

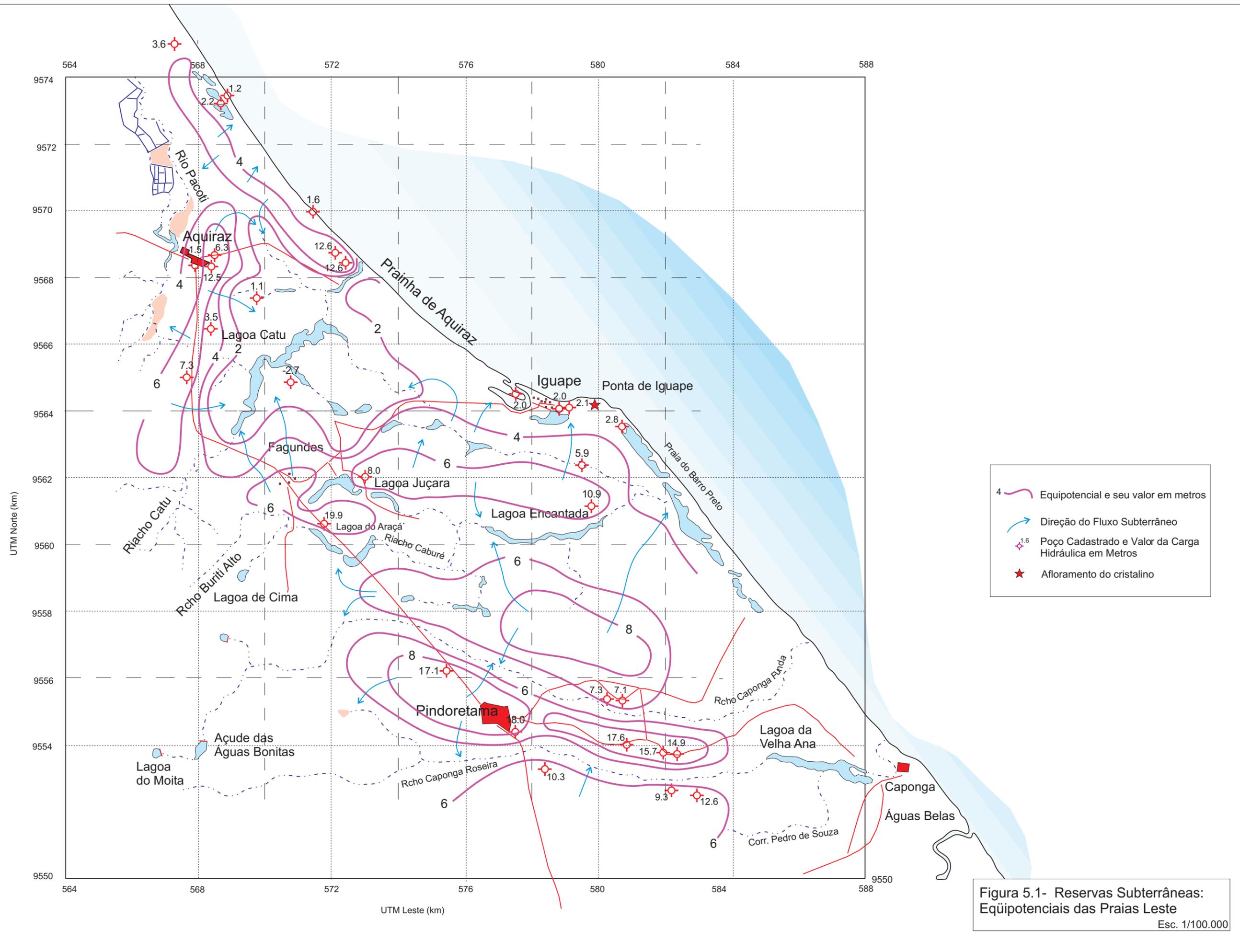
Tabela 5.6 – Recarga Mensal Uniforme (mm/mês) Prevista para o Sistema Aquífero Dunas-Barreiras, na Faixa Litorânea Cascavel Paracuru, em Função da Probabilidade de Ocorrência

Posto	Probabilidade de Ocorrência (%) – Prob(X≥)					
	2	5	10	20	50	100
Paracuru	48,15	15,61	7,37	3,58	1,41	0,70
São Gonçalo do Amarante	32,84	10,57	4,99	2,43	0,96	0,47
Fortaleza Central	57,39	18,47	8,72	4,24	1,67	0,83
Fortaleza Escola Regional	57,62	18,55	8,76	4,26	1,68	0,84
Aquiraz	57,81	18,61	8,78	4,27	1,68	0,84
Cascavel	51,96	16,73	7,89	3,84	1,51	0,75
Média geral	50,96	16,42	7,75	3,77	1,49	0,74

Quanto aos valores apresentados nessa tabela, cabe esclarecer que representam na realidade valores mensais uniformes com diferentes probabilidades de recorrência, tendo como base as séries de recarga mensal obtidas através do MUSAG.

5.4 – ESCOAMENTO NATURAL

O comportamento geral do fluxo das águas subterrâneas nas áreas de interesse, é caracterizado nas Figuras 5.1 e 5.2. Tratam-se (convém assinalar), de documentos em grande parte interpretativos, na medida em que as cotas potenciométricas, em alguns locais, se encontram perturbadas pelos bombeamentos dos poços existentes em exploração, tornando muito difícil uma reconstituição das condições naturais. Não obstante, as inúmeras lagoas existentes, interpretadas como afloramentos do freático, e os riachos costeiros, interpretados como exutórios naturais das águas subterrâneas, contribuíram para o traçado das curvas potenciométricas de uma forma satisfatória.



4 Equipotencial e seu valor em metros

→ Direção do Fluxo Subterrâneo

⊠^{1.6} Poço Cadastrado e Valor da Carga Hidráulica em Metros

★ Afloramento do cristalino

Figura 5.1- Reservas Subterrâneas: Equipotenciais das Praias Leste
Esc. 1/100.000

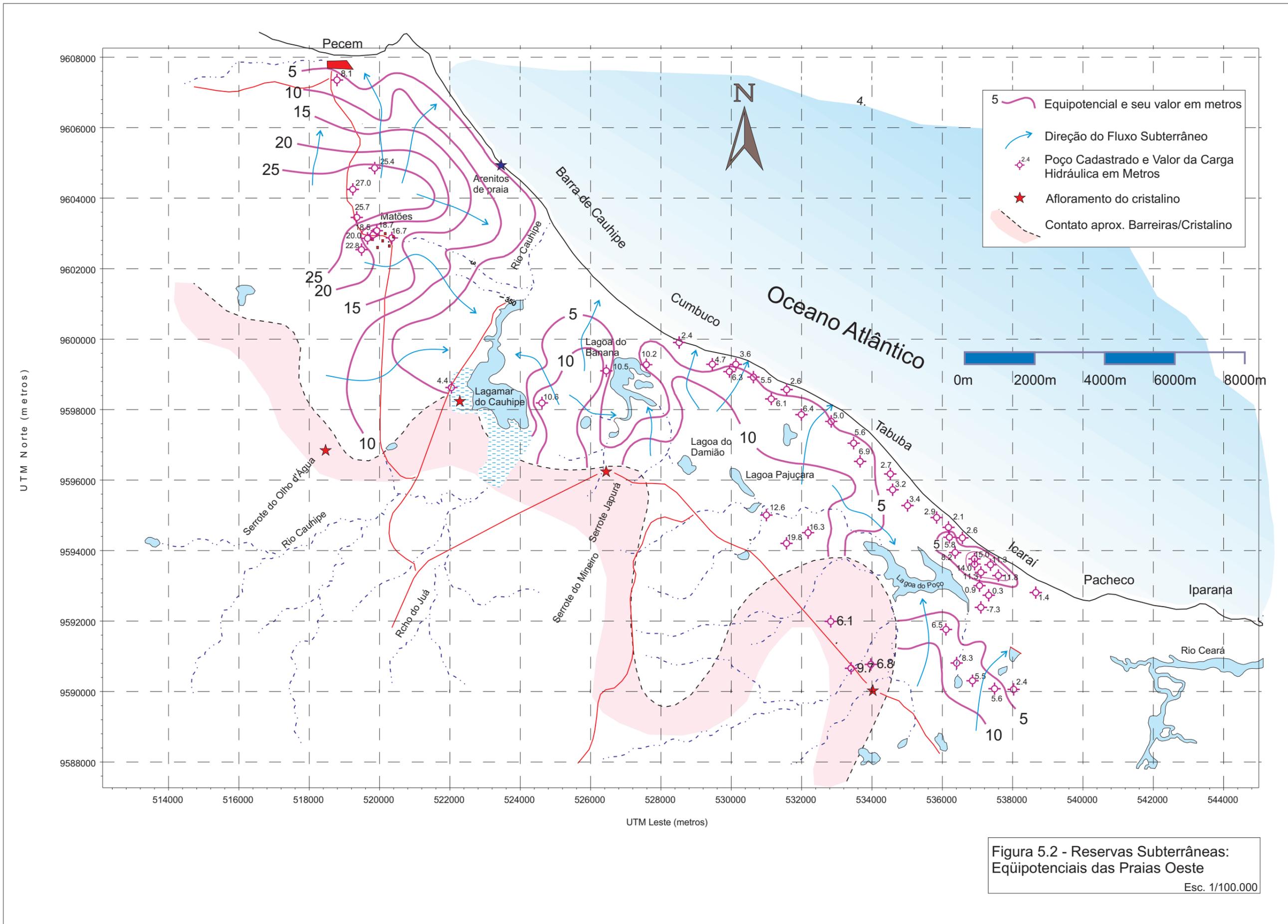


Figura 5.2 - Reservas Subterrâneas: Equipotenciais das Praias Oeste
Esc. 1/100.000



5.4.1 – LITORAL LESTE (AQUIRAZ-PINDORETAMA)

Conforme visto no item 5.2, o coeficiente de transmissividade considerado como representativo do sistema aquífero Dunas-Barreiras, no Litoral Leste, é de 0,0007 m²/s. Quanto ao fluxo natural (figura 5.1) se realiza essencialmente dos interflúvios entre os riachos costeiros, que se comportam como zonas de recarga, para os talwegues, que são zonas de descarga. Foram identificadas as seguintes frentes de fluxo:

- No interflúvio entre os riachos Caponga Roseira e Caponga Funda: i) uma frente de 11 km de extensão, escoando de norte para sul em direção ao riacho Caponga Roseira, principal contribuinte da Lagoa da Velha Ana, no limite sul do mapa. Para um gradiente hidráulico médio da ordem de 4 m/km, a magnitude desse fluxo é estimada em 31 l/s ($0,0007 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,004 \times 11000 \text{ m}$); ii) uma frente de fluxo simétrica da anterior, isto é, com a mesma magnitude de 31 l/s , escoando de sul para norte, em direção ao riacho Caponga Funda.
- No interflúvio entre o riacho Caponga Funda e riacho Caburé e lagoas: Encantada, Araçá e Juçara, além de outras sem denominações: i) uma frente de 8 km de extensão, escoando de norte para sul em direção ao riacho Caponga Funda. Para um gradiente hidráulico médio da ordem de 3 m/km, a magnitude desse fluxo é estimada em 17 l/s ($0,0007 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,003 \times 8000 \text{ m}$); ii) uma frente de fluxo simétrica da anterior, isto é, com a mesma magnitude de 17 l/s , escoando de sul para norte, na direção das drenagens associadas à Lagoa Encantada.
- No interflúvio entre as drenagens associadas à Lagoa Encantada, ao sul, e o último riacho antes de Iguape, ao norte: Aqui deve ser computado apenas o fluxo para sul, ao longo de uma frente de escoamento de 7 km, sob um gradiente médio admitido como da ordem de 3 m/km. A magnitude desse fluxo é estimada em 15 l/s ($0,0007 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,003 \times 7000 \text{ m}$).
- No interflúvio que se estende para noroeste a partir da Prainha de Aquiraz, entre o mar e o Rio Pacoti: i) uma frente de 8 km de extensão, escoando para o mar sob um gradiente médio admitido como da ordem de 4 m/km. A magnitude desse fluxo é estimada em 22 l/s ($0,0007 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,004 \times 8000 \text{ m}$); ii) numa frente de fluxo simétrica da anterior, buscando o Rio Pacoti, mas com extensão menor, da ordem de 4 km. A magnitude desse fluxo é estimada em 11 l/s ($0,0007 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,004 \times 4000 \text{ m}$).
- No interflúvio orientado grosseiramente norte – sul que se delineia entre o Rio Pacoti e a Lagoa Catú. Aqui deve ser computado apenas o fluxo para o Rio Pacoti, ao longo de uma frente de escoamento de 7 km, sob um gradiente médio admitido como da ordem de 4 m/km. A magnitude desse fluxo é estimada em 20 l/s ($0,0007 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,004 \times 7000 \text{ m}$).
- Finalmente, ao longo da grande frente de escoamento representada pela curva isopotenciométrica de 4 metros que, iniciada na desembocadura do Riacho Catú, envolve a Lagoa Catú e drenagens subsidiárias, estendendo-se em seguida para leste e depois sudeste, acompanhando a linha de costa. Esta pode ser considerada como a frente de escoamento mais conspícua da área, fazendo convergir a parcela mais importante do fluxo subterrâneo para o sistema de drenagem da Lagoa Catú e para as lagoas litorâneas de Iguape e da Praia do Barro Preto. A extensão da frente de escoamento é de 23,0 km submetidos a um gradiente



médio que pode ser admitido como da ordem de 3,5 m/km. A magnitude desse fluxo é estimada em 55 l/s ($0,0007 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,0035 \times 23000 \text{ m}$).

5.4.2 – LITORAL OESTE (PECEM-CAUCAIA)

Conforme visto no item 5.2, o coeficiente de transmissividade considerado como representativo do sistema aquífero Dunas-Barreiras, no Litoral Oeste, é de $0,0004 \text{ m}^2/\text{s}$. O fluxo natural (figura 5.2) não se apresenta com aquelas freqüentes feições de interflúvios evidenciadas na Área Aquiraz/Pindoretama. Aqui destacam-se, entre outras, duas grandes zonas de recarga, sendo uma mais pronunciada no extremo noroeste da área, entre Matões e Pecem; e sendo a outra, menos acentuada, na área que inclui a Lagoa do Damião, Lagoa Pajuçara e drenagens associadas. Enquanto na primeira área a recarga é diretamente associada ao grande desenvolvimento de dunas que alcançam cotas elevadas, na segunda área a recarga parece ser devida às lagoas presentes. De modo geral, entretanto, as grandes lagoas da região, como o Lagamar do Cauhipe, a Lagoa do Banana e a Lagoa do Poço, constituem importantes zonas de descarga. Foram identificadas no mapa da figura 5.2 as seguintes frentes de fluxo:

- A curva isopotenciométrica de 5 metros que coleta toda a descarga procedente da zona de recarga de Matões/Pecem, desenvolvendo-se entre Pecem e o Lagamar do Cauhipe numa extensão de 16 km. Para um gradiente hidráulico médio da ordem de 7 m/km, a magnitude desse fluxo é estimada em 45 l/s ($0,0004 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,007 \times 16000 \text{ m}$).
- A curva isopotenciométrica de 5 metros que coleta toda a descarga procedente do interflúvio entre o Lagamar do Cauhipe e a Lagoa do Banana, além do fluxo procedente da área de recarga que inclui as lagoas do Damião e Pajuçara. Esta curva inicia-se no Lagamar do Cauhipe e, envolvendo a Lagoa do Banana, tangencia as praias do Cumbuco e Tabuba para, finalmente, deter-se nos limites de montante da Lagoa do Poço. Sua extensão é de 25 km, o que, sob um gradiente hidráulico médio da ordem de 5 m/km, corresponde a uma descarga estimada em 50 l/s ($0,0004 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,005 \times 25000 \text{ m}$).
- A curva isopotenciométrica de 5 metros a sul da Lagoa do Poço, medindo 6 km submetidos a um gradiente hidráulico médio de 5 m/km, o que se traduz numa descarga estimada em 12 l/s ($0,0004 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,005 \times 6000 \text{ m}$).
- A curva isopotenciométrica de 5 metros, circunscrevendo o interflúvio que bordeja a linha de costa na praia de Icarai: i) Uma frente de escoamento com extensão de 2,5 km vertendo para o mar, sob um gradiente médio estimado em 10 m/km, uma descarga estimada em 17 l/s ($0,0007 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,01 \times 2500 \text{ m}$); ii) Uma frente de escoamento simétrica vertendo 17 l/s na direção da Lagoa do Poço.

5.5 – RECURSOS RENOVÁVEIS

Em termos anuais os recursos renováveis correspondem aos valores apresentados nas Tabelas 5.7 e 5.8, respectivamente para o Litoral Leste (Aquiraz-Pindoretama) numa área de 216 km^2 (24 km x 9 km) e para o Litoral Oeste (Caucaia-Pecém), numa área de 153 km^2 , correspondente a uma faixa de 81 km^2 , situada entre as praias de Pacheco e Cumbuco e outra de 72 km^2 , entre as praias de Cumbuco e Pecém.



Tabela 5.7 – Recursos Renováveis do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras, no Litoral Leste Aquiraz-Pindoretama, em Função do Período de Retorno/Freqüência

Parâmetro	Período de Retorno (anos)					
	2	5	10	20	50	100
Recarga anual (mm)	611,54	197,08	93,02	45,24	17,82	8,86
Recurso renovável (m ³ /s)	4,19	1,35	0,64	0,31	0,12	0,06
Risco %	50,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0
FREQUÊNCIA (Rp ≤ Ri)						

A Tabela 5.7 apresenta para o LITORAL LESTE, a recarga anual em milímetros e o respectivo recurso renovável, em m³/s, em função do período de retorno em anos, indicando-se ainda o nível de risco de cada valor estimado. As mesmas considerações são apresentadas na tabela 5.8 para o LITORAL OESTE.

Tabela 5.8 – Recursos Renováveis do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras, no Litoral Oeste, Caucaia-Pecém, em Função do Período de Retorno/Freqüência

Parâmetro	Período de Retorno (anos)					
	2	5	10	20	50	100
Recarga anual (mm)	611,54	197,08	93,02	45,24	17,82	8,86
Recurso renovável (m ³ /s)	2,97	0,96	0,45	0,22	0,09	0,04
Risco %	50,0	20,0	10,0	5,0	2,0	1,0
FREQUÊNCIA (Rp ≤ Ri)						

Para fins de comparação apresentamos na Tabela 5.9 a seguir, os recursos renováveis acima indicados e as descargas totais de escoamento natural avaliadas nas duas áreas.

Tabela 5.9 – Escoamento Natural e Recursos Renováveis do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras nas Áreas Aquiraz/Pindoretama e Pecém/Caucaia

Área	Esc. Nat. (l/s)	Rec. Renováveis (l/s)		
		Prob. = 90%	Prob. = 95%	Prob = 98%
Aquiraz/Pindoretama	219 l/s	640	310	120
Pecém/Caucaia	141 l/s	450	220	90

A tabela 5.9, que condensa os resultados das tabelas 5.7 e 5.8, revela que o escoamento natural de 219 l/s, no litoral de Aquiraz-Pindoretama, tem uma probabilidade de ocorrência superior a 95%, posto que com 95% de probabilidade esse escoamento seria de 310 l/s. Da mesma forma, no litoral Oeste, Pecém-Caucaia, o escoamento natural de 141l/s, tem probabilidade de ocorrência superior a 95%, na medida em que para essa probabilidade, o fluxo natural seria de 220 l/s. Ou seja, em ambas as áreas, esses recursos renováveis podem ser explorados com menos de 5% de risco.

Em termos de balanço hídrico, os aquíferos tendem a uma situação de equilíbrio em que, a médio e longo prazo, as infiltrações e as descargas se equilibram. Admite-se que, em equilíbrio, tudo se passa como se não houvesse variação no armazenamento do aquífero e



as entradas se igualam às saídas. Desta forma, as descargas de escoamento natural acima indicadas podem ser encaradas também como recursos renováveis. Seus valores são compatíveis com aqueles avaliados para os tempos de retorno indicados na tabela 5.9, testemunhando a favor da consistência dos métodos utilizados e dos parâmetros neles envolvidos. Mediante decisão, esses recursos são exploráveis, com sustentabilidade condicionada ao nível de risco indicado.

5.6 – RESERVAS PERMANENTES

Classicamente, e no caso mais geral, considera-se que as reservas permanentes são constituídas de dois componentes que são: (1) Volume armazenado sob pressão e; (2) volume de saturação.

Volume Armazenado sob Pressão:

O volume armazenado sob pressão pode ser avaliado de acordo com a expressão abaixo:

$$V_p = S.A.\Delta h$$

sendo:

S = Coeficiente de armazenamento

A = Área de ocorrência do aquífero

Δh = Rebaixamento total da carga hidráulica até a base do confinante.

Volume de Saturação

O volume de saturação é, naturalmente, a água que permanece saturando o meio poroso, se fosse extraída toda a água armazenada sob pressão. O volume de saturação pode, assim, ser avaliado como:

$$V_s = S_y.A.b$$

sendo:

S_y = Porosidade efetiva

A = Área de ocorrência do aquífero

b = Espessura do aquífero.

No caso mais geral, portanto, as reservas permanentes podem ser expressas como a soma abaixo indicada:

$$V = V_p + V_s = A(S.\Delta h + S_y.b)$$

No caso do Sistema Dunas/Barreiras em estudo, as características hidrogeológicas permitem considerar como irrelevantes as reservas armazenadas sob pressão, basicamente em função das pequenas espessuras e das pressões de confinamento, tidas como muito baixas. Assim sendo, admite-se que as reservas permanentes sejam devidas predominantemente ao volume de saturação armazenado. Essas reservas, os parâmetros



utilizados para avaliá-las¹ e os recursos renováveis para 95% de garantia, nas duas áreas estudadas, são mostrados na Tabela 5.10 a seguir.

Tabela 5.10 – Reservas Permanentes e Parâmetros Utilizados

Área	Área (m ²)	Esp.Sat. (m)	Poros.Efetiva	Res. Perm. (hm ³)	Rec.Ren.(hm ³ /ano) (95% Garantia)
Aquiraz/Pindoretama	216.000.000	26,9	0,091	528,7	10,0
Pecem/Caucaia	153.000.000	14,0	0,062	132,8	7,0

5.7 – RECURSOS EXPLOTÁVEIS

Se considerado o conceito clássico de uma exploração segura, no sentido de deixar intocadas as reservas permanentes, ter-se-iam com descargas de 10,0 hm³/ano (317 l/s) para a área Aquiraz/Pindoretama e 7 hm³/ano (222 l/s) para a área Pecem/Caucaia.

Mais recentemente, entretanto, autores como VAN DER HEIJDE, 1985, entre outros, sustentam, que em aquíferos regionais as condições hidrodinâmicas nas zonas de realimentação e nos exutórios não são tão prontamente alteradas após o início da exploração, de modo que a recarga e a descarga naturais não são significativamente alteradas a curto ou médio prazo². Assim, rompido o equilíbrio hidrodinâmico original do sistema, pelo início do bombeamento, predomina durante um tempo bastante longo a retirada do armazenamento, significando que a exploração de água subterrânea faz-se geralmente em regime de exaustão, mesmo mantendo-se a taxa de bombeamento a níveis inferiores à taxa de renovação. Isso significa dizer, em outras palavras, que durante um longo tempo após o início da exploração, os recursos renováveis continuam se infiltrando, escoando e se perdendo nos exutórios naturais, como se o aquífero não estivesse sendo bombeado. Só o monitoramento sistemático das respostas desse aquífero ao bombeamento permitirá opinar realisticamente sobre as reservas explotáveis, na medida em que sejam detectados sinais do estabelecimento de um novo equilíbrio hidrodinâmico do sistema.

Em função do acima exposto seria possível considerar lícita a adoção de descargas de exploração razoavelmente superiores aos recursos tidos como renováveis. Poder-se-ia portanto admitir a metade da demanda da área Pecem/Caucaia para 2008, estimada em 340 l/s, ou 10,5 hm³/ano, como descarga explotável, ao nível atual de conhecimentos do problema. De forma análoga e com mais forte razão, admite-se que a descarga explotável na área Aquiraz/Pindoretama possa ser da mesma ordem, isto é, 340 l/s, ou 10,5 hm³/ano. A Tabela 5.11 a seguir, procura disciplinar essas informações:

¹ Obtidos no âmbito do presente estudo.

² Esta postura não traduz qualquer novidade mas, tão somente, o respeito devido à equação da continuidade sobre a qual repousam os fundamentos do fluxo subterrâneo.



Tabela 5.11 – Reservas Permanentes, Renováveis e Explotáveis

Área	Res. Perm. (hm ³)	Res. Renovável (95% Garantia)		Res. Explotável	
		(hm ³ /ano)	(l/s)	(hm ³ /ano)	(l/s)
Aquiraz/Pindoretama	726,3	10,0	317,0	10,5	340,0
Pecem/Caucaia	214,2	7,0	222,0	10,5	340,0

5.8 – A CAPTAÇÃO DOS RECURSOS EXPLOTÁVEIS

Tornar realidade os recursos considerados explotáveis na Tabela 5.11 acima, para atingir os objetivos desejados, significa perfurar poços ou construir algum outro tipo de captação, instalá-los e bombeá-los. A realização dessa tarefa esbarra nas seguintes dificuldades:

- As condições hidrogeológicas do Sistema Dunas/Barreiras, não sendo uniformes na área estudada, torna-se naturalmente evidente o cuidado que se deve ter na locação das obras de captação. No que diz respeito à área Pecem/Caucaia, onde os interesses são mais imediatos, as evidências fornecidas pelo estudo geofísico realizado no relatório “Serviços de Campo para Avaliação do Potencial de Águas Subterrâneas e de Lagoas das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza”, pelos poços existentes e por observações de campo, apontam todas na direção do seguinte panorama geral:
 - na região que contém a localidade de Pecém e seus arredores, o Lagamar do Cauhipe e a Lagoa do Banana, o embasamento cristalino apresenta-se em linhas gerais mais elevado, condicionando espessuras reduzidas de sedimentos e oferecendo, assim, perspectivas pouco otimistas quanto à produtividade de poços;
 - as condições acima melhoram na direção sudeste, culminando na região ao norte de Caucaia, onde o cristalino pode estar a profundidades entre 40 e 50 metros;
 - ao longo da orla litorânea, objeto dos interesses mais imediatos, as condições parecem melhorar da praia do Cumbuco, no extremo noroeste, para a praia de Iparana, no extremo sudeste. Entre as praias do Cumbuco e Tabuba, as espessuras aquíferas não parecem boas, como amostrado nos poços perfurados. De acordo com a tendência geral observada nos mapas elaborados no estudo geofísico, as praias de Icaraí, Pacheco e Iparana podem apresentar perspectivas de aceitáveis condições, embora isso não possa ser afirmado no presente relatório, por insuficiência de informações.



- Considerando os parâmetros hidrodinâmicos avaliados, níveis estáticos da ordem de 5,0 metros e uma espessura máxima de 40,0 metros, esperada para o Sistema Dunas/Barreiras, deve-se esperar, na melhor das hipóteses, poços com vazões máximas de 20,0 m³/h.
- O fornecimento da descarga admitida em princípio como explotável, de 10,5 hm³/ano (1.200,00 m³/h), demandaria portanto a perfuração e instalação de cerca de 60 poços tubulares.
- A retirada dessa descarga não deve se fazer nas proximidades da orla litorânea, sob pena de se comprometer em futuro próximo o equilíbrio água doce/água salgada, induzindo o avanço da cunha salina.

5.9 – SIMULAÇÃO DE UMA BATERIA DE 60 POÇOS

A título especulativo, foi simulada a operação de uma bateria de 60 poços para verificar a possibilidade de captar 1200 m³/h (333 l/s). As condições simuladas foram as seguintes:

- Transmissividade do aquífero = $4,0 \cdot 10^{-4}$ m²/s
- Coef. de Armazenamento, considerado como a porosidade efetiva, foi de $4,4 \cdot 10^{-2}$, para levar em conta o comportamento predominante de aquífero livre.
- 60 poços iguais, com descarga iniciais de 20,0 m³/h.
- As características dos poços são as seguintes:
 - Profundidade de 40 metros
 - Topo do aquífero a 15 metros (25 metros de espessura aquífera)
 - Câmara de bombeamento em 8” até 21 metros
 - Extensão de filtros em 6” de 19 metros, posicionados entre os 21 metros e o final do poço.
 - Rebaixamento disponível igual a 14 metros
 - Penetração parcial igual a 0,76

Foi utilizado um modelo analítico de simulação denominado de SIMBAT (**SIM**ulação de **BAT**erias de Poços), desenvolvido no LABHID/UFPE. Os resultados obtidos, mostrados na Tabela 5.12 a seguir, sugere fortemente que os poços não poderiam bombear individualmente a descarga de 20,0 m³/h e que a produção global da bateria não passaria de 440 m³/h (122 l/s).



Tabela 5.12 - Bateria: Vba-Caucaia Data: 04/10/1999 - Hora: 13:09:21

POCO	CP	VAZ.	RD	SW	SI	t	SW+SI	ND
P-1-	663.1-	7.58-	14.00-	8.85-	4.71-	1.00-	13.56-	18.56
P-2-	663.1-	7.28-	14.00-	8.50-	5.11-	1.00-	13.61-	18.61
P-3-	663.1-	7.28-	14.00-	8.50-	5.16-	1.00-	13.66-	18.66
P-4-	663.1-	7.28-	14.00-	8.50-	4.97-	1.00-	13.48-	18.48
P-5-	663.1-	7.28-	14.00-	8.50-	5.03-	1.00-	13.53-	18.53
P-6-	663.1-	7.28-	14.00-	8.50-	5.13-	1.00-	13.63-	18.63
P-7-	663.1-	7.28-	14.00-	8.50-	5.17-	1.00-	13.67-	18.67
P-8-	663.1-	7.14-	14.00-	8.33-	5.29-	1.00-	13.63-	18.63
P-9-	663.1-	7.28-	14.00-	8.50-	5.09-	1.00-	13.59-	18.59
P-10-	663.1-	7.58-	14.00-	8.85-	4.63-	1.00-	13.48-	18.48
P-11-	663.1-	8.56-	14.00-	9.99-	3.16-	1.00-	13.16-	18.16
P-12-	663.1-	8.91-	14.00-	10.41-	2.92-	1.00-	13.33-	18.33
P-13-	663.1-	7.90-	14.00-	9.22-	4.34-	1.00-	13.56-	18.56
P-14-	663.1-	8.39-	14.00-	9.79-	3.74-	1.00-	13.53-	18.53
P-15-	663.1-	6.99-	14.00-	8.17-	5.55-	1.00-	13.72-	18.72
P-16-	663.1-	6.58-	14.00-	7.69-	6.14-	1.00-	13.82-	18.82
P-17-	663.1-	6.45-	14.00-	7.53-	6.39-	1.00-	13.92-	18.92
P-18-	663.1-	6.45-	14.00-	7.53-	6.43-	1.00-	13.96-	18.96
P-19-	663.1-	6.58-	14.00-	7.69-	6.28-	1.00-	13.97-	18.97
P-20-	663.1-	6.58-	14.00-	7.69-	6.26-	1.00-	13.95-	18.95
P-21-	663.1-	6.45-	14.00-	7.53-	6.37-	1.00-	13.90-	18.90
P-22-	663.1-	6.45-	14.00-	7.53-	6.40-	1.00-	13.93-	18.93
P-23-	663.1-	6.45-	14.00-	7.53-	6.33-	1.00-	13.86-	18.86
P-24-	663.1-	6.72-	14.00-	7.84-	5.94-	1.00-	13.78-	18.78
P-25-	663.1-	7.90-	14.00-	9.22-	4.25-	1.00-	13.47-	18.47
P-26-	663.1-	6.86-	14.00-	8.00-	5.76-	1.00-	13.76-	18.76
P-27-	663.1-	6.72-	14.00-	7.84-	6.06-	1.00-	13.91-	18.91
P-28-	663.1-	6.72-	14.00-	7.84-	6.06-	1.00-	13.90-	18.90
P-29-	663.1-	6.72-	14.00-	7.84-	6.02-	1.00-	13.86-	18.86
P-30-	663.1-	6.86-	14.00-	8.00-	5.88-	1.00-	13.88-	18.88
P-31-	663.1-	6.72-	14.00-	7.84-	5.91-	1.00-	13.75-	18.75
P-32-	663.1-	6.72-	14.00-	7.84-	6.07-	1.00-	13.91-	18.91
P-33-	663.1-	6.58-	14.00-	7.69-	6.27-	1.00-	13.95-	18.95
P-34-	663.1-	6.45-	14.00-	7.53-	6.41-	1.00-	13.94-	18.94
P-35-	663.1-	6.72-	14.00-	7.84-	6.00-	1.00-	13.84-	18.84
P-36-	663.1-	7.58-	14.00-	8.85-	4.53-	1.00-	13.39-	18.39
P-37-	663.1-	8.39-	14.00-	9.79-	3.81-	1.00-	13.61-	18.61
P-38-	663.1-	7.43-	14.00-	8.68-	5.05-	1.00-	13.73-	18.73
P-39-	663.1-	7.14-	14.00-	8.33-	5.49-	1.00-	13.82-	18.82
P-40-	663.1-	6.99-	14.00-	8.17-	5.57-	1.00-	13.73-	18.73
P-41-	663.1-	7.14-	14.00-	8.33-	5.38-	1.00-	13.71-	18.71
P-42-	663.1-	7.43-	14.00-	8.68-	5.07-	1.00-	13.75-	18.75
P-43-	663.1-	7.43-	14.00-	8.68-	5.02-	1.00-	13.70-	18.70
P-44-	663.1-	7.28-	14.00-	8.50-	5.24-	1.00-	13.74-	18.74
P-45-	663.1-	6.86-	14.00-	8.00-	5.71-	1.00-	13.71-	18.71
P-46-	663.1-	6.72-	14.00-	7.84-	6.10-	1.00-	13.95-	18.95
P-47-	663.1-	6.86-	14.00-	8.00-	5.85-	1.00-	13.85-	18.85
P-48-	663.1-	7.74-	14.00-	9.03-	4.41-	1.00-	13.45-	18.45
P-49-	663.1-	9.47-	14.00-	11.06-	2.38-	1.00-	13.44-	18.44
P-50-	663.1-	8.56-	14.00-	9.99-	3.50-	1.00-	13.49-	18.49
P-51-	663.1-	8.39-	14.00-	9.79-	3.83-	1.00-	13.63-	18.63
P-52-	663.1-	8.39-	14.00-	9.79-	3.72-	1.00-	13.52-	18.52
P-53-	663.1-	8.56-	14.00-	9.99-	3.50-	1.00-	13.50-	18.50
P-54-	663.1-	8.39-	14.00-	9.79-	3.58-	1.00-	13.37-	18.37
P-55-	663.1-	8.06-	14.00-	9.41-	4.05-	1.00-	13.45-	18.45
P-56-	663.1-	7.74-	14.00-	9.03-	4.59-	1.00-	13.63-	18.63
P-57-	663.1-	7.43-	14.00-	8.68-	4.98-	1.00-	13.65-	18.65
P-58-	663.1-	7.58-	14.00-	8.85-	4.75-	1.00-	13.61-	18.61
P-59-	663.1-	8.39-	14.00-	9.79-	3.49-	1.00-	13.28-	18.28
P-60-	663.1-	7.90-	14.00-	9.22-	4.36-	1.00-	13.57-	18.57

OBS: CP=COEF.PERD.44; VAZ=VAZAO (M³/H); RD=REB.DISP.(M); SW=S₀+D_{S0}+D4+J (M); SI=INTERF. (M); T=OPERACAO(ANOS) ND=NIVEL DIN.(M); BOMBAMENTO CONTINUO; AQUIFERO CONFINADO NAO DRENANTE; S = 0.04300; T = 0.000400; DESCARGA DA BATERIA = 441.57 M³/H



A Tabela 5.12 mostra que o rebaixamento disponível RD, para o cenário simulado, é igual a 14,00 m em todos os poços. As vazões máximas obtidas em cada poço, após 1 ano de bombeamento (coluna t), respeitando a condição $SW+SI < RD$, são indicadas na coluna VAZ. SW é o rebaixamento calculado no poço, incluindo a perda da formação, a perda por penetração parcial e a perda por fricção, cujo coeficiente CP, aparece na 2ª coluna. SI é o rebaixamento produzido em cada poço pelas interferências dos demais. Portanto, $SW+SI$ é o rebaixamento total e ND é o nível dinâmico previsto em cada poço para a vazão VAZ.

5.10 – QUALIDADE QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Na litoral oeste, Caucaia-Pecém, as águas subterrâneas do freático, conforme resultados de uma amostra de 64 poços inventariados em campo, podem ser consideradas de boa qualidade físico-química para consumo humano. Os valores do resíduo seco, oscilam entre um mínimo de 55,5 mg/l e um máximo de 2306 mg/l, com uma média de 299,2 mg/l e desvio padrão de 374,6 mg/l. As maiores concentrações ocorrem na região de Caucaia, conforme revela o mapa da [Figura 5.4](#).

No litoral leste, Aquiraz-Pindoretama, para uma amostra de 51 valores, os resíduos secos são muito baixos, oscilando entre um mínimo da ordem de 28,7 mg/l e um máximo da ordem de 748 mg/l. caracterizando (do ponto de vista físico-químico), águas de excelente qualidade para consumo humano. A distribuição espacial é ilustrada na [Figura 5.5](#).

A boa qualidade das águas subterrâneas da região também é indicada pelos valores de condutividade elétrica obtidos. A estatística descritiva de uma amostra de 116 valores de condutividade elétrica, mostrada na Tabela 5.13, indica uma média 509,9 $\mu\text{S/cm}$ e mediana de 365,5 $\mu\text{S/cm}$. A faixa de variação é muito ampla, oscilando entre um mínimo de 31,2 $\mu\text{S/cm}$ e um máximo de 4700 $\mu\text{S/cm}$.

Tabela 5.13 – Estatística Descritiva da Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)

	Número Observações	Média	Intervalo confiança.		Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio. Padrão.
			-95%	+95%				
CE $\mu\text{S/cm}$	116	509,9	395,0	624,9	365,5	31,2	4700,0	624,9

A distribuição de probabilidade, aproximada por uma lei log-normal ([Figura 5.6](#)) mostra que 50% dos valores de condutividade elétrica são menores ou iguais a 338,8 $\mu\text{S/cm}$ e que a moda é da ordem de 190 $\mu\text{S/cm}$.



Figura 5.3

Simulação de bateria de 60 poços entre a Praia de Icarai e a cidade de Caucaia - Região do Açude Camurupim
Níveis dinâmicos, em metros, para uma descarga global de 442 m³/h

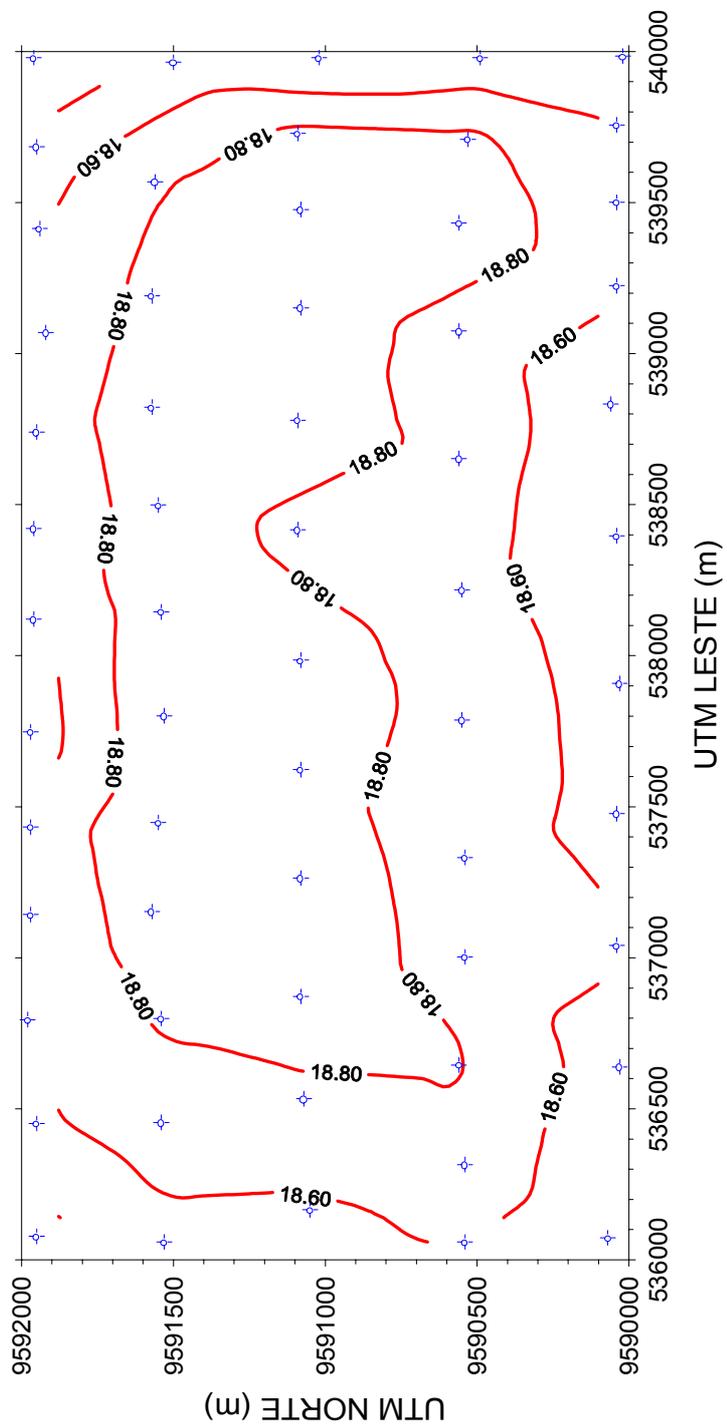




Figura 5.5 – Distribuição do Resíduo Seco das Águas Subterrâneas do Freático, no Litoral Aquiraz-Pindoretama

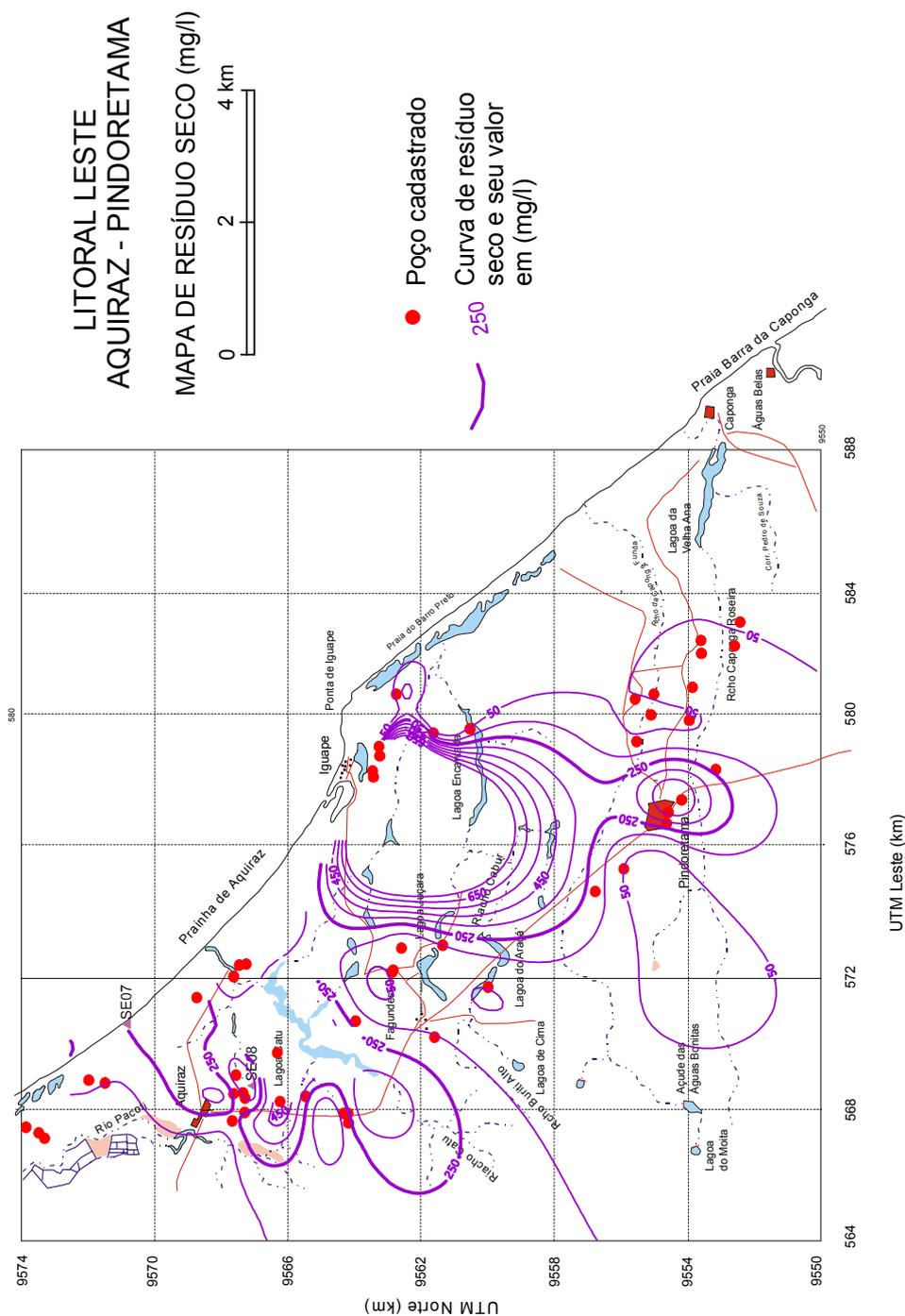
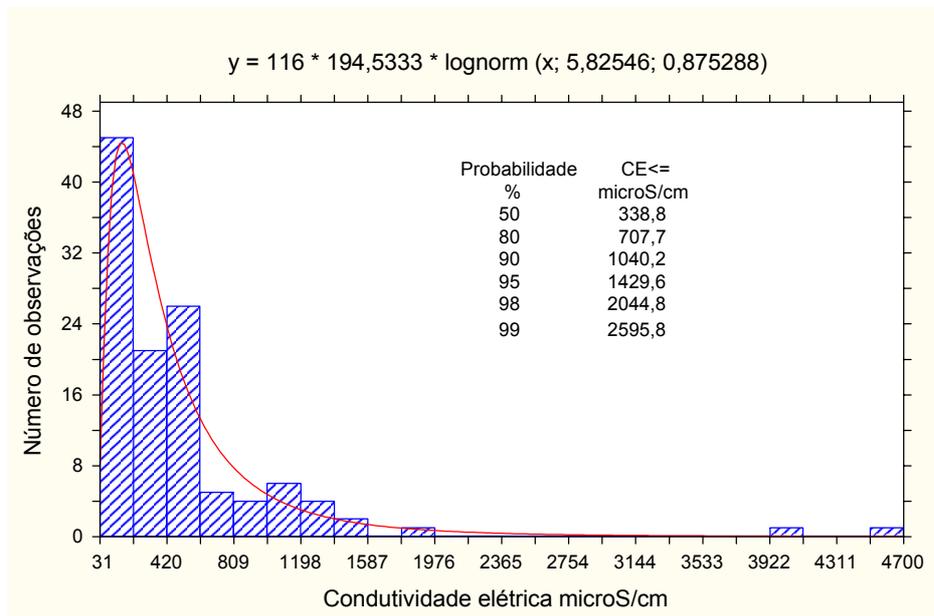




Figura 5.6 – Histograma de Frequência e Curva de Densidade de Probabilidade Log-Normal, da Condutividade Elétrica das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras na Faixa Litorânea Sudeste e Noroeste de Fortaleza – CE



Os teores de sólidos totais dissolvidos, conforme se observa na Tabela 5.14, variam de 28,8 a 748 mg/l, apresentando valor médio de 184,9 mg/l e valor mediano de 126 mg/l. Esses valores caracterizam águas de boa qualidade química para consumo humano.

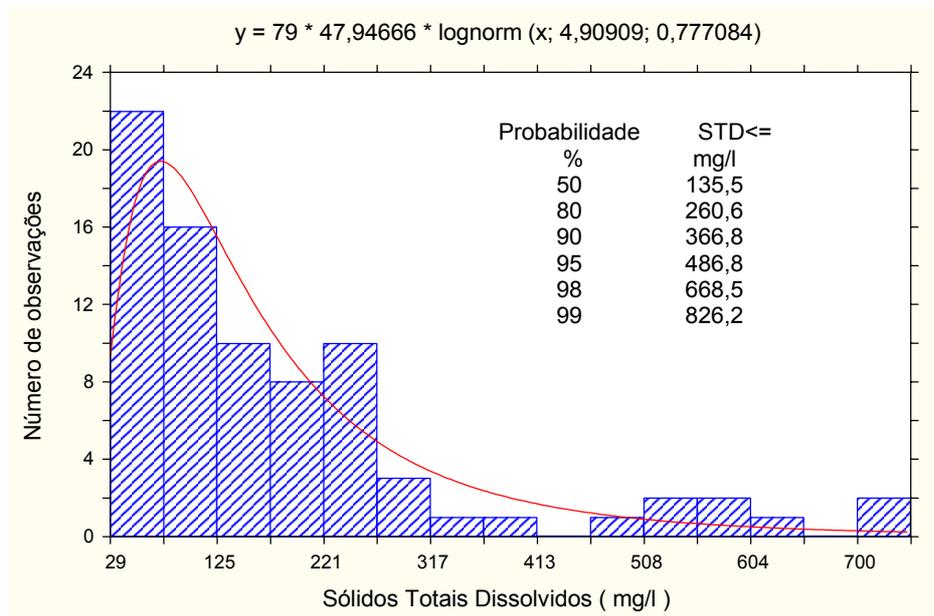
Tabela 5.14 – Estatística Descritiva dos Teores de Sólidos Totais Dissolvidos (mg/l)

	Número Observações	Média	Intervalo confiança.		Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio. Padrão.
			-95%	+95%				
STD	79	184,9	148,2	221,5	126,0	28,8	748,0	163,6

A distribuição de frequência dos teores de sólidos totais dissolvidos, aproximada por uma lei do tipo log-normal, ilustrada Figura 5.7, apresenta um valor modal de 96 mg/l e mostra que 99% dos valores são menores ou iguais a 826,2 mg/l. Tratam-se portanto de águas de boa qualidade para consumo humano, do ponto de vista físico-químico.



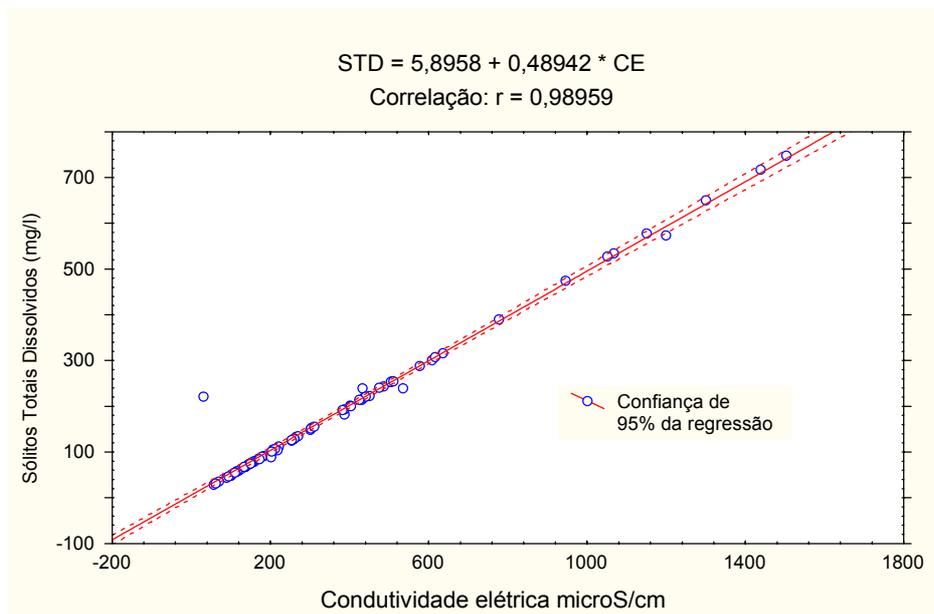
Figura 5.7 – Histograma de Frequência e Curva de Densidade de Probabilidade Log-Normal, dos Teores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Dunas/Barreiras na Faixa Litorânea Sudeste e Noroeste de Fortaleza – CE



Correlação condutividade elétrica x resíduo seco

Para um total de 116 determinações de condutividade elétrica (CE), existem apenas 79 valores de resíduo seco ou de sólidos totais dissolvidos (STD). Existe porém uma forte correlação entre CE e STD, de modo que os teores de sólidos totais dissolvidos, quando ausentes, podem ser estimados a partir da condutividade elétrica, usando a equação que caracteriza a regressão ilustrada na Figura 5.8.

Figura 5.8 – Correlação entre Condutividade Elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ e Sólidos Totais Dissolvidos (mg/l) das Águas Subterrâneas do Sistema Aquífero Dunas-Barreiras na Faixa Litorânea Noroeste e Sudeste de Fortaleza – CE





5.11 – CONCLUSÕES

O estudo hidrogeológico da Região Metropolitana de Fortaleza revelou que o sistema aquífero Dunas-Barreiras apresenta espessura muito variável, oscilando entre cerca de 3 m a 54 m no litoral leste, e entre 2 e 48 m no litoral oeste. A condutividade hidráulica ($\times 10^{-4}$ m/s), assume valores entre 0,02 e 9, no litoral leste e entre 0,007 e 4 no litoral oeste, o que corresponde a diferenças de magnitude da ordem de 450 e 571 vezes, respectivamente. Tais valores são característicos de sedimentos relativamente pouco permeáveis, que podem variar desde argilas arenosas a siltes e areias muito finas.

Essas diferenças de condutividade hidráulica refletem diretamente na produtividade dos poços, que pode oscilar, por exemplo, de 10 m³/h a 0,02 m³/h, em toda a região, ou seja, desde poços medianamente produtivos até poços praticamente secos.

Os recursos renováveis ou recarga anual do sistema aquífero, em toda a região, apresentam valor médio de 611 mm ou cerca 20 l/s.km², porém para um período de retorno de 100 anos essa recarga não passa de aproximadamente 9 mm, ou 0,28 l/s.km².

O escoamento natural dos recursos renováveis, estimado a partir dos mapas potenciométricos elaborados para as regiões leste e oeste, e correspondentes ao ano hidrológico 1998-1999, apresentou um valor aproximado de 1 l/s.km² para o conjunto das regiões estudadas. Esse valor corresponde a um período de retorno da ordem de 15 anos.

As reservas permanentes foram estimadas respectivamente em 528 hm³, no litoral leste (numa área de 216 km²) e 133 hm³, no litoral oeste (numa área de 153 km²).

Quanto aos recursos exploráveis, dependem essencialmente de cenários de exploração, respeitados os limites das reservas e recursos renováveis disponíveis. Por exemplo, um cenário de exploração sustentável, seria a extração dos recursos renováveis de 20 l/s.km², com 50% de risco, ou de 0,3 l/s.km², com 1% de risco. Neste caso, as reservas permanentes permaneceriam intocadas.

As águas são de boa qualidade físico-química, com 99% dos valores de sólidos totais dissolvidos menores ou iguais a 826,2 mg/l.



ADENDO 5.1 - POSTO 2861786 – PARACURU (1912-1996 incompleto)

Totais de Recarga Mensal (Percolação Profunda) Obtidos do Balanço Hídrico Diário – Modelo Musag

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

	Número Observações	Média	Intervalo confiança.		Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio. Padrão.
			-95%	+95%				
PARACURU	922	70,14	63,9	76,3	25,750	0,0	576,2	95,6

HISTOGRAMA E CURVA DE DENSIDADE DE PROBABILIDADE

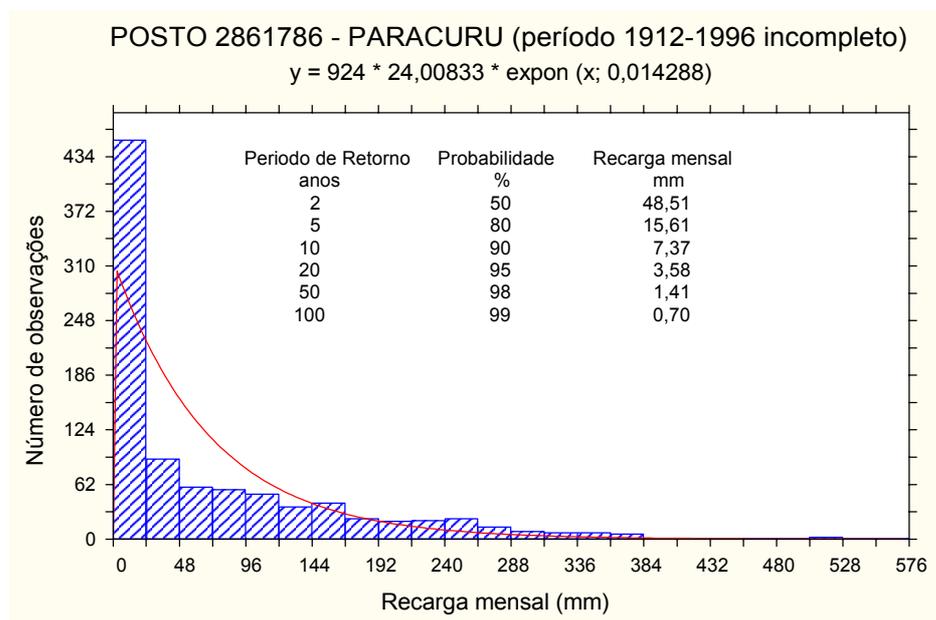


TABELA DE FREQUÊNCIA

Recarga Paracuru	Frequência		Frequência relativa		Frequência relativa acumulada	
	ABSOLUTA	Acumulada	dos válidos	do total	dos válidos	do total
-100 < x <= 0,0	335	335	36,33406	32,84314	36,3341	32,8431
0,0 < x <= 100	330	665	35,79176	32,35294	72,1258	65,1961
100 < x <= 200	146	811	15,83514	14,31373	87,9610	79,5098
200 < x <= 300	77	888	8,35141	7,54902	96,3124	87,0588
300 < x <= 400	28	916	3,03688	2,74510	99,3492	89,8039
400 < x <= 500	3	919	0,32538	0,29412	99,6746	90,0980
500 < x <= 600	3	922	0,32538	0,29412	100,0000	90,3922
Faltando	98	1020		9,60784		100,0000



ADENDO 5.2 - POSTO 2872207 – SÃO GONÇALO DO AMARANTE

Totais de Recarga Mensal (Percolação Profunda) Obtidos do Balanço Hídrico Diário – Modelo Musag

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

	Número Observações	Média	Intervalo confiança.		Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio. Padrão.
			-95%	+95%				
SÃO GONÇALO DO AMARANTE	828	47,38	42,94	51,82	14,55	0,0	306,0	65,09

HISTOGRAMA E CURVA DE DENSIDADE DE PROBABILIDADE

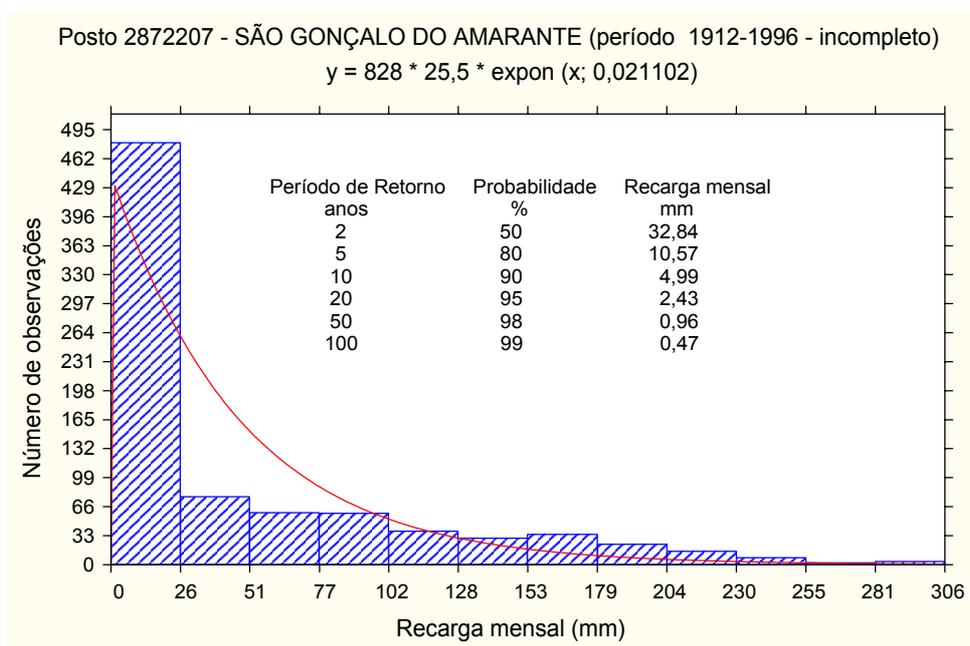


TABELA DE FREQUÊNCIA

RECARGA S.G. AMARANTE	Frequência		Frequência relativa		Frequência relativa acumulada	
	Absoluta	Acumulada	dos válidos	do total	dos válidos	do total
-50 < x <= 0,0	292	292	35,43689	28,62745	35,4369	28,6275
0,0 < x <= 50,0	257	549	31,18932	25,19608	66,6262	53,8235
50,0 < x <= 100,0	117	666	14,19903	11,47059	80,8252	65,2941
100,0 < x <= 150,0	68	734	8,25243	6,66667	89,0777	71,9608
150,0 < x <= 200,0	58	792	7,03883	5,68627	96,1165	77,6471
200,0 < x <= 250,0	24	816	2,91262	2,35294	99,0291	80,0000
250,0 < x <= 300,0	7	823	0,84951	0,68627	99,8786	80,6863
300,0 < x <= 350,0	1	824	0,12136	0,09804	100,0000	80,7843
Faltando	196	1020		19,21569		100,0000



ADENDO 5.3 - POSTO 2872496 – FORTALEZA CENTRAL

Totais de Recarga Mensal (Percolação Profunda) Obtidos do Balanço Hídrico Diário – Modelo Musag

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

	Número Observações	Média	Intervalo confiança.		Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio. Padrão.
			-95%	+95%				
FORTALEZA CENTRAL	844	82,80	75,57	90,03	31,70	0,00	525,60	107,06

HISTOGRAMA E CURVA DE DENSIDADE DE PROBABILIDADE

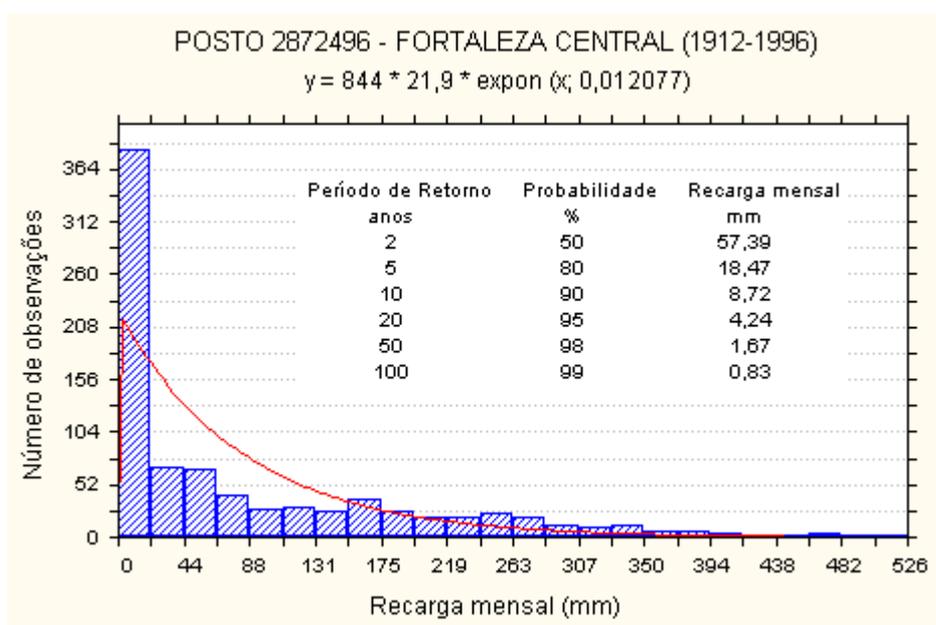


TABELA DE FREQUÊNCIA

Recarga Fortaleza Central	Frequência		Frequência relativa		Frequência relativa acumulada	
	Absoluta	Acumulada	dos válidos	do total	dos válidos	do total
-100 < x <= 0,0	279	279	33,05687	27,35294	33,0569	27,3529
0,0 < x <= 100	297	576	35,18957	29,11765	68,2464	56,4706
100 < x <= 200	136	712	16,11374	13,33333	84,3602	69,8039
200 < x <= 300	83	795	9,83412	8,13725	94,1943	77,9412
300 < x <= 400	41	836	4,85782	4,01961	99,0521	81,9608
400 < x <= 500	7	843	0,82938	0,68627	99,8815	82,6471
500 < x <= 600	1	844	0,11848	0,09804	100,0000	82,7451
Faltando	176	1020		17,25490		100,0000



ADENDO 5.4 - POSTO 2872594 – FORTALEZA ESCOLA REGIONAL

Totais de Recarga Mensal (Percolação Profunda) Obtidos do Balanço Hídrico Diário – Modelo Musag

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

	Núm Observações	Média	Intervalo confiança.		Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio. Padrão.
			-95%	+95%				
FORTALEZA ESCOLA REGIONAL	776	83,13	75,62	90,640	34,70	0,00	508,90	106,55

HISTOGRAMA E CURVA DE DENSIDADE DE PROBABILIDADE

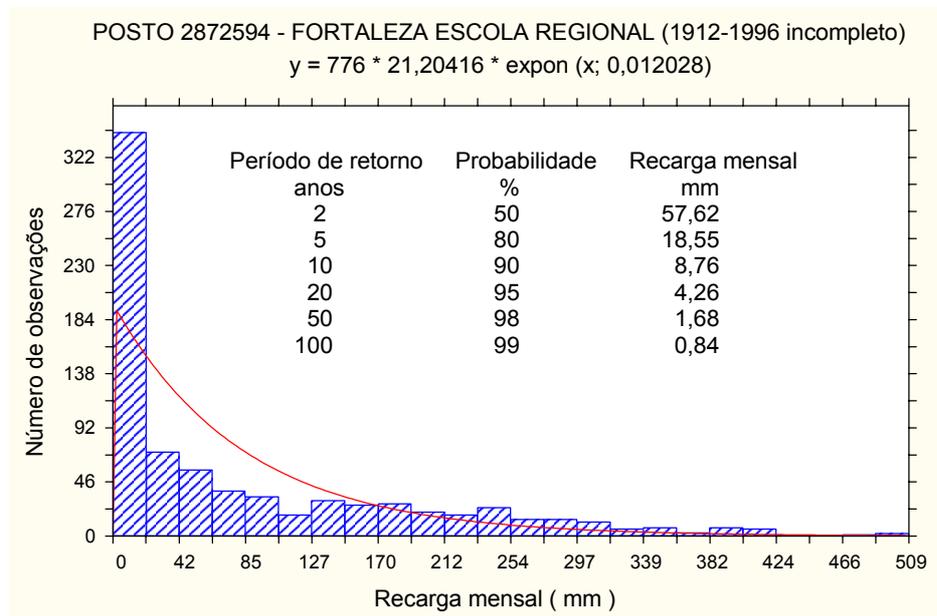


TABELA DE FREQUÊNCIA

Recarga Fortaleza Escola Regional	Frequência		Frequência relativa		Frequência relativa acumulada	
	Absoluta	Acumulada	dos válidos	do total	dos válidos	do total
-100 < x <= 0,0	260	260	33,50515	25,49020	33,5052	25,4902
0,0 < x <= 100	276	536	35,56701	27,05882	69,0722	52,5490
100 < x <= 200	114	650	14,69072	11,17647	83,7629	63,7255
200 < x <= 300	84	734	10,82474	8,23529	94,5876	71,9608
300 < x <= 400	33	767	4,25258	3,23529	98,8402	75,1961
400 < x <= 500	8	775	1,03093	0,78431	99,8711	75,9804
500 < x <= 600	1	776	0,12887	0,09804	100,0000	76,0784
Faltando	244	1020		23,92157		100,0000



ADENDO 5.5 - POSTO 2873824 – AQUIRAZ (1912 – 1996 Incompleto)

Totais de Recarga Mensal (Percolação Profunda) Obtidos do Balanço Hídrico Diário – Modelo Musag

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

	Núm Observações	Média	Intervalo confiança.		Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio. Padrão.
			-95%	+95%				
AQUIRAZ	656	83,39	74,92	91,87	29,10	0,00	514,80	110,52

HISTOGRAMA E CURVA DE DENSIDADE DE PROBABILIDADE

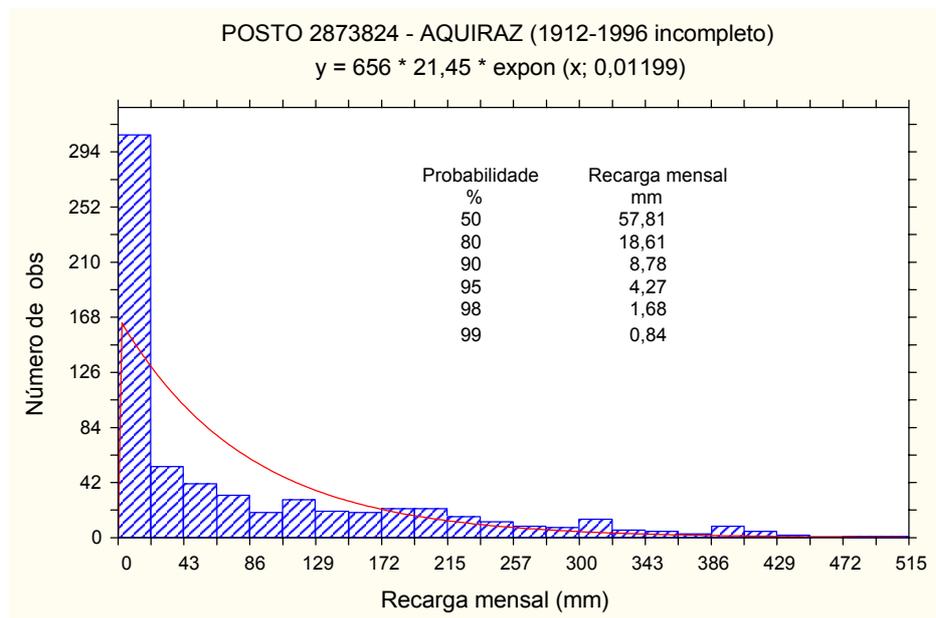


TABELA DE FREQUÊNCIA

Recarga Aquiraz	Frequência		Frequência relativa		Frequência relativa acumulada	
	Absoluta	Acumulada	dos válidos	do total	dos válidos	do total
-100 < x <= 0,0	228	228	34,75610	34,75610	34,7561	34,7561
0,0 < x <= 100	219	447	33,38415	33,38415	68,1402	68,1402
100 < x <= 200	102	549	15,54878	15,54878	83,6890	83,6890
200 < x <= 300	61	610	9,29878	9,29878	92,9878	92,9878
300 < x <= 400	33	643	5,03049	5,03049	98,0183	98,0183
400 < x <= 500	12	655	1,82927	1,82927	99,8476	99,8476
500 < x <= 600	1	656	0,15244	0,15244	100,0000	100,0000
Faltando	364	1020				



ADENDO 5.6 - POSTO 2883256 – CASCAVEL (1912 – 1996 Incompleto)

Totais de Recarga Mensal (Percolação Profunda) Obtidos do Balanço Hídrico Diário – Modelo Musag

ESTATÍSTICA DESCRITIVA

	Núm Observações	Média	Intervalo confiança.		Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio. Padrão.
			-95%	+95%				
CASCAVEL	936	74,69	68,18	81,19	26,70	0,00	506,9	101,45

HISTOGRAMA E CURVA DE DENSIDADE DE PROBABILIDADE

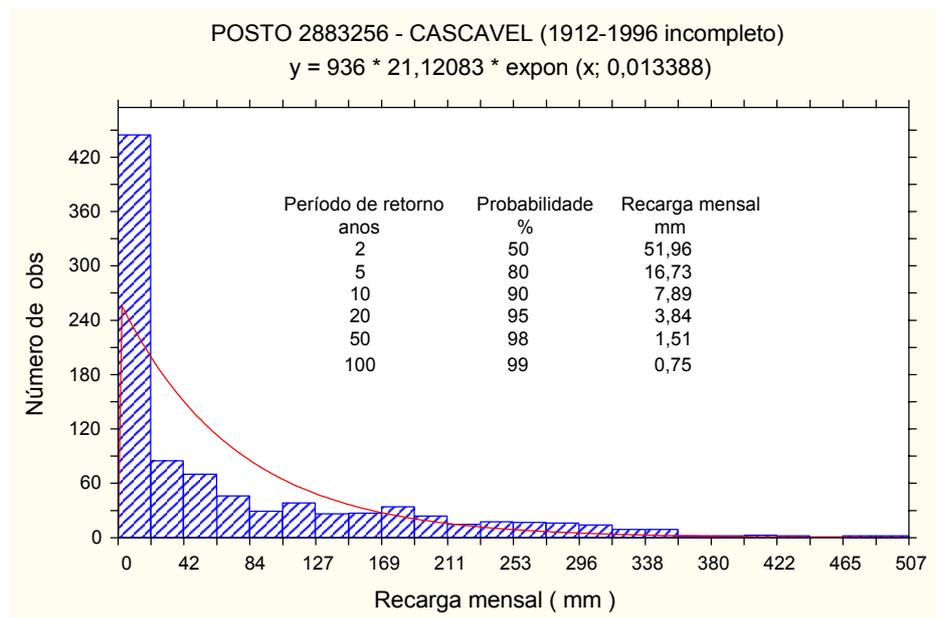
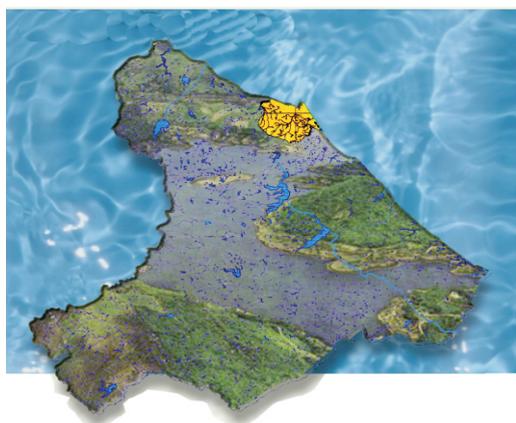


TABELA DE FREQUÊNCIA

Recarga Cascavel	Frequência		Frequência relativa		Frequência relativa acumulada	
	Absoluta	Acumulada	dos válidos	do total	dos válidos	do total
-100 < x <= 0,0	341	341	36,43162	36,4316	36,43162	36,4316
0,0 < x <= 100	330	671	35,25641	71,6880	35,25641	71,6880
100 < x <= 200	140	811	14,95726	86,6453	14,95726	86,6453
200 < x <= 300	81	892	8,65385	95,2991	8,65385	95,2991
300 < x <= 400	34	926	3,63248	98,9316	3,63248	98,9316
400 < x <= 500	9	935	0,96154	99,8932	0,96154	99,8932
500 < x <= 600	1	936	0,10684	100,0000	0,10684	100,0000
Faltando	84	1020				

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS





6 – ESTUDO DE DEMANDAS

Um estudo de demandas hídricas que necessite da projeção para diferentes horizontes se constitui em uma tarefa complexa tendo em vista o grande número de variáveis a serem consideradas, principalmente quando das estimativas do crescimento populacional.

As dificuldades de elaboração de estudos populacionais podem ser verificadas, a título de exemplificação, em dois estudos, quais sejam, o PLIRHINE – Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil (1980) e o PERH-CE – Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará (1991). Passados quase vinte anos da elaboração do PLIRHINE, observa-se que as projeções populacionais apresentavam valores bem diferentes dos dados censitários posteriormente levantados.

No caso das previsões elaboradas no contexto do PERH-CE (1991), a Tabela 6.1 apresenta, para os municípios pertencentes, parcial ou integralmente, às Bacias Metropolitanas do Estado do Ceará, a comparação entre os valores obtidos nas projeções de 1990 do PERH-CE e os valores levantados pelo IBGE no ano censitário de 1991. Analisando-se estes dados, observa-se que a população urbana foi em alguns casos superestimada e em outros subestimada, dependendo de condicionantes sócio-econômicos, particulares de cada município, inexistentes na época de elaboração do PERH-CE.

Diante de tais dificuldades, a VBA CONSULTORES, após grande esforço de pesquisa, análise de dados e discussões com as Secretarias Estaduais diretamente envolvidas, consolidou uma metodologia que alia às técnicas tradicionais de análise do crescimento populacional, avaliações extraordinárias de cenários tendenciais.

6.1 – DEMANDAS HUMANAS URBANAS

Assim, no estudo do crescimento populacional, distribuiu-se os municípios em quatro categorias, quais sejam:

- o município de Fortaleza que, por ser a área de maior concentração de atividades econômicas das bacias Metropolitanas, apresenta comportamento diferenciado dos demais, sofrendo, principalmente em períodos de longa estiagem, sérios efeitos do êxodo rural;
- os municípios de Caucaia (Praias Oeste) e São Gonçalo do Amarante, diretamente beneficiados por projetos de infra-estrutura de grande porte atualmente em implantação (PRODETUR/NE, no caso de Caucaia e a construção do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, no caso de São Gonçalo do Amarante), que certamente serão grandes incentivadores do crescimento econômico e, conseqüentemente, populacional;
- os municípios de Barreira, Cascavel, Horizonte, Itaitinga, Maranguape, Pacajus e Pacatuba, que possuem Distritos Industriais, também incentivadores do crescimento econômico e populacional; e
- os demais municípios, sem programação atual ou planejada de investimentos econômicos importantes.



Tabela 6.1 - Comparação Entre a População das Bacias Metropolitanas do Ceará, Estimadas no PERH-CE e os Dados Censitários do IBGE de 1991

Município	População Urbana (hab)		
	Estimativa PERH (1990)	Censo de 1991	Variação Percentual
Acarape	5.143	5.383	-4,46%
Aquiraz	41.471	40.772	1,71%
Aracoiaba	20.663	10.478	97,20%
Aratuba	2.841	1.510	88,15%
Barreira	2.176	3.341	-34,87%
Baturité	14.813	16.199	-8,56%
Beberibe	14.434	10.520	37,21%
Canindé	27.656	30.115	-8,17%
Capistrano	6.574	4.459	47,43%
Caridade	6.183	5.646	9,51%
Cascavel	23.849	37.093	-35,70%
Caucaia	114.752	147.601	-22,26%
Choró ¹	-	-	-
Chorozinho	10.437	4.299	142,78%
Eusébio	17.556	20.410	-13,98%
Fortaleza	1.824.971	1.768.637	3,19%
Fortim ²	-	2.525	-
Guaiúba	18.495	10.048	84,07%
Guaramiranga	326	1.572	-79,26%
Horizonte	10.518	10.786	-2,48%
Ibaretama	366	2.004	-81,74%
Itaitinga ³	-	19.772	-
Itapiúna	3.813	4.966	-23,22%
Maracanaú	96.739	156.410	-38,15%
Maranguape	67.491	51.954	29,91%
Mulungu	3.077	3.023	1,79%
Ocara	2.601	5.182	-49,81%
Pacajus	22.994	22.650	1,52%
Pacatuba	41.910	53.626	-21,85%
Pacoti	2.446	3.179	-23,06%
Palhano ⁴	-	3.513	-
Palmácia	4.244	3.725	13,93%
Paracuru	9.568	11.147	-14,17%
Pentecoste	11.089	16.591	-33,16%
Pindoretama	3.798	4.185	-9,25%
Redenção	9.987	10.718	-6,82%
São Gonçalo	12.611	17.999	-29,93%

¹ – Em 1991, distrito de Quixadá ; ² – Em 1991, distrito de Aracati; ³ – Em 1991, distrito de Pacatuba; ⁴ – Município não considerado no PERH-CE como pertencente às Bacias Metropolitanas.

6.1.1 – ANÁLISE DA EVOLUÇÃO POPULACIONAL

Neste item analisa-se a evolução da população, tanto a nível de microrregião homogênea como a nível municipal. Busca-se, assim, uma melhor compreensão do comportamento do crescimento histórico da população na zona de influência, que facilitará o desenvolvimento das projeções populacionais.



Os dados básicos utilizados para a elaboração do presente estudo de demanda para abastecimento humano foram divulgados pelo IBGE através dos censos demográficos de 1970 a 1996. A Tabela 6.2 mostra os dados para os 41 municípios total ou parcialmente pertencentes às Bacias Metropolitanas.

É importante salientar que, para evitar interpretações equivocadas das tendências populacionais nos municípios, subtraiu-se das populações censitárias de um determinado ano as populações dos distritos emancipados após este ano.

Dois foram os fatores principais considerados na análise da evolução da população: i) as taxas de evolução das populações totais, urbanas e rurais, por município e por microregião homogênea, bem como das Bacias Metropolitanas como um todo, apresentadas na Tabela 6.3 e ii) as taxas de urbanização por município e por microregião homogênea.

Através da análise da referida tabela foram identificadas, conforme sucintamente comentado a seguir, as tendências de crescimento da população, que auxiliaram na escolha das metodologias de projeção das populações municipais e na seleção da melhor entre elas.

Nos municípios pertencentes às microrregiões homogêneas de Fortaleza, devido a proximidade com a capital do Estado e, conseqüentemente maior concentração das atividades econômicas nos setores secundário e terciário, além de constar como principal centro aglutinante do fluxo populacional, o crescimento no último período inter-censitário apresentou taxas próximas de 2% ao ano, sendo que quase a totalidade da população (97%) reside atualmente em zona urbana.

Destaca-se uma involução nessa taxa de crescimento (5,59% a.a. - 1970/80; 3,76% a.a. - 1980/91; 2,41% a.a. - 1991/96). Entretanto, comparada com as taxas dos demais estados do Nordeste (levantadas no Projeto de Transposição das Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional, elaborado por esta Consultora), evidencia-se um índice superior aqueles dos demais estados para o último período intercensitário. Isto se deve, fundamentalmente, à política de desenvolvimento econômico implantada pelo Governo, atraindo um grande número de novos empreendimentos industriais para a Região Metropolitana de Fortaleza, como também nas microrregiões do Cariri, Iguatu, Baixo Jaguaribe e Quixeramobim.

Outros fatores contribuíram para o crescimento de algumas localidades, com taxas acima da tendência atual, como o desmembramento ou criação de novas sedes municipais, caso de Acarape, Barreira Choró, Chorozinho, Fortim, Horizonte, Ibareta, Ocara e Pindoretama. Merece enfoque especial o município de Beberibe com taxas menores do que zero, no último intervalo inter-censitário. Acredita-se que este fato possa ser justificado pois, embora a sede municipal tenha crescido a uma taxa de 4,15% a.a., em dois de seus distritos, quais sejam, Serra do Felix e Paripueira, houve um grande êxodo populacional em direção aos municípios vizinhos de Fortim e Palhano, que, conseqüentemente, apresentaram taxas de crescimento acima de 3,00% a.a..



Tabela 6.3 - Taxas de Evolução da População nas Bacias Metropolitanas por Município e por Microregião Homogênea

Município/ Microregião Homogênea	1970/1980			1980/1991			1991/1996		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Aquiraz	2,59%	23,17%	-10,53%	3,12%	4,30%	2,56%	2,46%	2,52%	2,03%
Caucaia	5,57%	20,69%	-7,14%	5,24%	6,57%	-1,55%	4,84%	5,04%	3,13%
Eusebio	5,73%	41,12%	-	4,87%	4,87%	-	5,92%	5,92%	-
Fortaleza	4,30%	4,68%	0,24%	2,78%	2,78%	0,43%	2,13%	2,13%	-5,58%
Guatuba	1,40%	2,90%	-13,75%	2,39%	4,22%	4,07%	-0,58%	2,59%	0,89%
Itaitinga	3,50%	64,05%	3,32%	5,91%	6,23%	18,46%	2,59%	2,84%	5,05%
Maracanau	9,21%	18,04%	0,16%	13,81%	15,88%	-2,53%	0,37%	0,39%	1,12%
Maranguape	1,94%	4,06%	-0,83%	2,75%	6,11%	-5,72%	3,13%	3,47%	0,90%
Pacatuba	3,61%	8,69%	-7,11%	3,50%	12,00%	-2,63%	2,28%	2,32%	-0,40%
Total dos Municípios da MRH Fortaleza	4,30%	5,55%	-2,11%	3,50%	3,73%	-2,63%	2,28%	2,32%	0,90%
Paracuru	-0,59%	2,39%	0,92%	2,67%	5,51%	-3,94%	1,91%	3,67%	-0,26%
São Gonçalo do Amarante	1,63%	3,64%	0,26%	2,01%	8,81%	-2,25%	2,22%	2,23%	1,08%
Total dos Municípios da MRH Baixo Curu	0,70%	3,04%	1,85%	0,33%	5,57%	-1,10%	0,72%	2,79%	1,12%
Beberibe	1,91%	2,21%	-7,62%	1,31%	2,08%	-1,16%	1,47%	2,80%	-4,59%
Cascavel	2,09%	12,52%	2,41%	2,05%	5,03%	0,77%	1,76%	3,26%	0,97%
Pindoretama	1,63%	19,77%	-2,76%	4,86%	1,76%	0,77%	1,22%	2,23%	-0,02%
Total dos Municípios da MRH Cascavel	1,97%	11,07%	-5,01%	1,29%	1,76%	6,46%	1,22%	2,23%	6,62%
Horizonte	2,94%	17,04%	0,73%	5,45%	4,81%	-1,50%	6,78%	6,89%	0,54%
Pacajus	3,47%	9,07%	-2,05%	2,44%	4,76%	-0,03%	3,12%	4,46%	-0,54%
Total dos Municípios da MRH Pacajus	3,31%	11,02%	1,91%	3,42%	4,78%	0,46%	4,52%	5,27%	2,93%
Baureia	2,10%	5,25%	2,41%	1,70%	13,83%	-0,03%	2,81%	10,71%	-0,04%
Chorozinho	4,00%	8,75%	1,29%	2,05%	0,84%	2,57%	0,69%	16,01%	-8,97%
Ocara	1,22%	0,14%	1,77%	2,71%	18,88%	0,41%	0,50%	2,23%	-0,14%
Total dos Municípios da MRH Chorozinho	2,30%	6,46%	0,14%	2,20%	8,00%	0,86%	1,26%	9,70%	-2,43%
Morada Nova	0,13%	-0,01%	0,14%	2,30%	-6,03%	-3,30%	0,51%	2,67%	-1,41%
Palhano	3,36%	8,15%	-3,03%	0,96%	5,22%	-1,37%	-0,42%	3,31%	-3,88%
Russas	-0,40%	3,53%	-1,74%	3,21%	4,85%	1,35%	2,20%	3,06%	0,95%
Total dos Municípios da MRH Baixo Jaguaribe	0,25%	4,80%	-1,54%	2,46%	5,02%	0,46%	1,15%	2,90%	-0,74%
Choró	-1,22%	2,93%	-2,03%	-0,41%	2,02%	-4,03%	-0,71%	11,10%	-0,63%
Ibaretama	-1,89%	3,29%	-0,71%	-2,63%	12,42%	-2,58%	0,96%	5,05%	-2,16%
Quixadá	1,12%	3,77%	-2,00%	0,03%	2,98%	-2,68%	0,96%	2,71%	-2,18%
Total dos Municípios da MRH Serões de Quixeramobim	0,17%	3,72%	-1,23%	-0,26%	3,23%	-2,01%	0,77%	3,15%	-1,82%
Pentecoste	-0,74%	1,66%	-2,00%	0,03%	2,57%	-2,01%	-2,32%	1,81%	-7,64%
Total dos Municípios da MRH Médio Curu	-0,74%	1,66%	-2,00%	0,03%	2,57%	-2,01%	-2,32%	1,81%	-7,64%
Aracati	0,64%	1,86%	1,72%	3,45%	5,26%	0,06%	2,22%	1,98%	2,59%
Fortim	1,90%	2,67%	0,12%	0,75%	3,56%	-0,06%	2,67%	22,97%	-1,36%
Total dos Municípios da MRH Litoral de Aracati	0,88%	1,92%	-0,49%	2,96%	5,12%	0,82%	2,29%	4,23%	-0,41%
Acarape	-0,17%	0,06%	-0,19%	0,86%	8,63%	2,70%	1,14%	3,26%	-0,70%
Aracoiaba	1,65%	2,33%	1,58%	-1,46%	3,18%	-2,03%	1,73%	3,99%	1,33%
Aratuba	0,97%	3,47%	1,16%	0,24%	2,48%	-0,79%	1,65%	3,38%	-1,14%
Capistrano	1,89%	5,54%	-1,88%	0,24%	3,55%	-2,16%	-0,07%	1,86%	-0,89%
Guaramiranga	-1,66%	0,07%	-1,01%	-0,23%	7,72%	-2,16%	0,75%	1,02%	0,64%
Itapituna	-0,44%	1,37%	-1,44%	-0,26%	3,36%	2,12%	1,93%	4,51%	0,15%
Mulungu	-1,20%	0,01%	-1,45%	0,49%	7,76%	-1,46%	0,89%	3,66%	-1,02%
Pacoti	-1,00%	2,13%	-1,85%	-0,14%	1,65%	-1,01%	1,67%	-2,10%	3,23%
Palmeira	-0,83%	2,66%	0,31%	0,75%	3,70%	1,22%	0,70%	1,07%	2,39%
Redenção	1,05%	2,34%	-0,39%	0,33%	3,94%	-1,57%	0,87%	2,17%	-0,12%
Total dos Municípios da MRH Baturité	0,31%	4,83%	0,06%	0,55%	4,10%	2,04%	1,26%	3,73%	-1,33%
Canindé	1,46%	5,87%	0,16%	0,39%	4,73%	-2,04%	2,11%	4,57%	-0,14%
Caridade	1,41%	4,98%	-0,08%	0,53%	4,20%	-1,86%	1,40%	3,86%	-1,12%
Total dos Municípios da MRH Canindé	1,41%	4,98%	-0,08%	0,53%	4,20%	-1,86%	1,40%	3,86%	-1,12%
Total das Bacias Metropolitanas	3,64%	5,59%	-2,38%	3,06%	3,76%	-1,13%	2,11%	2,41%	-0,47%



6.1.2 – PROJEÇÕES POPULACIONAIS DOS MUNICÍPIOS

6.1.2.1 – Município de Fortaleza

O município de Fortaleza têm a maioria de seus habitantes vivendo em áreas urbanas. Haja vista que é um centro de concentração de fluxo populacional e que possui uma taxa de crescimento populacional relativamente alta, sendo desconsiderada a preponderância dos métodos de projeção que buscam a estabilização da população em um determinado nível, quais sejam, os ajustes logísticos e da taxa de incremento decrescente, quando de sua projeção no RT1.

Embora a metodologia para elaboração da projeção da população de Fortaleza tenha sido criteriosamente concebida, apresentando resultados compatíveis com a análise da evolução populacional da região, os valores obtidos conflitavam com aqueles do Plano Diretor da CAGECE, realizado anteriormente e tido como documento de política de demandas hídricas pelo Governo do Estado, assim a Consultora, em acordo com a COGERH, decidiu pela adoção dos valores daquele estudo para projeção da população de Fortaleza.

Juntamente com a projeção populacional da cidade de Fortaleza, o Plano Diretor da CAGECE desenvolveu projeções para todas as cidades que à época abasteciam-se a partir do sistema Pacoti-Riachão-Gavião, quais sejam Caucaia (sem considerar praias de Icaraí, Iparana, Pacheco, Cumbuco e Tabuba), Eusébio e Maracanaú. Estes valores também foram integralmente adotados nesse Plano de Gerenciamento das Bacias Metropolitanas.

6.1.2.2 – Municípios de Caucaia (Praias Oeste) e São Gonçalo do Amarante

Os municípios de Caucaia (Praias Oeste) e São Gonçalo do Amarante, no Estado do Ceará, estão sendo beneficiados por projetos de infra-estrutura de grande porte: PRODETUR/NE, no caso de Caucaia e o Complexo Industrial e Portuário do Pecém, no caso de São Gonçalo do Amarante. Tendo em vista que tais projetos certamente serão incentivadores de crescimento econômico e, conseqüentemente, populacional, utilizou-se um método misto de projeção populacional que pode ser assim descrito.

Para as áreas urbanas dos dois municípios diretamente beneficiadas (Iparana, Pacheco, Icaraí, Tabuba, e Cumbuco em Caucaia e Pecém e Taíba em São Gonçalo do Amarante), fez-se a projeção através da avaliação de cenários quinquenais de população, supondo-se a saturação da região, com densidade demográfica de 80 hab/ha, em 20 anos (2018). Para as demais áreas urbanas, fez-se a projeção pelos métodos tradicionais.

Destaca-se que o restante da população do município de Caucaia foi projetada integradamente com a população de Fortaleza, apresentada anteriormente.



6.1.2.3 – Municípios de Barreira, Cascavel, Horizonte, Itaitinga, Maranguape, Pacajus e Pacatuba

A expansão do parque industrial do Ceará é uma das principais ações do Governo do Estado. Tal expansão gera crescimento da economia da região e, conseqüentemente, aumento da população, em especial daquela localizada em centros urbanos próximos aos Distritos Industriais. Os municípios das Bacias Metropolitanas que possuem D.I. são Barreira, Cascavel, Horizonte, Itaitinga, Maranguape, Pacajus e Pacatuba. Este item apresenta a projeção populacional urbana destes municípios. O município de Maracanaú que abriga o maior parque industrial do estado teve a sua população projetada conjuntamente com o município de Fortaleza.

As populações urbanas para diferentes horizontes foram obtidas por um método que alia às técnicas tradicionais, cenários de crescimento populacional em função do número de novos empregos gerados nos D.I's. Para estimar a população a partir do número de empregos, considerou-se duas premissas básicas julgadas representativas da região em estudo:

- apenas 30% dos novos empregos são absorvidos pela população local (projetada pelos métodos tradicionais) enquanto os outros 70% são absorvidos por populações de outras regiões atraídas pelas ofertas de emprego; e
- para cada novo emprego considera-se uma família composta por cinco pessoas.

A população urbana projetada em um determinado ano é, portanto, igual a:

$$P_t = P_t^{Tradicional} + 0,70.5.NE_t$$

onde P_t é a população no ano t , $P_t^{Tradicional}$ é a população obtida pelo método tradicional de melhor ajuste no ano t e NE_t é o número de novos empregos no ano t .

Essa metodologia advém do fato inconteste que essas cidades onde se pretende implantar distritos industriais não dispõem de mão-de-obra qualificada em quantidade suficiente para suprir a instalação de indústrias modernas, conduzindo a inevitável importação de mão de obra.

Os percentuais adotados para absorção de mão-de-obra local e exógena em relação ao número de empregos totais gerados nos DIs reflete uma estimativa razoável, não influenciando de maneira significativa no atingimento dos objetivos desse estudo uma proporção real alterada de uma pequena parcela em relação aos valores adotados, como provavelmente o é.

O número de empregos em um determinado ano foi obtido pela projeção geométrica do valor atual utilizando-se como taxa de crescimento a da população urbana das Bacias Metropolitanas como um todo para o último intervalo censitário (1991/96) igual a 2,41% ao ano. Ressalte-se, entretanto, que após atingida a ocupação máxima (saturação), 100%, de determinado D.I, considerou-se não mais haver geração de emprego industrial neste D.I..



6.1.2.4 – Demais Municípios

Os demais municípios pertencentes total ou parcialmente às Bacias Metropolitanas não possuem programação atual nem planejada de investimentos econômicos de grande porte. Tal fato leva a crer que o crescimento destes municípios deve seguir as metodologias tradicionais de projeção, em especial aquelas que buscam a estabilização da população em um determinado nível como os métodos logístico e da taxa de incremento decrescente.

Por conseguinte, a projeção da população foi elaborada a partir da seguinte metodologia. Para a população urbana, os ajustes dos métodos logístico e da taxa de incremento decrescente foram comparados, escolhendo-se como resultado o mais representativo do crescimento de cada município. Quando não foi possível obter bons ajustes para estes métodos avaliou-se todos os demais métodos (geométrico, ajuste linear, ajuste polinomial, ajuste exponencial e ajuste logarítmico), escolhendo-se o melhor entre eles.

O resumo das projeções das populações dos municípios das Bacias Metropolitanas é realizada na Tabela 6.4.

6.1.3 – CONSUMO PER CAPITA

Historicamente, a adoção de valores para o consumo per capita seguiu um paradigma, sem haver uma aferição correlacionada com os hábitos e cultura de utilização da água. Mais recentemente, com a introdução de requisitos mais rigorosos relacionados com a identificação deste parâmetro, exigidos pelos agentes internacionais de financiamento, mais notadamente evidenciados no âmbito do Programa de Modernização do Setor de Saneamento - PMSS e do Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste - PRODETUR/NE, as Consultoras passaram a estudar o per capita, a partir dos dados operacionais das Concessionárias e através de métodos empíricos, onde o consumo é estimado com o auxílio de funções de demanda.

Com relação aos padrões de demanda, sabe-se que existe uma grande variação entre os maiores e os menores centros urbanos, fato comprovado pela correlação positiva entre as taxas per capita e o tamanho das cidades. Estudos anteriores relativos aos coeficientes de demanda aplicáveis às áreas urbanas, especialmente para o abastecimento humano das cidades, notadamente os realizados pelo Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil - PLIRHINE, utilizaram o critério de estratificação baseada nos tamanhos da cidade, cujos valores sugeridos evoluem progressivamente até o ano 2000. Contudo, neste mesmo estudo, as projeções realizadas consideravam, entre outros aspectos, o maior índice de pequenas indústrias dispersas no meio urbano. Entretanto, no presente trabalho, esses coeficientes não foram aplicados, em virtude da demanda industrial ser estudada separadamente.

O desenvolvimento dos projetos supervisionados por aqueles Programas partiram de estudos de consumo, baseados nos seguintes métodos:



Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas



Tabela 6.4 - Resumo da Projeção Populacional dos Municípios das Bacias Metropolitanas

Município	População (habitantes)														
	2000			Tx. de cresc. médio (2.000 a 2.010)			2010			Tx. de cresc. médio (2.010 a 2.020)			2020		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Fortaleza, Eusébio, Maracanaú, Caucaia ¹	2.620.015	2.620.015	0	2,72%	2,72%	-	3.424.979	3.424.979	0	1,99%	1,99%	-	4.172.169	4.172.169	0
Acarape	11.629	7.010	4.619	1,67%	2,70%	-0,12%	13.717	9.154	4.564	1,71%	2,52%	-0,12%	16.254	11.745	4.509
Aquiraz	60.082	50.478	9.605	1,29%	1,23%	1,58%	68.291	57.054	11.238	0,64%	0,55%	1,11%	72.823	60.272	12.552
Aracati	1.212	0	1.212	1,40%	-	1,40%	1.394	0	1.394	0,15%	-	0,15%	1.415	0	1.415
Aracoiaba	24.941	11.481	13.460	0,93%	1,14%	0,75%	27.363	12.859	14.504	0,63%	1,14%	0,15%	29.125	14.402	14.723
Aratuba	7.604	2.103	5.501	1,56%	3,42%	0,76%	8.874	2.943	5.931	1,22%	3,10%	0,15%	10.016	3.995	6.022
Barreira	18.622	7.355	11.267	0,92%	3,32%	-0,99%	20.404	10.200	10.203	-0,47%	0,87%	-1,98%	19.473	11.121	8.352
Baturité	31.598	21.311	10.287	1,84%	2,67%	-0,12%	37.903	27.738	10.165	1,92%	2,58%	-0,12%	45.833	35.790	10.043
Beberibe	39.557	10.638	28.919	0,68%	0,72%	0,67%	42.341	11.429	30.912	0,34%	0,72%	0,19%	43.795	12.279	31.516
Caniúde	5.460	198	5.262	-1,01%	1,47%	-1,12%	4.931	229	4.702	-0,99%	1,43%	-1,12%	4.465	264	4.201
Capistrano	15.798	5.235	10.563	0,23%	0,89%	-0,12%	16.158	5.721	10.437	0,06%	0,39%	-0,12%	16.258	5.945	10.312
Caridade	93	0	93	-0,53%	-	-0,53%	88	0	88	-0,94%	-	-0,94%	80	0	80
Cascavel	57.397	50.092	7.305	2,28%	2,63%	-0,47%	71.932	64.963	6.969	1,85%	2,07%	-0,47%	86.390	79.741	6.648
Caucaia ²	53.780	53.780	0	9,36%	9,36%	-	131.550	131.550	0	2,17%	2,17%	-	163.000	163.000	0
Choró	17.718	8.864	8.854	-0,62%	-0,16%	-1,10%	16.653	8.727	7.926	-0,44%	0,51%	-1,60%	15.927	9.180	6.747
Chorozinho	14.725	8.383	6.342	0,59%	2,43%	-2,43%	15.619	10.660	4.959	0,73%	1,94%	-2,43%	16.793	12.915	3.878
Fortim	4.833	1.010	3.824	0,24%	2,41%	-0,41%	4.951	1.281	3.670	0,39%	2,41%	-0,41%	5.148	1.626	3.522
Guaiúba	18.363	12.518	5.846	1,19%	1,33%	0,90%	20.674	14.281	6.394	0,71%	0,62%	0,90%	22.189	15.196	6.993
Guaramiranga	4.393	1.720	2.673	0,28%	0,18%	0,34%	4.515	1.750	2.765	0,02%	0,02%	0,02%	4.525	1.754	2.771
Horizonte	29.983	17.385	12.598	4,27%	3,99%	4,64%	45.529	25.707	19.822	2,43%	1,75%	3,27%	57.909	30.571	27.338
Ibaretama	10.718	3.012	7.706	-0,95%	1,02%	-1,82%	9.747	3.334	6.413	-1,10%	0,17%	-1,82%	8.728	3.392	5.337
Itatinga	28.440	25.192	3.248	1,00%	1,09%	0,25%	31.416	28.086	3.330	0,36%	0,39%	0,05%	32.553	29.205	3.348
Itaipuina	14.274	6.286	7.988	0,82%	1,73%	0,04%	15.482	7.460	8.022	0,69%	1,46%	-0,07%	16.589	8.622	7.967
Maranguape	85.504	67.272	18.232	1,81%	2,02%	1,03%	102.338	82.133	20.205	1,22%	1,28%	0,94%	115.503	93.313	22.189
Morada Nova	12.343	4.755	7.588	-0,19%	0,64%	-0,74%	12.113	5.068	7.045	-0,35%	0,18%	-0,74%	11.700	5.159	6.541
Mulungu	7.426	4.094	3.332	0,61%	1,18%	-0,12%	7.894	4.601	3.292	0,14%	0,33%	-0,12%	8.006	4.753	3.253
Ocara	20.591	6.267	14.324	-0,67%	0,14%	-1,05%	19.251	6.358	12.893	-1,30%	0,01%	-2,00%	16.896	6.362	10.534
Pacajus	40.755	32.017	8.738	2,09%	2,70%	-0,47%	50.122	41.786	8.336	1,10%	1,39%	-0,47%	55.914	47.962	7.952
Pacatuba	59.203	55.808	3.395	2,57%	2,73%	-0,40%	76.320	73.058	3.262	2,03%	2,12%	-0,40%	93.272	90.139	3.134
Pacoti	11.624	3.255	8.369	1,76%	1,38%	1,90%	13.839	3.734	10.105	0,70%	1,20%	0,51%	14.837	4.207	10.630
Palhano	1.432	0	1.432	-0,74%	-	-0,74%	1.329	0	1.329	-0,74%	-	-0,74%	1.234	0	1.234
Palmácia	9.923	3.903	6.020	0,01%	0,22%	-0,12%	9.936	3.988	5.948	-0,04%	0,07%	-0,12%	9.894	4.017	5.877
Pentecoste	2.646	18	2.628	-0,45%	2,03%	-0,47%	2.529	22	2.507	-0,45%	1,68%	-0,47%	2.418	26	2.392
Pindorelândia	14.844	5.874	8.969	0,93%	1,45%	0,58%	16.289	6.787	9.502	0,64%	1,26%	0,17%	17.355	7.695	9.660
Quixadá	7.170	2.002	5.168	-0,70%	1,76%	-1,82%	6.684	2.383	4.301	-0,61%	1,28%	-1,82%	6.286	2.707	3.579
Redenção	22.414	11.798	10.616	0,52%	1,07%	-0,12%	23.614	13.125	10.489	0,56%	1,07%	-0,12%	24.966	14.602	10.364
Russas	1.048	0	1.048	0,67%	-	0,67%	1.120	0	1.120	0,45%	-	0,45%	1.172	0	1.172
São G. do Amarante	31.805	23.413	8.392	6,98%	8,40%	1,77%	62.447	52.449	9.998	3,25%	3,59%	1,30%	86.012	74.636	11.376
Total	3.419.962	3.144.540	275.422	2,65%	2,83%	0,33%	4.440.335	4.155.597	284.739	1,84%	1,95%	0,12%	5.326.923	5.038.763	288.160

Observações:

- 1 - Em verde, valores fornecidos pela CAGECE para as demandas atendidas pelo sistema Gavião
- Em vermelho Caucaia praias (PRODETUR) e área de influência do Porto do Pecém
- Em azul, sedes de DIs



- um primeiro, mais direto, subsidiado nos dados do consumo micromedido, ou consumo observado. A VBA CONSULTORES desenvolveu, no período de 1996/97, no âmbito do PMSS – Programa de Modernização do Setor de Saneamento, contratado pela Secretaria de Política Urbana – SEPURB do Ministério do Planejamento e Orçamento - MPO, um estudo de avaliação do consumo per capita em sete cidades, incluindo a capital Fortaleza e mais seis cidades do interior do Estado do Ceará e também para Caruaru, no interior do Estado do Pernambuco, considerando a ponderação dos consumos micromedidos, relativos a três distintas classes sociais. Para o desenvolvimento daquele trabalho foi adotada a distribuição do perfil sócio-econômico segundo a aplicação de atributos físicos, normatizada pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE e pela Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA, que forneceram todos os dados relativos à divisão de bairros, nº de economias por bairro, distribuição destas economias segundo os padrões baixo, médio e alto, e os seus respectivos consumos médios mensais, num período de doze meses. Os resultados deste estudo em relação ao per capita líquido, ou seja sem se considerar as perdas, apresentaram os seguintes valores: **Fortaleza** - foram estudados treze setores de distribuição, cuja média ponderada dos consumos fez um valor de **148,61 l/hab x dia** - (1.Aldeota - pop. = 142.810 hab; consumo = 214 l/hab x dia; 2.Mucuripe - pop. = 137.229 hab; consumo = 214 l/hab x dia; 3.Benfica - pop. = 60.897 hab; consumo = 226 l/hab x dia; 4.Cocorote - pop. = 56.823 hab; consumo = 163 l/hab x dia; 5.Água Fria - pop. = 113.886 hab; consumo = 147 l/hab x dia; 6.Expedicionários - pop. = 106.908 hab; consumo = 156 l/hab x dia; 7.Floresta - pop. = 435.020 hab; consumo = 128 l/hab x dia; 8.Vila Brasil - pop. = 180.207 hab; consumo = 136 l/hab x dia; 9.Pici - pop. = 200.825 hab; consumo = 140 l/hab x dia; 10.Conj. Ceará - pop. = 198.576 hab; consumo = 116 l/hab x dia; 11.Messejana - pop. = 164.337 hab; consumo = 132 l/hab x dia; 12.Mondubim - pop. = 109.924 hab; consumo = 131 l/hab x dia; 13.Castelão - pop. = 51.485 hab; consumo = 142 l/hab x dia); **Quixadá** (pop. = 38.029 hab.; consumo = 124,48 l/hab x dia); **Cratêus** (pop. = 39.936 hab.; consumo = 116,67 l/hab x dia); **Maracanau** (pop. = 147.191 hab.; consumo = 111,09 l/hab x dia); **Maranguape** (pop. = 37.085 hab.; consumo = 109,35 l/hab x dia); **Aracati** (pop. = 32.592 hab.; consumo = 106,32 l/hab x dia); **Cascavel** (pop. = 26.755 hab.; consumo = 103,70 l/hab x dia) e **Caruaru** (pop. = 201.077 hab.; consumo = 129,26 l/hab x dia). Este método, contudo, pode ser criticado no que se refere ao argumento de que a micromedição expressa o que é consumido, dadas as condições físicas do sistema existente, e não aquilo que realmente os usuários gostariam de consumir, ou seja, pode haver uma deficiência no sistema de forma que ele não ofereça água suficiente para atender a demanda, seja no aspecto quantitativo, seja no aspecto qualitativo.
- um segundo método para estabelecer o nível de consumo per capita consistiu em extrapolar, para a comunidade em estudo, o consumo observado para uma localidade semelhante. A aplicação deste critério ocorreu no desenvolvimento de alguns projetos em localidades onde não havia nenhuma forma de medição dos volumes produzidos e distribuídos.
- o terceiro método, adotado para diversas localidades contempladas pelo PRODETUR, em todo o nordeste brasileiro, baseou-se na estimativa do consumo per capita com auxílio de funções de demanda. Reconhecendo as



vantagens deste método, e também as restrições a que estão submetidos aqueles citados anteriormente, o Banco do Nordeste contratou os serviços de consultoria para desenvolver o ajuste de funções de demanda para o nordeste. O primeiro estudo foi realizado em 1994, no qual o consumo era estimado através da seguinte função de demanda:

$$Q = B_0 \times P^{B_1} \times Y^{B_2} \times N^{B_3}$$

Onde:

Q = demanda de água mensal por família (m³/família x mês);

P = preço da água (R\$/m³);

Y = renda familiar (R\$);

N = número de pessoas na família;

B = coeficientes de regressão.

A função estimada tinha os seguintes valores para os coeficientes e respectivos valores do teste t :

$$B_0 = 1$$

$$B_1 = -0,3448 \text{ (t = -13,610)}$$

$$B_2 = 0,3238 \text{ (t = 19,003)}$$

$$B_3 = 0,5125 \text{ (t = 8,976)}$$

Mais recentemente, em 1997, foi desenvolvido um segundo estudo, de forma mais abrangente e detalhado, no qual são sugeridas duas funções de demanda para o nordeste brasileiro, conforme está apresentado a seguir.

a) Nordeste fora do semi-árido

$$\text{Ln } Q = 0,49071 - 0,55021 \text{ Ln } P + 0,23881 \text{ Ln } Y + 0,0803 \text{ N}^\circ \text{ de cômodos} \\ + 0,01789 \text{ Tempo de residência} + 0,2691 \text{ Dumesg}$$

b) Nordeste semi-árido

$$\text{Ln } Q = 0,49071 - 0,55021 \text{ Ln } P + 0,210571 \text{ Ln } Y + 0,0803 \text{ N}^\circ \text{ de cômodos} \\ + 0,01789 \text{ Tempo de residência} + 0,2691 \text{ Dumesg}$$

Onde:

Q = demanda de água mensal por família (m³/família x mês);

P = preço da água (R\$/m³);

Y = renda familiar mensal (R\$/família x mês);

Nº de cômodos = número de cômodos existentes na residência;

Tempo de residência = tempo desde que a família passou a residir no domicílio (anos);

Dumesg = variável “dummy” que equivale a “1” se o domicílio estiver conectado a um sistema público de esgoto, e a “0” em caso contrário.

Com base nestas funções, várias consultoras desenvolveram estudos de abastecimento humano para diversas comunidades do nordeste brasileiro. Especificamente



para as bacias Metropolitanas do Estado do Ceará, foram desenvolvidos estudos, pela VBA Consultores, para as comunidades de Pecém, São Gonçalo do Amarante e Lagoinha, conforme contrato com a CAGECE no âmbito do Programa de Desenvolvimento de Turismo do Nordeste – PRODETUR/NE. Os resultados destes estudos em relação ao per capita líquido, ou seja sem se considerar as perdas, apresentaram os seguintes valores: Pecém (pop. = 4.022 hab.; consumo = 103,21 l/hab x dia); S. G. Amarante (pop. = 5.289 hab.; consumo = 103,57 l/hab x dia); Lagoinha (pop. = 1.538 hab.; consumo = 95,38 l/hab x dia) e Barrento (pop. = 562 hab.; consumo = 93,86 l/hab x dia).

Considerando-se os resultados destes estudos, o que consolida a adoção de um grupo de consumos per capita mais específicos para a realidade das comunidades pertencentes às bacias Metropolitanas, e atribuindo-se um consumo per capita líquido de 150 l/habitante x dia, para as cidades com mais de 100.000 habitantes, baseando-se no trabalho desenvolvido para a cidade de Fortaleza, apresenta-se, a seguir, os consumos per capita líquidos a serem utilizados neste estudo de demandas.

- Comunidades com menos de 5.000 habitantes = 95 l/hab. x dia;
- Comunidades com pop. entre 5.000 e 20.000 hab. = 103 l/hab. x dia;
- Comunidades com pop. entre 20.000 e 100.000 hab. = 112 l/hab. x dia;
- Comunidades com pop. acima de 100.000 hab. = 150 l/hab. x dia.

No entanto, baseado em análises de informações sobre perdas d'água, verifica-se que a performance das administradoras públicas não alcança índices de eficiência operacional compatíveis com o conceito da água como um bem econômico. Isto é retratado nos elevados índices de perdas para o Ceará (34,7%), ainda assim um dos menores do Nordeste Brasileiro, resultado de um programa de modernização, iniciado em janeiro de 1995, quando tal índice representava um montante de 43,8%. Diante do exposto, evidencia-se que é imprescindível a implantação de programas de redução destas perdas para que a produção e a distribuição de água passem a proporcionar um retorno econômico no financiamento da implantação de novos sistemas ou da ampliação daqueles existentes.

Assim, aplicando-se estes índices de perdas atuais sobre aqueles valores líquidos dos consumos per capita, apresentados anteriormente, tem-se a seguir, demonstrando os atuais valores brutos da demanda por habitante:

Dimensão da Comunidade (hab)	Consumo Per Capita Líquido (l/hab. x dia)	Consumo Per Capita Bruto (l/hab. x dia)
pop ≤ 5.000	95	145
5.000 < pop ≤ 20.000	103	158
20.000 < pop ≤ 100.000	112	172
pop ≥ 100.000	150	230

6.1.4 – ESTIMATIVA DAS DEMANDAS

A demanda humana foi calculada, para os cenários os diversos horizontes, baseando-se nos consumos per capita, apresentados anteriormente, bem como na população dos municípios, projetadas a partir dos dados censitários do IBGE de 1996, segundo a metodologia descrita no item 6.1.2 (métodos de projeção ajustado a cada caso e a taxa de crescimento da microrregião geográfica, no período de 1991/96).



Para o caso específico da RMF foram adotados, como no caso da projeção populacional, por decisão da COGERH, os valores de demanda constantes no Plano Diretor da CAGECE, uma vez que o citado Plano constitui-se do documento oficial da política de abastecimento do Governo do Estado. Dentro deste contexto se enquadram as demandas urbanas dos municípios de Fortaleza, Eusébio, Maracanaú e Caucaia, excluída a região das praias de Iparana ao Cumbuco.

As séries de demandas humanas urbanas para os municípios da RMF e o Complexo Portuário do Pecém são apresentadas na Tabela 6.5. Já as demandas humanas urbanas dos demais municípios das Bacias Metropolitanas, apresentadas de forma detalhada por sede municipal e distritos, estão constantes na Tabela 6.6.

À época da edição final do presente relatório veio à tona relatório da Diretoria de Tecnologia e Desenvolvimento (DTD) da CAGECE cujo objeto são as demandas humanas para todos os municípios do estado, obviamente inclusos aqueles das Bacias Metropolitanas cabendo, desde já, apontar e comentar sucintamente as diferenças entre ambos os documentos.

As projeções de população no relatório da CAGECE foram realizadas pelo tradicional método geométrico, considerando para Fortaleza taxas de 2,13% a.a. e 2,00% respectivamente para os períodos de 2.000 a 2.010 (2,72% e 1,99% no presente relatório). Para os demais municípios das Bacias Metropolitanas, por sua vez, utilizou-se as taxas do IBGE/IPLANCE, com exceção dos casos em que as mesmas eram inferiores a 2%, quando se adotou esse valor como limite. Para o horizonte 2.020 o número de habitantes das cidades atendidas pela ETA Gavião – Fortaleza, Caucaia, Eusébio e Maracanaú - 4.061.892 e 4.172.169, respectivamente para o relatório da CAGECE e o PGAM, apontam a proximidade entre as projeções realizadas nos dois relatórios.

As taxas “per capita” de consumo no relatório da CAGECE foram arbitradas em 250 l/dia/hab para Fortaleza, 150 l/dia/hab para as demais sedes municipais das Bacias Metropolitanas e 120 l/dia/hab para as sedes distritais. Resultam para Fortaleza e demais cidades atendidas pela ETA Gavião demandas humanas, segundo o relatório da CAGECE, de 8,730 m³/s, para o ano 2.010, e 10,766 m³/s, para o ano 2.020, enquanto no presente relatório os valores são de 7,151 m³/s, ano 2.010, e 9,214 m³/s, ano 2.020.

Pode-se concluir que, apesar das diferenças de demandas obtidas, para o objetivo de planejamento desse PGAM os resultados estão plenamente justificados, sendo as diferenças entre esse documento e o relatório da CAGECE oriundas da metodologia e coeficientes particulares a cada um dos trabalhos, não invalidando de forma alguma os resultados do PGAM aqueles obtidos no documento da CAGECE.

6.2 – DEMANDAS HUMANAS RURAIS

6.2.1 – ANÁLISE DA EVOLUÇÃO POPULACIONAL

Através da Tabela 6.3 foram identificadas as tendências da população rural nas Bacias Metropolitanas, tendências estas que auxiliaram na escolha das metodologias de projeção das populações rurais municipais e na seleção da melhor entre elas.



Tabela 6.5 - Séries de Demandas Humanas dos Municípios da RMF e do Complexo Portuário do Pecém

Ano	Fortaleza, Maracanaú, Eusébio e Caucaia sem praias	Caucaia (praias)	Complexo Portuário, São Gonçalo e Pecém	Chorozinho	Horizonte	Itaitinga	Maranguape	Pacajus	Pacatuba	Cascavel
2000	5.953	0,093	0,040	0,015	0,032	0,043	0,116	0,064	0,111	0,100
2001	5.929	0,095	0,044	0,016	0,033	0,044	0,118	0,065	0,114	0,102
2002	5.916	0,096	0,047	0,016	0,034	0,044	0,121	0,067	0,117	0,105
2003	5.913	0,098	0,051	0,017	0,036	0,045	0,123	0,069	0,120	0,108
2004	5.918	0,104	0,056	0,017	0,040	0,045	0,126	0,071	0,124	0,111
2005	6.114	0,135	0,060	0,016	0,039	0,046	0,128	0,068	0,118	0,106
2006	6.302	0,207	0,066	0,017	0,041	0,046	0,131	0,070	0,121	0,108
2007	6.502	0,225	0,071	0,017	0,042	0,047	0,133	0,071	0,125	0,111
2008	6.706	0,242	0,077	0,017	0,044	0,047	0,136	0,073	0,128	0,114
2009	6.923	0,246	0,083	0,018	0,046	0,048	0,139	0,075	0,132	0,117
2010	7.151	0,305	0,090	0,017	0,044	0,048	0,142	0,072	0,126	0,112
2011	7.386	0,314	0,094	0,017	0,045	0,049	0,143	0,073	0,129	0,114
2012	7.629	0,323	0,097	0,018	0,046	0,049	0,145	0,074	0,131	0,117
2013	7.889	0,333	0,101	0,018	0,047	0,049	0,147	0,075	0,134	0,119
2014	8.159	0,342	0,104	0,018	0,048	0,049	0,149	0,076	0,137	0,122
2015	8.474	0,351	0,108	0,019	0,048	0,049	0,151	0,077	0,140	0,124
2016	8.644	0,360	0,112	0,019	0,049	0,050	0,153	0,078	0,143	0,127
2017	8.803	0,368	0,116	0,019	0,050	0,050	0,155	0,079	0,146	0,129
2018	8.951	0,377	0,120	0,020	0,051	0,050	0,157	0,080	0,149	0,132
2019	9.088	0,377	0,124	0,020	0,052	0,050	0,159	0,082	0,152	0,135
2020	9.214	0,377	0,129	0,020	0,053	0,050	0,161	0,083	0,155	0,138
2021	9.329	0,377	0,133	0,021	0,054	0,051	0,163	0,084	0,159	0,140
2022	9.435	0,377	0,138	0,021	0,055	0,051	0,165	0,085	0,162	0,143
2023	9.531	0,377	0,143	0,022	0,056	0,051	0,167	0,086	0,166	0,146
2024	9.618	0,377	0,148	0,022	0,057	0,051	0,169	0,087	0,169	0,149
2025	9.696	0,377	0,154	0,022	0,057	0,051	0,172	0,089	0,232	0,152
2026	9.765	0,377	0,159	0,023	0,058	0,052	0,233	0,090	0,237	0,156
2027	9.827	0,377	0,165	0,023	0,060	0,052	0,236	0,091	0,242	0,159
2028	9.882	0,377	0,171	0,023	0,061	0,052	0,239	0,092	0,247	0,162
2029	9.929	0,377	0,237	0,024	0,062	0,052	0,242	0,094	0,252	0,165
2030	9.969	0,377	0,246	0,024	0,063	0,052	0,245	0,095	0,257	0,169



Tabela 6.6 - Demanda Hídrica para Consumo Humano Urbano dos Municípios

Município	Sede e Distritos	Demanda Humana Urbana (l/s)			
		População	1996	2000	2010
Acarape		6.321	12,8	14,5	18,6
Aquiraz		46.164	100,5	99,1	104,6
	Aquiraz	19.439	42,3	41,7	44,0
	Camará	7.318	15,9	15,7	16,6
	Caponga da Bernada	1.002	2,2	2,2	2,3
	Jacaúna	5.300	11,5	11,4	12,0
	Justiniano de Serpa	4.502	9,8	9,7	10,2
	Patacas	3.136	6,8	6,7	7,1
	Tapera	5.467	11,9	11,7	12,4
Aracoiaba		10.972	21,0	20,4	22,8
	Aracoiaba	6.377	12,2	11,9	13,3
	Ideal	927	1,8	1,7	1,9
	Jaguarão	544	1,0	1,0	1,1
	Jenipapeiro	250	0,5	0,5	0,5
	Lagoa de São João	403	0,8	0,7	0,8
	Milton Belo	541	1,0	1,0	1,1
	Pedra Branca	333	0,6	0,6	0,7
	Plácido Martins	294	0,6	0,5	0,6
Vazantes	1.303	2,5	2,4	2,7	
Aratuba		1.836	3,5	4,3	5,9
Barreira		5.556	13,5	16,2	17,6
	Barreira	4.357	10,6	12,7	13,8
	Córrego	855	2,1	2,5	2,7
	Lagoa do Barro	112	0,3	0,3	0,4
	Lagoa Grande	232	0,6	0,7	0,7
Baturité		19.130	42,4	48,2	62,1
	Baturité	18.187	40,3	45,8	59,0
	Boa Vista	308	0,7	0,8	1,0
	São Sebastião	635	1,4	1,6	2,1
Beberibe		10.350	19,5	18,1	19,5
	Beberibe	4.686	8,8	8,2	8,8
	Itapeim	300	0,6	0,5	0,6
	Parajuru	2.991	5,6	5,2	5,6
	Paripueira	695	1,3	1,2	1,3
	Serra do Félix	995	1,9	1,7	1,9
	Sucatinga	683	1,3	1,2	1,3
Canindé		187	0,3	0,3	0,4
	Esperança	57	0,1	0,1	0,1
	Targinos	130	0,2	0,2	0,3
Capistrano		4.890	9,6	9,1	9,4
Cascavel		42.578	99,7	112,8	138,4
	Cascavel	26.773	62,7	70,9	87,0
	Caponga	8.780	20,6	23,3	28,5
	Cristais	388	0,9	1,0	1,3
	Guanacés	2.151	5,0	5,7	7,0
	Jacarecoara	3.974	9,3	10,5	12,9
	Pitombeiras	512	1,2	1,4	1,7
Choró		2.319	16,2	13,8	14,6
	Choró	1.803	12,6	10,7	11,4
	Barbada	33	0,2	0,2	0,2
	Caiçarinha	56	0,4	0,3	0,4
	Maravilha	237	1,7	1,4	1,5
	Monte Castelo	190	1,3	1,1	1,2



Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas



Município	Sede e Distritos	População				Demanda Humanda Urbana (l/s)				
		1996	2000	2010	2020	1996	2000	2010	2020	
Chorozinho		9.033	15,3	16,9	20,5					
	Chorozinho	5.481	9,3	10,3	12,4					
	Campestre	254	0,4	0,5	0,6					
	Cedro	671	1,1	1,3	1,5					
	Patos dos Liberatos	240	0,4	0,4	0,5					
	Timbaúba dos Marinheiros	1.014	1,7	1,9	2,3					
	Triângulo	1.373	2,3	2,6	3,1					
Fortim		918	1,7	1,9	2,4					
	Campestre	392	0,7	0,8	1,0					
	Guajiru	526	1,0	1,1	1,4					
Guaiúba		11.420	22,9	22,6	24,1					
	Guaiúba	7.697	15,4	15,2	16,2					
	Água Verde	2.856	5,7	5,7	6,0					
	Itacima	867	1,7	1,7	1,8					
Guaramiranga		1.654	2,9	2,6	2,6					
	Guaramiranga	859	1,5	1,4	1,4					
	Pernambquinho	795	1,4	1,2	1,2					
Horizonte		15.051	31,8	44,6	53,1					
	Horizonte	13.465	28,4	39,9	47,5					
	Aningas	68	0,1	0,2	0,2					
	Dourados	1.045	2,2	3,1	3,7					
	Queimados	473	1,0	1,4	1,7					
Ibaretama		2.564	5,1	4,9	5,0					
	Ibaretama	1.317	2,6	2,5	2,6					
	Nova Vida	193	0,4	0,4	0,4					
	Oiticica	418	0,8	0,8	0,8					
	Pirangi	636	1,3	1,2	1,2					
Itaitinga		22.747	50,2	48,8	50,7					
	Itaitinga	13.203	29,1	28,3	29,4					
	Gereraú	9.544	21,1	20,5	21,3					
Itapiúna		6.191	11,5	11,8	13,7					
	Itapiúna	3.073	5,7	5,9	6,8					
	Caio Prado	1.449	2,7	2,8	3,2					
	Itans	531	1,0	1,0	1,2					
	Palmatória	1.138	2,1	2,2	2,5					
Maranguape		61.183	133,9	142,6	162,0					
	Maranguape	39.505	86,5	92,1	104,6					
	Amanari	2.827	6,2	6,6	7,5					
	Antônio Marques	262	0,6	0,6	0,7					
	Cachoeira	446	1,0	1,0	1,2					
	Itapebussu	3.544	7,8	8,3	9,4					
	Jubaia	1.483	3,2	3,5	3,9					
	Ladeira Grande	320	0,7	0,7	0,8					
	Lages	1.066	2,3	2,5	2,8					
	Lagoa do Juvenal	1.217	2,7	2,8	3,2					
	Manoel Guedes	942	2,1	2,2	2,5					
	Papara	607	1,3	1,4	1,6					
	Penedo	916	2,0	2,1	2,4					
	São João do Amanari	1.829	4,0	4,3	4,8					
	Sapupara	4.963	10,9	11,6	13,1					
	Tanques	577	1,3	1,3	1,5					
	Umarizeiras	617	1,4	1,4	1,6					
	Vertentes do Lagedo	62	0,1	0,1	0,2					
	Morada Nova		4.431	8,0	8,0	8,2				
		Aruaru	4.026	7,3	7,3	7,5				
Boa Água		405	0,7	0,7	0,7					



Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas



Município	Sede e Distritos	População	Demanda Humana Urbana (l/s)		
		1996	2000	2010	2020
Mulungu		3.618	6,9	6,8	7,0
Ocara		5.785	11,5	10,1	10,1
	Ocara	2.786	5,5	4,9	4,9
	Arisco dos Marianos	230	0,5	0,4	0,4
	Curupira	440	0,9	0,8	0,8
	Novo Horizonte	655	1,3	1,1	1,1
	Sereno de Cima	1.112	2,2	1,9	1,9
	Serragem	562	1,1	1,0	1,0
Pacajus		28.172	63,7	72,5	83,3
	Pacajus	26.955	60,9	69,4	79,7
	Itaipaba	747	1,7	1,9	2,2
	Pascoal	470	1,1	1,2	1,4
Pacatuba		40.144	111,1	126,8	156,5
	Pacatuba	7.960	22,0	25,1	31,0
	Monguba	1.943	5,4	6,1	7,6
	Pavuna	4.072	11,3	12,9	15,9
	Sen. Carlos Jereissati	26.169	72,4	82,7	102,0
Pacoti		2.859	5,5	5,5	6,2
	Pacoti	2.430	4,7	4,7	5,3
	Colina	82	0,2	0,2	0,2
	Fátima	167	0,3	0,3	0,4
	Santa Ana	180	0,3	0,3	0,4
Palmácia		3.824	6,6	5,9	5,9
	Palmácia	3.452	6,0	5,3	5,3
	Gado	164	0,3	0,3	0,3
	Gados dos Rodrigues	208	0,4	0,3	0,3
Pindoretama		4.912	10,7	10,8	12,2
Quixadá		1.837	3,4	3,5	4,0
	California	522	1,0	1,0	1,1
	Dom Mauricio	546	1,0	1,0	1,2
	São João dos Queirozes	769	1,4	1,5	1,7
Redenção		11.305	21,6	20,8	23,2
	Redenção	6.660	12,7	12,3	13,7
	Antônio Diogo	4.154	7,9	7,6	8,5
	Guassi	461	0,9	0,8	0,9
	São Gerardo	30	0,1	0,1	0,1
São Gonçalo do Amarante		20.094	46,6	91,1	129,6
	São Gonçalo do Amarante	5.529	12,8	25,1	35,7
	Croatá	4.473	10,4	20,3	28,8
	Pecém	2.937	6,8	13,3	18,9
	Serrote	2.263	5,2	10,3	14,6
	Siupé	1.801	4,2	8,2	11,6
	Taíba	2.354	5,5	10,7	15,2
	Umarituba	737	1,7	3,3	4,8
Demanda Total		408.045	910	1015	1194



6.2.2 – PROJEÇÕES POPULACIONAIS RURAIS DOS MUNICÍPIOS

6.2.2.1 – Municípios de Caucaia (Praias Oeste) e São Gonçalo do Amarante

Para as áreas rurais, haja vista a tendência de estabilização, nos próximos anos, da taxa de crescimento em um valor relativamente baixo, ou até mesmo taxas negativas, conforme discutido no item 6.2.1, avaliou-se o comportamento da população pelo método logístico, quando de ajuste possível, e pelo método geométrico. Para o método geométrico adotou-se: i) para Caucaia, taxa de 0,90% ao ano, que corresponde a da MRH Fortaleza no período 1991/96; ii) para São Gonçalo do Amarante, taxa anual variando desde 2,21% em 1996, que corresponde a taxa de crescimento da população rural do próprio município entre 1991 e 1996, até 1,09% em 2020, que corresponde a taxa atual dos municípios da MRH Baixo Curu pertencentes às Bacias Metropolitanas.

6.2.2.2 – Municípios de Barreira, Cascavel, Horizonte, Itaitinga, Maranguape, Pacajus e Pacatuba

A população rural foi projetada usando a metodologia descrita a seguir, fundamentada no já discutido processo de estabilização do crescimento deste tipo de população em taxas relativamente baixas, quiçá negativas. Tentou-se, inicialmente, ajustar o método logístico com base nos valores censitários. Quando o ajuste não foi possível, utilizou-se o método geométrico com taxa anual variando, entre os anos de 1996 e 2020, do valor do próprio município para o período de 1991/96 até o valor da MRH a que pertence o município. Ressalte-se, entretanto, dois casos particulares, que visam, através da utilização, em alguns casos, do valor da taxa para uma região mais ampla em lugar do específico do município ou da MRH, evitar valores subestimados de população rural:

- quando para o período 1991/96, a taxa do município é menor que a da MRH correspondente e esta é próxima a da região como um todo, adotou-se uma taxa anual constante igual a MRH para todo o período de projeção; e
- quando para o período 1991/96, a taxa da MRH é muito menor que a média da região como um todo, adotou-se uma taxa anual constante igual a da região para todo o período de projeção.

6.2.2.3 – Demais Municípios

Para a população rural, que sofre bem menos influência dos investimentos econômicos realizados nos municípios, adotou-se a mesma metodologia já descrita e aplicada no item 6.2.2.2.

6.2.3 – CONSUMO PER CAPITA

Para a população rural foi dotado um coeficiente de demanda rural fixo e igual a 100 l/hab./dia.

6.2.4 – ESTIMATIVA DAS DEMANDAS

O cálculo das demandas humanas rurais para os municípios das Bacias Metropolitanas foi efetivado pelo produto das populações projetadas pelo coeficiente de demanda rural fixo apresentado no item anterior. Esses resultados estão mostrados na Tabela 6.7.



Tabela 6.7 – Projeção da Demanda Hídrica para Consumo Humano Rural (l/s)

Município	Demanda Humana Rural (l/s)		
	2000	2010	2020
Acarape	5,3	5,3	5,2
Aquiraz	11,1	13,0	14,5
Aracati	1,4	1,6	1,6
Aracoiaba	15,6	16,8	17,0
Aratuba	6,4	6,9	7,0
Barreira	13,0	11,8	9,7
Baturité	11,9	11,8	11,6
Beberibe	33,5	35,8	36,5
Canindé	6,1	5,4	4,9
Capistrano	12,2	12,1	11,9
Caridade	0,1	0,1	0,1
Cascavel	8,5	8,1	7,7
Caucaia2	24,5	26,8	29,3
Choró	10,2	9,2	7,8
Chorozinho	7,3	5,7	4,5
Eusébio	0,0	0,0	0,0
Fortaleza	0,0	0,0	0,0
Fortim	4,4	4,2	4,1
Guaiuba	6,8	7,4	8,1
Guaramiranga	3,1	3,2	3,2
Horizonte	14,6	22,9	31,6
Ibaretama	8,9	7,4	6,2
Itaitinga	3,8	3,9	3,9
Itapiúna	9,2	9,3	9,2
Maracanaú	0,6	0,6	0,6
Maranguape	21,1	23,4	25,7
Morada Nova	8,8	8,2	7,6
Mulungu	3,9	3,8	3,8
Ocara	16,6	14,9	12,2
Pacajus	10,1	9,6	9,2
Pacatuba	3,9	3,8	3,6
Pacoti	9,7	11,7	12,3
Palhano	1,7	1,5	1,4
Palmácia	7,0	6,9	6,8
Pentecoste	3,0	2,9	2,8
Pindoretama	10,4	11,0	11,2
Quixadá	6,0	5,0	4,1
Redenção	12,3	12,1	12,0
Russas	1,2	1,3	1,4
São Gonçalo do Amarante	9,7	11,6	13,2
Total	318,8	329,6	333,5



6.3 – DEMANDAS INDUSTRIAIS

Devido a pequena quantidade de informações existentes nos órgãos oficiais sobre futuros cenários de demandas industriais no estado e o atual estado de expectativa de crescimento desta com a implantação de empreendimentos de grande porte, a VBA CONSULTORES consolidou a metodologia a seguir apresentada.

Nesse sentido, duas possibilidades foram estabelecidas: demanda industrial dispersa e demandas industrial concentrada. No primeiro caso foi utilizada a metodologia consagrada no PLIRHINE, e posteriormente adotada no PERH-CE, tomando como demanda industrial total o somatório do produto do número de empregados por um coeficiente correspondente ao tipo de indústria. Cabe destacar que no cálculo da demanda industrial só foram consideradas as indústrias com mais de 20 funcionários, haja vista que a demanda das pequenas indústrias é computada dentro do abastecimento doméstico urbano.

No caso de projetos de implantação de DIs, optou-se por um método de saturação, alocando uma vazão demandada por hectare ocupado do DI.

Para evitar superestimar as demandas industriais, no caso de municípios com DIs, tomou-se a maior das duas demandas, industrial difusa ou dos DIs, como demanda industrial consolidada para aquele município.

A análise foi, então, dividida em três partes. Na primeira, tendo em vista a dimensão do empreendimento e, conseqüentemente, a elevada demanda de água que será necessária, analisou-se as demandas do Complexo Industrial Portuário do Pecém. Na segunda avaliou-se as demandas dos demais Distritos Industriais existentes nas Bacias Metropolitanas e, na terceira, as demandas das demais indústrias difusas nos municípios da região.

6.3.1 – DEMANDAS INDUSTRIAIS DO COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO DO PECÉM

Após exaustiva análise das informações existentes e discussão com as instituições públicas e privadas diretamente envolvidas, a VBA CONSULTORES definiu cenários de demanda para o Complexo Industrial Portuário do Pecém.

Os resultados são apresentados na Tabela 6.8. Para a composição destas demandas avaliou-se o comportamento individual de cada tipo de indústria, considerando-se a implantação em etapas, cenários quinquenais e um patamar máximo de demanda em 2018 (horizonte de 20 anos).

6.3.2 – DEMANDAS DOS DEMAIS DISTRITOS INDUSTRIAIS DA REGIÃO

Na região das Bacias Metropolitanas, segundo a Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado do Ceará, estão implantados, em implantação ou planejados os Distritos Industriais de Barreira, Cascavel, Caucaia, Itaitinga, Maracanaú (I e III), Maranguape (I e II), Pacajus (I e II) e Pacatuba (I e II). A Tabela 6.9 mostra a área destes distritos e o estágio atual dos mesmos.



Tabela 6.8 – Hipóteses e Cenários da Evolução das Vazões Industriais do Complexo Industrial Portuário do Pecém

Indústria	Vazões (l/s)										
	Ano										
	1998	1999	2000*	2001	2002	2003	2008	2010*	2013	2018	2020*
Siderúrgica	100	390	390	390	390	390	390	390	580	580	580
Polo Metal-Mecânico Área I e II (0,25 l/s/ha)	20	30	40	50	60	66	115	138	172	230	230
Termelétrica	-	35	35	35	35	35	35	35	70	70	70
Distribuidora (109,3ha) (0,20 l/s/ha)	-	10	10	15	20	22	22	22	22	22	22
Terminal (170 ha) (0,20 l/s/ha)	-	10	10	20	20	25	30	30	35	35	35
Porto	10	10	20	30	40	50	65	71	80	100	100
Q _{total} (sem refinaria)	130	485	505	540	565	588	657	686	959	1037	1037
Q _{refinaria}						370	370	370	555	555	555
Q_{total} Indústria	130	485	505	540	565	958	1027	1056	1514	1592	1592
Q _{total} Máximo	156	582	606	648	678	1150	1232	1267	1817	1910	1910
% Q _{max}	8,17	30,4	31,7	33,9	35,4	60,1	64,5	66,3	95,1	100,0	100,0

Primeira Etapa
Segunda Etapa

*Valores interpolados ou extrapolados para os horizontes de planejamento : anos 2000, 2010 e 2020.

Tabela 6.9 – Áreas e Estágios dos Distritos Industriais das Bacias Metropolitanas do Ceará

Distrito Industrial	Área (em hectares)	Estágio
D.I. de Barreira	6,98	Em projeto
D.I. de Cascavel	44,62	Em negociação
D.I. de Caucaia	213,05	Em negociação
D.I. de Horizonte	59,00	Em implantação
D.I. de Itaitinga	135,00	Em projeto
D.I. de Maracanau I	1013,00	Em funcionamento
D.I. de Maracanau III	164,00	Em implantação
D.I. de Maranguape I	54,12	Em implantação
D.I. de Maranguape II	19,20	Em projeto
D.I. de Pacajus I	80,50	Em implantação
D.I. de Pacajus II	35,36	Em implantação
D.I. de Pacatuba I	35,06	Em implantação
D.I. de Pacatuba II	61,79	Em negociação

Fonte: Companhia De Desenvolvimento Do Ceará – Codece (1996) – Secretaria De Indústria E Comércio



Para o cálculo da demanda nos Distritos Industriais, com base na análise de uma série de fontes sobre o assunto, foram admitidas as seguintes premissas básicas:

- valor específico médio da demanda dos Distritos Industriais (D.I.) igual a 0,5 l/s/ha.
- a saturação de ocupação dos diversos Distritos Industriais se dará em diferentes épocas dependendo de seus estágios atuais. Os D.I. já em funcionamento estarão saturados no ano 2003 (horizonte de 5 anos). Os D.I. em implantação estarão com 20% da ocupação em 1998, 50% de ocupação no ano 2003 e saturados em 2008 (horizonte de 10 anos). Os D.I. em projeto ou negociação estarão com 10% da ocupação em 2003, 40% da ocupação no ano 2008, 70% em 2013 e só atingirão a saturação em 2018 (horizonte de 20 anos). Para os horizontes do presente Plano (2000, 2010 e 2020) os valores foram obtidos por interpolações a partir dos valores de demanda obtidos conforme descrição anterior.

A Tabela 6.10 mostra os resultados obtidos, destacando-se os valores para 2000, 2010 e 2020.

Tabela 6.10 – Demandas dos Distritos Industriais existentes nas Bacias Metropolitanas

Distrito Industrial	Demandas (l/s)							
	1998	2000	2003	2008	2010	2013	2018	2020
D.I. de Barreira	-	-	0,35	1,40	1,81	2,44	3,49	3,49
D.I. de Cascavel	-	-	2,23	8,92	11,60	15,62	22,31	22,31
D.I. de Caucaia	-	-	10,65	42,61	55,39	74,57	106,53	106,53
D.I. de Horizonte	5,90	9,44	14,75	29,50	29,50	29,50	29,50	29,50
D.I. de Itaitinga	-	-	6,75	27,00	35,10	47,25	67,50	67,50
D.I. de Maracanau I	354,55	415,33	506,50	506,50	506,50	506,50	506,50	506,50
D.I. de Maracanau III	16,40	26,24	41,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00
D.I. de Maranguape I	5,41	8,66	13,53	27,06	27,06	27,06	27,06	27,06
D.I. de Maranguape II	-	-	0,96	3,84	4,99	6,72	9,60	9,60
D.I. de Pacajus I	8,05	12,88	20,13	40,25	40,25	40,25	40,25	40,25
D.I. de Pacajus II	3,54	5,66	8,84	17,68	17,68	17,68	17,68	17,68
D.I. de Pacatuba I	3,51	5,61	8,77	17,53	17,53	17,53	17,53	17,53
D.I. de Pacatuba II	-	-	3,09	12,36	16,07	21,63	30,90	30,90

6.3.3 – DEMANDAS INDUSTRIAIS DIFUSAS

Neste item apresenta-se a composição das demandas industriais difusas em todos os municípios das Bacias Metropolitanas. As fontes consultadas para estimar estas demandas foram: o Plano Estadual de Recursos Hídricos (SRH-CE, 1991), o Cadastro Industrial do Ceará/1992 (SIC-CE, 1992), a Relação de Contatos das Indústrias com Protocolos de Intenções (CODITUR-SIC-CE, 1994) e os Cadastros do Programa de Promoção Industrial e Atração de Investimentos de Novembro/96 e Outubro/97 (CODECE-SIC-CE).



Para o cálculo da demanda só foram consideradas as indústrias com mais de 20 funcionários, haja vista que a demanda das pequenas indústrias é computada dentro do abastecimento doméstico urbano, posteriormente apresentado. A metodologia de cálculo foi a mesma utilizada no PLIRHINE (1980) e no PERH – Ceará (1991), como a seguir descrito.

Tomando-se por base os coeficientes de demanda (m^3 /operário/dia) oriundos do PLIRHINE e do PERH-CE e a compatibilização das informações (gêneros das indústrias e número de pessoal ocupado) obtidas das publicações mencionadas no início deste item, calculou-se as demandas para o cenário atual (outubro/1997). Fez-se, então, as projeções até 2020 de acordo com o comportamento médio do crescimento da população urbana, utilizando-se como taxa a da região das Bacias Metropolitanas como um todo incluindo Fortaleza (igual a 2,41% ao ano). Vale ressaltar que, na absoluta ausência de qualquer estudo e/ou planejamento futuro, este método de projeção se justifica pela relativa correspondência existente entre a urbanização e o nível de atividade industrial das cidades.

A Tabela 6.11 apresenta os coeficientes de demanda (m^3 /operário/dia) para os gêneros de indústria encontrados na região enquanto a Tabela 6.12 apresenta o número de pessoal ocupado (empregos diretos) nestas indústrias em 1997/98, por gênero de indústria e por município.

Tabela 6.11 – Coeficientes de Demanda Industrial Difusa (m^3 /operário/dia)

Gênero da Indústria		Coeficiente de Demanda
Código	Descrição	(m^3 /operário/dia)
00	Extração de Minerais	0,20
10	Transformações de Produtos Minerais não Metálicos	0,30
11	Metalúrgica	0,50
12	Mecânica	0,30
13	Material Elétrico e de Comunicação	0,20
14	Material de Transporte	0,30
15	Madeira	0,20
16	Mobiliária	0,20
17	Papel e Papelão	0,30
18	Borracha	0,02
19	Couros e Peles, Calçados e Artigos de Vestuário	2,80
20	Química	9,80
21	Produtos Farmacêuticos e Veterinários	9,80
22	Perfumaria, Sabões e Velas	2,00
23	Produtos de Materiais Plásticos	0,82
24	Têxtil	2,50
25	Vestuário, Calçados e Artefatos de tecido	0,20
26	Produtos Alimentares	5,00
27	Bebidas	10,00
29	Editorial e Gráfica	0,30

FONTE: Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Ceará - 1991



No caso específico do município de Fortaleza foram obtidas, junto a Federação das Indústrias do Estado do Ceará – FIEC, informações mais recentes do número de empregados por tipo de indústria, pesquisados em meados de 1998, as quais constam da já referida tabela 6.11 e foram utilizadas para o cálculo das demandas industriais desse município. Os demais municípios da Bacia Metropolitanas

Na Tabela 6.13 fez-se a composição das duas anteriores, obtendo-se como resultados as demandas industriais difusas (m^3 /dia) por gênero de indústria, por município e por microregião bem como a total por município e por microregião.

6.3.4 – DEMANDAS DE TURISMO

A indústria do turismo vem assumindo grande importância no desenvolvimento do estado, sendo caracterizada por exigências de atendimento praticamente pleno, dado lidar, geralmente, com um público exigente, de alto poder aquisitivo.

As demandas relacionadas à esse tipo de atividade foram obtidas junto à Secretaria do Turismo do Estado do Ceará, através de ofício enviado à Secretaria de Recursos Hídricos onde se prevê a demanda para os horizontes 2.002 e 2.020, interpolando esses valores no caso dos anos intermediários.

Essas demandas foram calculadas com base em protocolos de intenção acertados por empresas hoteleiras junto à Secretaria de Turismo nos quais se informam o número de UHS de cada empreendimento.

As Demandas da indústria de turismo são apresentadas a seguir na Tabela 6.14.

6.3.5 – CONSOLIDAÇÃO DAS DEMANDAS INDUSTRIAIS

A Tabela 6.15 mostra, para cada município, a consolidação da demanda industrial, ou seja, a composição entre as demandas do Complexo Industrial Portuário do Pecém, dos Distritos Industriais e das indústrias difusas nos municípios, projetadas para os horizontes 2000, 2010 e 2020.

6.4 – DEMANDA ANIMAL

O comportamento da população animal é diretamente relacionado com as condições físicas e socioeconômicas vigentes no meio rural, em especial com a ocorrência de períodos chuvosos anormais (principalmente anos secos).

A análise dos dados disponíveis – publicações do IBGE sobre a produção da pecuária municipal do período 1977/95 – com a tentativa do estabelecimento de funções de regressão do contingente com o tempo, demonstrou que não há uma tendência de aumento ordenado do rebanho, o qual por vezes cresce, por vezes decresce e, para a maioria dos municípios, alterna acréscimos e decréscimos.

Tabela 6.13 - Demanda Industrial Difusa por Gênero de Indústria, por Município e por Microregião e Demanda Industrial Difusa Total por Município e por Microregião - (1997/98)

Bacia Hidrográfica	Microrregião Homogênea	Município	Gênero																				Total (l/s)		
			0 - Ex.Min.	10-N.Met.	11-Metalu.	12-Mecã.	13-Ei.Comu	14-Transp.	15-Madeira	16-Mobiliá.	17-Papel	18-Borra.	19-Cou.Ves	20-Quími.	21-Farm-Ve	22-Perfum.	23-Plast.	24-Têxtil	25-Vestuá	26-Aliment	27-Bebid.	29-Gráfic.		30-Const.	
Metropolitana	Baixo Curu	São G. do Amarante	0,00	2,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,43	0,00	0,00	0,00	16,51	
	Total microrregião		0,00	2,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,43	0,00	0,00	0,00	16,51	
	Médio Curu	Pentecoste	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Total microrregião		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Fortaleza	Aquiraz		0,39	1,15	0,00	0,00	0,00	0,69	0,00	0,05	0,14	0,00	3,08	0,00	9,53	0,00	1,29	0,00	0,00	120,83	92,59	0,00	0,00	229,75
		Caucaia		0,49	2,79	1,67	0,20	1,82	4,11	0,00	0,30	0,16	0,00	0,00	371,13	0,00	0,00	1,63	2,95	4,78	247,45	0,00	0,00	0,00	639,49
		Eusébio		0,00	0,14	0,00	1,39	0,41	1,03	0,09	0,00	0,12	0,00	0,00	12,48	0,00	0,00	0,00	1,74	0,86	0,00	0,00	0,52	0,00	18,77
		Fortaleza		1,24	0,48	51,53	1,03	3,94	1,77	0,91	2,75	0,95	0,00	6,03	77,81	100,72	10,90	18,77	153,01	41,22	778,41	342,01	4,42	0,00	1.597,93
		Guaiúba		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,63	0,00	0,00	0,00	9,49	
		Itaitinga		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,10
		Maracanaú		0,00	1,65	6,51	0,00	0,49	0,00	0,72	0,00	2,20	0,00	96,74	19,06	0,00	0,00	4,57	90,65	0,26	81,25	0,00	0,00	0,00	304,09
		Maranguape		0,00	1,11	0,00	1,39	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,72	23,82	0,00	0,00	3,78	12,64	0,35	39,93	2,78	0,00	0,00	137,44
		Pacatuba		0,20	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,69	9,07	0,00	0,00	13,59	0,00	0,00	0,00	28,94	0,00	0,00	75,71
	Total microrregião		2,32	8,55	59,72	4,01	7,57	7,60	1,72	3,10	3,57	0,00	192,21	513,37	110,25	10,90	43,64	261,00	47,46	1.272,51	466,32	4,94	0,00	3.020,78	
	Canindé	Canindé		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Caridade		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total microrregião		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Baturité	Acarape		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Aracoiaba		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98
		Aratuba		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Baturité		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Capistrano		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Guaramiranga		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Itapiúna		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Mulungu		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Pacoti		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Palmácia		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Redenção		0,17	0,07	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,95	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	1,50	9,14	0,00	0,00	14,76	
	Total microrregião		0,17	0,07	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	2,95	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	1,50	9,14	0,00	0,00	16,73	
	Cascavel	Beberibe		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Cascavel		0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	32,08	156,75	0,00	0,00	0,00	0,05	46,53	67,01	0,00	0,00	302,84
		Pindoretama		0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78
	Total microrregião		0,16	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	32,08	156,75	0,00	0,00	1,61	0,00	0,05	46,53	67,01	0,00	0,00	304,61
	Chorozinho	Barreira		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,76	0,00	0,00	0,00	3,90	
		Chorozinho		0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,59
		Ocara		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total microrregião		0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,76	0,00	0,00	0,00	7,49	
	Pacajus	Horizonte		0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	2,55	0,38	0,11	0,00	0,00	18,96	26,88	0,00	0,00	0,00	4,34	4,91	1,91	0,00	0,00	0,00	60,62
		Pacajus		0,00	1,08	0,69	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	127,15	0,00	0,00	1,61	25,75	0,00	61,17	86,34	0,00	0,00	303,94
	Total microrregião		0,00	1,08	0,69	0,00	0,58	2,55	0,52	0,11	0,00	0,00	18,96	154,03	0,00	0,00	1,61	30,09	4,91	63,08	86,34	0,00	0,00	364,57	
	Sertão de Quixera	Choró		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Ibaretama		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total microrregião		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Baixo Jaguaribe	Morada Nova		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Palhano		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total microrregião		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Total da Bacia Metropolitana			2,66	13,11	60,57	4,01	8,15	10,30	2,32	3,21	3,57	0,00	248,47	838,44	110,25	10,90	46,87	291,84	52,43	1.389,81	628,82	4,94	0,00	3.730,68



Tabela 6.14 – Demanda Industrial de Turismo nas Bacias Metropolitanas

Município	Demanda Industrial de Turismo (l/s)		
	2000	2010	2020
Fortaleza	0	32	66
Aquiraz	0	621	1297
Beberibe	0	29	59
Cascavel	0	25,3	52
Caucaia	0	811	1657
Guaiúba	0	7,6	16
Maranguape	0	21	43,0
Pacatuba	0	10,4	21
Pacoti	0	16,3	33

Devido a isto, optou-se no presente plano pela utilização da mesma metodologia utilizada no PLIRHINE e no PERH-CE que baseia-se no emprego de uma unidade hipotética denominada BEDA (bovino equivalente para demanda d'água). Esta unidade agrega os rebanhos bovinos, equinos, asininos, ovinos, caprinos, e suínos através da seguinte relação:

$$BEDA_{i,j} = Bovino_{i,j} + Equino_{i,j} + Asinino_{i,j} + \frac{(Ovino_{i,j} + Caprino_{i,j})}{5} + \frac{Suíno_{i,j}}{4}$$

onde: *i* é o município ou região e *j* é o ano de projeção.

Visando obter projeções do rebanho BEDA de forma mais precisa, obteve-se também seus valores dividindo-se os municípios pertencentes parcial ou totalmente às Bacias Metropolitanas em seis classes com base nas microregiões homogêneas (MRH). As seis classes foram: i) municípios pertencentes à MRH Fortaleza; ii) municípios pertencentes à MRH Litoral de Pacajus; iii) municípios pertencentes à MRH Uruburetama; iv) municípios pertencentes à MRH Sertões de Canindé; v) municípios pertencentes à MRH Serra de Baturité; e vi) demais municípios.

A Tabela 6.16 apresenta os valores de BEDA para o período 1977/95 tanto para a região como um todo como para a divisão municipal segundo microregiões homogêneas.

Analisando a referida tabela, observa-se que, mesmo para a unidade hipotética BEDA, não há um padrão definido de evolução. Pode-se, entretanto, constatar que, considerando todo o período de 19 anos com dados disponíveis (1977/95), seja para a região, seja para as microregiões homogêneas, há uma tendência de crescimento do BEDA, apesar dos anos intermediários alternarem acréscimos e decréscimos no rebanho.



Tabela 6.15 – Projeção das Demandas Industriais Consolidadas (l/s)

Município*	Demanda Industrial (l/s)		
	Ano		
	2000	2010	2020
Acarape	0,0	0,0	0,0
Aquiraz	243,5	275,2	290,7
Aracoiaba	2,0	2,0	2,0
Aratuba	0,0	0,0	0,0
Barreira	4,8	6,7	7,3
Baturité	0,0	0,0	0,0
Beberibe	0,0	0,0	0,0
Capistrano	0,0	0,0	0,0
Cascavel	257,3	345,5	433,3
Caucaia	702,8	918,7	1150,3
Choró	0,0	0,0	0,0
Chorozinho	3,9	5,0	6,0
Eusébio	136,4	178,3	223,2
Fortaleza	1739,5	2273,9	2847,3
Guaiúba	10,1	11,5	12,2
Guaramiranga	0,0	0,0	0,0
Horizonte	67,5	99,9	118,8
Ibaretama	0,0	0,0	0,0
Itaitinga	8,7	35,1	67,5
Itapiúna	0,0	0,0	0,0
Maracanaú	441,6	588,5	588,5
Maranguape	147,5	180,1	204,6
Mulungu	0,0	0,0	0,0
Ocara	0,0	0,0	0,0
Pacajus	334,7	436,8	501,3
Pacatuba	96,9	126,9	156,6
Pacoti	0,0	0,0	0,0
Palmácia	0,0	0,0	0,0
Pindoretama	86,7	100,2	113,6
Redenção	15,2	15,7	15,9
São Gonçalo do Amarante	523,5	1264,7	1653,0
Total	4822,5	6864,5	8392,1

* Sedes pertencentes às Bacias Metropolitanas



Tabela 6.16 – Valores de BEDA – 1977 a 1995

Ano	BEDA						Bacias Metropolitanas
	Microregiões Homogêneas						
	Fortaleza	Lit. de Pacajus	Uruburetama	Sert. de Canindé	Ser. de Baturité	Demais Mun.	
1977	91.815	37.225	8.058	2.320	62.234	0	201.651
1978	94.268	35.291	8.446	2.557	56.155	0	196.717
1979	104.346	40.148	8.850	2.057	58.390	0	213.791
1980	80.732	39.369	8.589	2.803	73.770	0	205.263
1981	91.777	39.802	8.317	2.869	69.985	0	212.750
1982	91.005	39.441	9.322	3.119	69.906	0	212.793
1983	84.687	35.964	8.721	1.999	70.297	0	201.669
1986	110.465	54.418	10.318	2.453	78.664	0	256.317
1987	121.327	55.015	10.771	2.490	80.863	0	270.465
1988	124.467	54.432	11.304	2.525	77.791	20.659	291.179
1989	133.706	55.502	12.189	2.468	83.024	43.279	330.168
1991	149.103	57.718	13.175	1.997	80.762	38.280	341.034
1992	158.349	57.387	13.726	2.027	81.117	35.419	348.026
1993	154.758	52.012	13.273	1.166	66.106	41.022	328.336
1994	143.305	50.556	13.831	1.067	68.371	39.154	316.284
1995	137.255	52.349	14.089	1.156	70.021	39.871	314.741

Por conseguinte, adotou-se como metodologia para projeção do rebanho BEDA de cada município a aplicação da taxa obtida para o período de 1977 a 1995 considerando toda a região das Bacias Metropolitanas, ou seja, 2,50% ao ano. A Tabela 6.17 mostra os valores de BEDA para 1995 e as projeções para 2000, 2010 e 2020.

Feitas as projeções dos rebanhos BEDA, para o cálculo da demanda de água foi aplicado o mesmo coeficiente selecionado pelo PLIRHINE e PERH-CE, que admite um consumo médio constante de 50 l/cab/dia por cada unidade BEDA. A Tabela 6.18 apresenta os resultados de demanda obtidos.

6.5 – DEMANDA DE IRRIGAÇÃO

Pelas próprias características físicas e econômicas das Bacias Metropolitanas, a atividade agrícola não impõe grandes demandas de irrigação, ao contrário de outras bacias do estado como a Bacia do Curu e a Bacia do Jaguaribe.

A identificação dos solos agricultáveis e, conseqüentemente, potencialmente irrigáveis representa, sem sombra de dúvidas dentro deste contexto, o caminho mais curto para o desenvolvimento da estimativa das demandas da agricultura irrigada, para isso tomou-se como base o mapeamento apresentado no estudo de solos das Bacias Metropolitanas realizado no item 2.1.5 deste relatório.



Tabela 6.17 – Valores de BEDA por Município

Município	BEDA			
	1995	2000	2010	2020
Acarape	2.706	3.062	3.919	5.017
Aquiraz	6.068	6.866	8.789	11.250
Aracati	49	56	72	92
Aracoiaba	14.499	16.404	20.999	26.881
Aratuba	735	832	1.065	1.363
Barreira	3.491	3.949	5.056	6.472
Baturité	8.245	9.329	11.942	15.287
Beberibe	21.366	24.173	30.944	39.611
Canindé	886	1.003	1.284	1.643
Capistrano	4.806	5.438	6.961	8.911
Caridade	2	2	3	4
Cascavel	14.153	16.013	20.498	26.239
Caucaia	64.454	72.924	93.349	119.494
Choró	11.757	13.302	17.027	21.797
Chorozinho	4.244	4.802	6.146	7.868
Eusébio	2.140	2.422	3.100	3.968
Fortaleza	13.721	15.524	19.872	25.438
Fortim	984	1.113	1.425	1.824
Guaiúba	5.128	5.802	7.427	9.507
Guaramiranga	268	303	388	497
Horizonte	2.647	2.994	3.833	4.906
Ibaretama	14.386	16.276	20.835	26.670
Itaitinga	1.911	2.162	2.768	3.543
Itapiúna	12.178	13.778	17.638	22.578
Maracanaú	6.351	7.186	9.198	11.774
Maranguape	31.323	35.439	45.365	58.071
Morada Nova	8.223	9.304	11.910	15.245
Mulungu	999	1.130	1.446	1.851
Ocara	10.644	12.042	15.415	19.733
Pacajus	7.519	8.507	10.890	13.940
Pacatuba	6.158	6.967	8.919	11.417
Pacoti	1.862	2.106	2.696	3.451
Palhano	1.232	1.394	1.784	2.284
Palmácia	5.086	5.754	7.365	9.428
Paracuru	1.189	1.345	1.722	2.205
Pentecoste	3.155	3.569	4.569	5.849
Pindoretama	2.421	2.739	3.506	4.488
Quixadá	3.139	3.552	4.547	5.820
Redenção	4.770	5.397	6.909	8.844
Russas	100	114	145	186
São Gonçalo do Amarante	9.745	11.025	14.113	18.066
Total	314.741	356.100	455.838	583.512



Tabela 6.18 – Demanda Animal por Município

Município	Demanda (l/s)			
	1995	2000	2010	2020
Acarape	1,57	1,77	2,27	2,90
Aquiraz	3,51	3,97	5,09	6,51
Aracati	0,03	0,03	0,04	0,05
Aracoiaba	8,39	9,49	12,15	15,56
Aratuba	0,43	0,48	0,62	0,79
Barreira	2,02	2,29	2,93	3,75
Baturité	4,77	5,40	6,91	8,85
Beberibe	12,36	13,99	17,91	22,92
Canindé	0,51	0,58	0,74	0,95
Capistrano	2,78	3,15	4,03	5,16
Caridade	0,00	0,00	0,00	0,00
Cascavel	8,19	9,27	11,86	15,18
Caucaia	37,30	42,20	54,02	69,15
Choró	6,80	7,70	9,85	12,61
Chorozinho	2,46	2,78	3,56	4,55
Eusébio	1,24	1,40	1,79	2,30
Fortaleza	7,94	8,98	11,50	14,72
Fortim	0,57	0,64	0,82	1,06
Guaiúba	2,97	3,36	4,30	5,50
Guaramiranga	0,16	0,18	0,22	0,29
Horizonte	1,53	1,73	2,22	2,84
Ibaretama	8,33	9,42	12,06	15,43
Itaitinga	1,11	1,25	1,60	2,05
Itapiúna	7,05	7,97	10,21	13,07
Maracanaú	3,68	4,16	5,32	6,81
Maranguape	18,13	20,51	26,25	33,61
Morada Nova	4,76	5,38	6,89	8,82
Mulungu	0,58	0,65	0,84	1,07
Ocara	6,16	6,97	8,92	11,42
Pacajus	4,35	4,92	6,30	8,07
Pacatuba	3,56	4,03	5,16	6,61
Pacoti	1,08	1,22	1,56	2,00
Palhano	0,71	0,81	1,03	1,32
Palmácia	2,94	3,33	4,26	5,46
Paracuru	0,69	0,78	1,00	1,28
Pentecoste	1,83	2,07	2,64	3,38
Pindoretama	1,40	1,59	2,03	2,60
Quixadá	1,82	2,06	2,63	3,37
Redenção	2,76	3,12	4,00	5,12
Russas	0,06	0,07	0,08	0,11
São Gonçalo do Amarante	5,64	6,38	8,17	10,46
Total	182,142	206,077	263,795	337,680



6.5.1 – CONCEITOS E PARÂMETROS

Na determinação da superfície irrigável de cada unidade de mapeamento, levou-se em consideração duas situações distintas:

- a primeira abrangendo as unidades de mapeamento cujas descrições das características físicas, químicas e geomorfológicas, contidas nos diferentes estudos, apresentam-se com detalhes suficientes que permitem a identificação da superfície irrigável quantitativa e qualitativamente sem grandes obstáculos;
- a segunda abrangendo as unidades de mapeamento, cujas descrições das características físicas, químicas e geomorfológicas, contidas nos diversos estudos consultados, mostram-se com detalhes insuficientes, não permitindo a identificação da superfície irrigável, tanto quantitativa como qualitativamente, de maneira que se possa ter uma estimativa razoável.

Para avaliação das áreas potencialmente irrigáveis dentro da zona de abrangência das Bacias Metropolitanas foram adotados os seguintes conceitos, bastante utilizados no âmbito dos projetos de irrigação:

- Superfície Geográfica Bruta Irrigável (SGBI) – corresponde à área total ou parcial da unidade de mapeamento, incluída no levantamento de solos, com potencial para irrigação;
- Superfície Agrícola Irrigável (SAI) – corresponde à área estimada a partir da Superfície Geográfica Bruta Irrigável, que apresenta no todo ou em parte, potencialidade para irrigação, sendo obtida a partir do levantamento das características das associações de solos que compõem as áreas mapeadas ao longo da zona de abrangência das Bacias Metropolitanas;
- Superfície Agrícola Útil (SAU) – corresponde à parcela da Superfície Agrícola Irrigável que efetivamente pode ser irrigada.

A determinação da percentagem dos componentes das associações foi feita pelo método estimativo. Os solos que ocupam extensões inferiores a 15,0% do total da área de determinada unidade de mapeamento são considerados como inclusões. De acordo com este critério, os componentes nas associações teriam a seguinte distribuição, em função do percentual mínimo do primeiro componente:

- associações com dois componentes: o primeiro componente teria no mínimo 51,0%;
- associações com três componentes: o primeiro componente teria no mínimo 34,0% desde que os 66,0% restantes sejam distribuídos pelos dois últimos componentes, ambos com percentuais inferiores ao do primeiro componente;
- associação com quatro componentes: o primeiro componente teria no mínimo 26,0%, desde que os 74,0% restantes fossem distribuídos pelos três últimos componentes, todos com percentuais inferiores ao do primeiro componente.

A superfície Agrícola Útil (SAU) poderia ser determinada com maior precisão a partir dos seguintes tipos de levantamentos:



- fotointerpretação das áreas das Bacia Metropolitanas com base em fotografias na escala 1:25.000 ou até 1:50.000 e posterior checagem de campo dos solos fotointerpretados com classificação preliminar das Classes de Terras para Irrigação;
- complementação dos estudos constantes do item anterior com um levantamento a nível de semi-detálhe e elaboração definitiva da legenda de Classes de Terras para Irrigação;
- mapa de uso atual obtido a partir de imagens de satélite em escala apropriada.

O levantamento das classes de terras para irrigação por este método mostra-se bastante impreciso, pelo fato de apresentar áreas de baixadas úmidas, ribeirinhas a córregos, riachos e lagoas, normalmente úmidas, como áreas potencialmente irrigáveis quando, na realidade, em sua maioria essas áreas são constituídas por áreas com características de aptidão agrícola irrigável nula, formados por solos pertencentes às classes dos Planossolos, Planossolos Solódicos, Solonetz Solodizados ou outros tipos de Solos Hidromórficos.

Este método, necessitaria portanto, de serviços de campo e confronto com os levantamentos de solos existentes para dar consistência a base do mapeamento obtido e eliminar os solos não agricultáveis.

Não se dispo de nenhuma destas alternativas, adotou-se uma metodologia bastante prática, baseando-se nos dados dos levantamentos de solos existentes e adotando-se parâmetros e conceitos pedológicos, bem como, índices usualmente utilizados na elaboração de projetos de irrigação. A metodologia, a seguir descrita, para determinação das superfícies irrigáveis tem por base as áreas planimetradas das respectivas unidades de mapeamento que apresentam potencial para agricultura irrigada. Na determinação Superfície Geográfica Bruta Irrigável (SGBI) foram observadas duas situações de mapeamento de solos:

- unidades de mapeamento formada por uma única classe de solos;
- unidades de mapeamento formada por duas ou mais classes de solos, constituindo as associações.

Na primeira situação, a Superfície Geográfica Bruta Irrigável (SGBI) é aquela representada pela própria unidade de mapeamento, ou seja, 100,0% da área mapeada. Na segunda situação, a SGBI é obtida considerando-se os índices estimativos dos componentes das associações, conforme se verá mais adiante .

Na determinação da Superfície Agrícola Irrigável (SAI) considerou-se um índice variável de 50,0 a 70,0% de rendimento, dependendo de cada unidade de mapeamento. As perdas representadas pelas áreas não agricultáveis de cada unidade são constituídas basicamente por grotas, riachos, voçorocas, afloramentos de rochas, áreas com altos índices de halomorfia, lagoas, depressões, áreas de proteção ambiental marginais aos rios, entre tantos outros fatores de perdas .

A Superfície Agrícola Útil (SAU) será aquela que efetivamente poderá ser irrigada, e foi obtida a partir da Superfície Agrícola Irrigável (SAI), considerando-se um índice de rendimento médio de 60,0%, atribuindo-se as perdas a fatores inerentes ao próprio projeto de irrigação tais como: caminhos, estradas, drenos artificiais, divisão do loteamento,



irregularidades no formato das áreas irrigáveis, diques de marachas (cultura do arroz), etc. Nos projetos de irrigação elaborados por várias entidades este índice varia de 60,0 a 75,0%. Adotou-se o menor valor por permitir uma maior margem de segurança na estimativa da Superfície Agrícola Útil.

Adotando-se os conceitos e parâmetros, descritos anteriormente para seleção e quantificação das áreas das Bacias Metropolitanas potencialmente irrigáveis, a determinação das SGBI, SAI e SAU, dar-se-á de acordo com a discriminação feita nos itens a seguir e baseada nas características dos solos representados pelas unidades de mapeamento que apresentam maior capacidade de aptidão agrícola para agricultura irrigada.

6.5.2 – DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS POTENCIALMENTE IRRIGÁVEIS

6.5.2.1 – Determinação da Superfície Geográfica Bruta Irrigável

Na quantificação da SGBI das Bacia Metropolitanas foram consideradas todas as informações pedológicas constantes dos estudos, citados anteriormente, e consolidados nos seguintes tópicos:

- as unidades simples LVe, LAd, PE3, PE7, PE11, PE15, Ae1, Ae2, Ae3, AQd1, AQd2, AQd3, representam 100% da SGBI, ou seja, 165.713 ha, por serem formadas por solos considerados irrigáveis;
- as associações representadas pelas unidades de mapeamento PVa, PVd4 e PE17, também, representam 100% da SGBI, ou seja, 37.724 ha, por serem formadas por solos considerados irrigáveis;
- para as unidades de mapeamento PVd3, PVd5 e Ae4, formadas pela associação de dois solos sendo um potencialmente irrigável com outros de baixo ou nenhum potencial agrícola para irrigação, estimou-se em 80% o percentual mínimo de solos com potencial para irrigação nestas associações, o que representam 42.527 ha de um total de 53.159 ha.
- para a unidade de mapeamento AQd5, formada pela associação de três solos, dos quais um apresenta-se com baixo ou quase nenhum potencial agrícola para irrigação, estimou-se em 80% o percentual mínimo de solos com potencial para irrigação nesta associação, o que representam 133.495 ha de um total de 166.869 ha.
- para as unidades de mapeamento PVd6 e PVd8, formadas pela associação de quatro classes de solos, dos quais um apresenta-se com baixo ou quase nenhum potencial para irrigação, estimou-se em 75% o percentual mínimo de solos com potencial para irrigação nestas duas associações, o que representam 21.311 ha de um total de 28.415 ha.

A Superfície Geográfica Bruta Irrigável tem, portanto, uma área total de 400.770 ha, resultante do somatório das unidades de solos consideradas irrigáveis.

6.5.2.2 – Determinação da Superfície Agrícola Irrigável (SAI)

Na determinação da SAI considerou-se um índice de rendimento médio de 70%. Apesar das Bacias Metropolitanas apresentarem áreas, normalmente, de conformação mais



aberta e com uma melhor distribuição das manchas de solos, deverão ainda, serem computadas as perdas ocasionadas pelos fatores relacionados com a presença de grotas, riachos, depressões, voçorocas, afloramentos rochosos, inclusão de solos impróprios para agricultura irrigada, etc.

A Superfície Agrícola Irrigável (SAI) terá, assim, uma área total de 280.539 ha (400.770 ha x 0,70).

6.5.2.3 – Determinação da Superfície Agrícola Útil (SAU)

A superfície que efetivamente poderá ser irrigada e abrangida pelo Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas, foi estimada em 168.323 ha, partindo-se de uma SAI de 280.539 ha e aplicando-se o índice de 60%, conforme comentado anteriormente .

6.5.3 – ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DAS POTENCIALIDADES DE SOLOS

Os resultados apontam para uma estimativa de 168.323 ha de Superfície Agrícola Útil (SAU), ou seja, para uma área total que poderia ser efetivamente irrigada. As disponibilidades de solos na área de abrangência das Bacias Metropolitanas apresentam-se bastante superiores às disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas, segundo os mais recentes estudos.

Com relação às disponibilidades hídricas superficiais, é notório o comprometimento dos mesmos com o abastecimento humano da Região Metropolitana de Fortaleza, das cidades circunvizinhas e, atualmente, do Complexo Portuário do Pecém, o que reduz drasticamente o provável aproveitamento dos solos com potenciais para irrigação, a partir das reservas hídricas superficiais.

Resta como principal opção, o aproveitamento das terras ao longo do Canal do Trabalhador, onde ocorre atualmente o uso com irrigação de aproximadamente 900 ha e de 4 ha com piscicultura. Do total irrigado predominam as culturas de cajueiro com cerca de 400 ha, melão 100 ha, capineira 62 ha, mandioca 38 ha, manga 20 ha, além de outras culturas que ocupam pequenas áreas, tais como : feijão, milho, melancia, mamão, sorgo, banana, etc...

As demais áreas atualmente irrigadas concentram-se a jusante dos açudes Pompeu Sobrinho (158 ha), principalmente capineira e alguma fruticultura; e Acarape do Meio (130 ha), culturas frutíferas, e forte concentração de cultura açucareira, além de uma pequena área de irrigação de capineira na Fazenda Garrote, município de Caucaia, com 7 ha.

Considerando a evolução da ocupação agrícola da bacia podem ser destacadas as possibilidades de expansão das áreas atuais, atingindo, até 2.020, progressivamente 267 ha a jusante do Pompeu Sobrinho e 729 ha a jusante do Acarape do Meio. Não se supõe expansão da área da Fazenda Garrote, que abastecendo-se a partir de poços não teria como ampliar o atendimento a essa demanda.

Além dessas áreas, ao longo do Rio Choró, a partir da confluência com o Rio Castro até próximo ao Açude Pacajus, identificou-se uma área com potencial de irrigação, total de 3.958 ha para o horizonte ano 2.020, que poderia utilizar águas da perenização dos Açudes Pompeu Sobrinho, Castro e Aracoiaba.



Outra alternativa de expansão da área irrigada nas Bacias Metropolitanas é o incremento das culturas ao longo do Canal do Trabalhador, que espera-se, após a execução de um outro canal que abasteça Fortaleza a partir do Açude Castanhão, possa ser aproveitado como fonte hídrica para aquela região, permitindo uma irrigação intensiva de até 6000 ha SAU.

O Mapa 6.1 apresenta as áreas atualmente irrigadas identificadas, enquanto o Mapa 6.2 apresenta a potencialidade máxima de aproveitamento de áreas irrigáveis nas Bacias Metropolitanas, considerando incremento na oferta hídrica e melhorias no manejo da irrigação tendo em vista o horizonte ano 2.020.

6.5.4 – CÁLCULO DAS DEMANDAS DE IRRIGAÇÃO

A demanda hídrica de irrigação das Bacias Metropolitanas foi, por fim, calculada com base nas áreas irrigáveis identificadas, aplicando-lhes em fator de demanda por hectare irrigado.

Este fator foi tomado do Estudo de Inserção Regional para Transposição do Rio São Francisco, tendo sido obtido com a aplicação de modelos agrícolas que estimavam, através do método MUSAG – Modelo de Umidade do Solo para Fins Agrícolas, considerando eficiências médias de aplicação e distribuição de, respectivamente, 65% e 90%, resultando num valor médio de 0,50 l/s/ha.

Para o cálculo das demandas atuais, no entanto, admitiu-se um coeficiente de 0,6l/s/ha, para levar em conta a atual ineficiência do manejo de irrigação, levando em conta o fator anterior para os horizontes 2.010 e 2.020.

A partir desses fatores temos as demandas hídricas de irrigação para os horizontes atual (2.000), 2.010 e 2.020 apresentados na Tabela 6.19, a seguir.

Tabela 6.19 – Demanda Hídrica de Irrigação das Bacias Metropolitanas

Localização	Demanda hídrica (l/s)		
	2000	2010	2020
Fazenda Garrote em Caucaia	4	4	4
Área a jusante Acarape do Meio	78	219	437
Área a jusante Choró-Limão	95	117	160
Área do Canal do Trabalhador	470	3000	3000
Áreas Potenciais	0	989	1979

6.6 – CONSOLIDAÇÃO DAS DEMANDAS MUNICIPAIS HUMANAS E INDUSTRIAIS

A consolidação das demandas a serem atendidas na RMF e no Complexo Portuário do Pecém é apresentada na Tabela 6.20, para os horizontes 2000, 2010 e 2020. Já para os demais municípios das Bacias Metropolitanas a consolidação das demandas é objeto da Tabela 6.21.

Tabela 6.20 - Séries de Demandas Consolidadas dos Municípios da RMF e do Complexo Portuário do Pecém

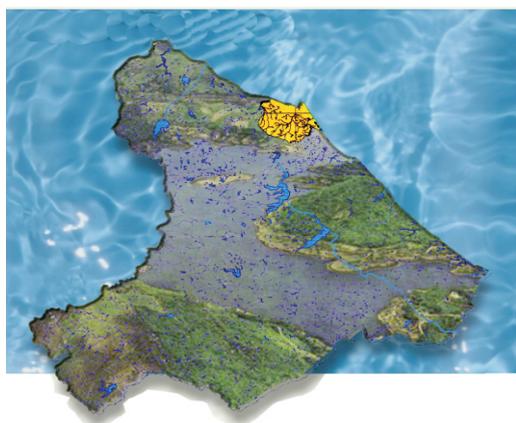
Ano	Fortaleza, Maracanaú, Eusébio e Caucaia sem praias				Caucaia (praias)			Complexo Portuário, São Gonçalo e Pecém			Chorozinho			Horizonte			Itaitinga			Maranguape			Pacajus			Pacatuba			Cascavel			Total
	Humana	Industrial	Turismo	Total	Humana	Turismo	Total	Humana	Industrial	Total	Humana	Industrial	Total	Humana	Industrial	Total	Humana	Industrial	Total	Humana	Industrial	Total	Humana	Industrial	Total	Humana	Industrial	Total	Humana	Industrial	Total	
2000	5,953	2,904	0,000	8,857	0,093	0,000	0,093	0,040	0,524	0,564	0,015	0,004	0,019	0,032	0,068	0,099	0,043	0,009	0,052	0,116	0,148	0,264	0,064	0,335	0,398	0,111	0,097	0,208	0,100	0,342	0,442	10,997
2001	5,929	3,010	0,003	8,942	0,095	0,081	0,176	0,044	0,560	0,604	0,016	0,004	0,020	0,033	0,070	0,103	0,044	0,009	0,053	0,118	0,150	0,269	0,065	0,344	0,409	0,114	0,100	0,214	0,102	0,351	0,453	11,242
2002	5,916	3,113	0,007	9,036	0,096	0,162	0,258	0,047	0,587	0,634	0,016	0,004	0,020	0,034	0,073	0,107	0,044	0,009	0,053	0,121	0,154	0,274	0,067	0,353	0,420	0,117	0,102	0,220	0,105	0,360	0,465	11,488
2003	5,913	3,215	0,010	9,138	0,098	0,243	0,341	0,051	0,982	1,033	0,017	0,004	0,021	0,036	0,076	0,112	0,045	0,009	0,054	0,123	0,157	0,280	0,069	0,362	0,432	0,120	0,105	0,226	0,108	0,370	0,478	12,112
2004	5,918	3,288	0,013	9,220	0,104	0,324	0,428	0,056	0,998	1,053	0,017	0,004	0,021	0,040	0,079	0,119	0,045	0,012	0,058	0,126	0,160	0,285	0,071	0,372	0,443	0,124	0,108	0,232	0,111	0,379	0,490	12,350
2005	6,114	3,360	0,017	9,490	0,135	0,406	0,541	0,060	1,014	1,074	0,016	0,004	0,021	0,039	0,082	0,121	0,046	0,016	0,062	0,128	0,163	0,291	0,068	0,382	0,450	0,118	0,111	0,229	0,106	0,389	0,495	12,774
2006	6,302	3,456	0,020	9,778	0,207	0,487	0,694	0,066	1,030	1,096	0,017	0,005	0,021	0,041	0,085	0,126	0,046	0,020	0,066	0,131	0,166	0,297	0,070	0,393	0,462	0,121	0,114	0,235	0,108	0,400	0,508	13,284
2007	6,502	3,550	0,023	10,075	0,225	0,568	0,792	0,071	1,047	1,118	0,017	0,005	0,022	0,042	0,089	0,131	0,047	0,023	0,070	0,133	0,170	0,303	0,071	0,403	0,475	0,125	0,117	0,242	0,111	0,410	0,521	13,749
2008	6,706	3,643	0,026	10,376	0,242	0,649	0,891	0,077	1,063	1,140	0,017	0,005	0,022	0,044	0,092	0,136	0,047	0,027	0,074	0,136	0,173	0,309	0,073	0,414	0,487	0,128	0,120	0,248	0,114	0,421	0,535	14,220
2009	6,923	3,726	0,030	10,680	0,246	0,730	0,976	0,083	1,164	1,247	0,018	0,005	0,023	0,046	0,096	0,142	0,048	0,031	0,079	0,139	0,177	0,315	0,075	0,425	0,501	0,132	0,124	0,255	0,117	0,432	0,549	14,767
2010	7,151	3,808	0,033	10,992	0,305	0,811	1,116	0,090	1,265	1,355	0,017	0,005	0,022	0,044	0,100	0,144	0,048	0,035	0,084	0,142	0,180	0,322	0,072	0,437	0,509	0,126	0,127	0,253	0,112	0,443	0,555	15,351
2011	7,386	3,888	0,036	11,311	0,314	0,896	1,210	0,094	1,364	1,457	0,017	0,005	0,022	0,045	0,102	0,147	0,049	0,039	0,088	0,143	0,182	0,326	0,073	0,443	0,516	0,129	0,130	0,258	0,114	0,453	0,567	15,902
2012	7,629	3,967	0,040	11,636	0,323	0,980	1,304	0,097	1,463	1,560	0,018	0,005	0,023	0,046	0,103	0,149	0,049	0,043	0,092	0,145	0,185	0,330	0,074	0,449	0,523	0,131	0,132	0,264	0,117	0,462	0,579	16,459
2013	7,889	4,045	0,043	11,977	0,333	1,065	1,398	0,101	1,562	1,663	0,018	0,005	0,023	0,047	0,105	0,152	0,049	0,047	0,096	0,147	0,187	0,334	0,075	0,455	0,530	0,134	0,135	0,269	0,119	0,472	0,591	17,033
2014	8,159	4,121	0,046	12,325	0,342	1,149	1,491	0,104	1,579	1,684	0,018	0,005	0,024	0,048	0,107	0,155	0,049	0,051	0,100	0,149	0,190	0,339	0,076	0,462	0,538	0,137	0,138	0,275	0,122	0,481	0,603	17,533
2015	8,474	4,195	0,050	12,718	0,351	1,234	1,585	0,108	1,597	1,705	0,019	0,005	0,024	0,048	0,109	0,157	0,049	0,055	0,104	0,151	0,192	0,343	0,077	0,468	0,545	0,140	0,141	0,281	0,124	0,491	0,615	18,078
2016	8,644	4,277	0,053	12,973	0,360	1,319	1,678	0,112	1,614	1,726	0,019	0,006	0,025	0,049	0,111	0,160	0,050	0,059	0,109	0,153	0,194	0,347	0,078	0,474	0,553	0,143	0,144	0,287	0,127	0,501	0,628	18,486
2017	8,803	4,360	0,056	13,219	0,368	1,403	1,772	0,116	1,631	1,747	0,019	0,006	0,025	0,050	0,113	0,163	0,050	0,063	0,113	0,155	0,197	0,352	0,079	0,481	0,560	0,146	0,147	0,293	0,129	0,512	0,641	18,885
2018	8,951	4,444	0,059	13,455	0,377	1,488	1,865	0,120	1,649	1,769	0,020	0,006	0,026	0,051	0,115	0,166	0,050	0,068	0,117	0,157	0,199	0,356	0,080	0,488	0,568	0,149	0,150	0,299	0,132	0,522	0,654	19,275
2019	9,088	4,531	0,063	13,681	0,377	1,572	1,950	0,124	1,651	1,775	0,020	0,006	0,026	0,052	0,117	0,169	0,050	0,068	0,118	0,159	0,202	0,361	0,082	0,494	0,576	0,152	0,153	0,306	0,135	0,533	0,668	19,629
2020	9,214	4,620	0,066	13,899	0,377	1,657	2,034	0,129	1,653	1,782	0,020	0,006	0,027	0,053	0,119	0,171	0,050	0,068	0,118	0,161	0,205	0,366	0,083	0,501	0,584	0,155	0,157	0,312	0,138	0,544	0,682	19,975
2021	9,329	4,711	0,066	14,106	0,377	1,657	2,034	0,133	1,655	1,788	0,021	0,006	0,027	0,054	0,121	0,174	0,051	0,068	0,118	0,163	0,207	0,370	0,084	0,508	0,592	0,159	0,160	0,319	0,140	0,556	0,696	20,225
2022	9,435	4,803	0,066	14,304	0,377	1,657	2,034	0,138	1,657	1,795	0,021	0,006	0,027	0,055	0,123	0,178	0,051	0,068	0,118	0,165	0,210	0,375	0,085	0,515	0,600	0,162	0,163	0,325	0,143	0,567	0,710	20,468
2023	9,531	4,898	0,066	14,495	0,377	1,657	2,034	0,143	1,660	1,803	0,022	0,006	0,028	0,056	0,125	0,181	0,051	0,068	0,118	0,167	0,213	0,380	0,086	0,522	0,609	0,166	0,167	0,332	0,146	0,579	0,725	20,705
2024	9,618	4,995	0,066	14,679	0,377	1,657	2,034	0,148	1,662	1,810	0,022	0,006	0,028	0,057	0,127	0,184	0,051	0,068	0,119	0,169	0,215	0,385	0,087	0,530	0,617	0,169	0,170	0,339	0,149	0,591	0,740	20,935
2025	9,696	5,094	0,066	14,856	0,377	1,657	2,034	0,154	1,664	1,818	0,022	0,007	0,029	0,057	0,130	0,187	0,051	0,068	0,119	0,172	0,218	0,390	0,089	0,537	0,626	0,232	0,174	0,406	0,152	0,603	0,755	21,219
2026	9,765	5,196	0,066	15,027	0,377	1,657	2,034	0,159	1,667	1,826	0,023	0,007	0,029	0,058	0,132	0,190	0,052	0,068	0,119	0,233	0,221	0,454	0,090	0,545	0,634	0,237	0,178	0,414	0,156	0,615	0,771	21,500
2027	9,827	5,299	0,066	15,193	0,377	1,657	2,034	0,165	1,670	1,834	0,023	0,007	0,030	0,060	0,134	0,194	0,052	0,068	0,119	0,236	0,224	0,460	0,091	0,552	0,643	0,242	0,181	0,423	0,159	0,628	0,787	21,717
2028	9,882	5,405	0,066	15,353	0,377	1,657	2,034	0,171	1,672	1,843	0,023	0,007	0,030	0,061	0,136	0,197	0,052	0,068	0,119	0,239	0,227	0,466	0,092	0,560	0,652	0,247	0,185	0,432	0,162	0,641	0,803	21,930
2029	9,929	5,514	0,066	15,508	0,377	1,657	2,034	0,237	1,675	1,912	0,024	0,007	0,031	0,062	0,139	0,200	0,052	0,068	0,120	0,242	0,230	0,472	0,094	0,568	0,661	0,252	0,189	0,441	0,165	0,654	0,820	22,200
2030	9,969	5,624	0,066	15,660	0,377	1,657	2,034	0,246	1,678	1,924	0,024	0,007	0,031	0,063	0,141	0,204	0,052	0,068	0,120	0,245	0,232	0,478	0,095	0,575	0,670	0,257	0,193	0,451	0,169	0,668	0,837	22,409



Tabela 6.21 - Consolidação das Demandas Hídricas para os Demais Municípios das Bacias Metropolitanas (l/s)

Município	2000						2010						2020							
	DHUC	DHR	DI	DA	Total	DHUC	DHR	DI	DA	Total	DHUC	DHR	DI	DA	Total	DHUC	DHR	DI	DA	Total
	Acaripe	12,8	5,345791	0,0	1,77	20,92	14,50	5,28	0,0	2,27	22,05	18,60	5,22	0,00	2,90	26,72	18,60	5,22	0,00	2,90
Aquiraz	100,5	11,11674	243,5	3,97	359,07	99,10	13,01	275,2	5,09	392,40	104,60	14,53	290,72	6,51	416,36	104,60	14,53	290,72	6,51	416,36
Aracati	-	1,403282	-	0,03	1,43	-	1,61	-	0,04	1,65	-	1,64	-	0,05	1,69	-	1,64	-	0,05	1,69
Aracoiaba	21,0	15,5786	2,0	9,49	48,08	20,40	16,79	2,0	12,15	51,37	22,80	17,04	2,04	15,56	57,44	22,80	17,04	2,04	15,56	57,44
Aratuba	3,5	6,36683	0,0	0,48	11,35	4,30	6,86	0,0	0,62	11,78	5,90	6,97	0,00	0,79	13,66	5,90	6,97	0,00	0,79	13,66
Barreira	13,5	13,04028	4,8	2,29	33,64	16,20	11,81	6,7	2,93	37,61	17,60	9,67	7,27	3,75	38,29	17,60	9,67	7,27	3,75	38,29
Baturité	42,4	11,9068	0,0	5,40	59,71	48,20	11,76	0,0	6,91	66,87	62,10	11,62	0,00	8,85	82,57	62,10	11,62	0,00	8,85	82,57
Beberibe	19,5	33,47079	0,0	13,99	66,96	18,10	35,78	0,0	17,91	71,79	19,50	36,48	0,00	22,92	78,90	19,50	36,48	0,00	22,92	78,90
Canindé	0,3	6,090843	-	0,58	6,97	0,30	5,44	-	0,74	6,48	0,40	4,86	-	0,95	6,21	0,40	4,86	-	0,95	6,21
Capistrano	9,6	12,22586	0,0	3,15	25,98	9,10	12,08	0,0	4,03	25,21	9,40	11,94	0,00	5,16	26,50	9,40	11,94	0,00	5,16	26,50
Cascavel	99,7	8,454903	257,3	9,27	374,72	112,80	8,07	345,5	11,86	478,23	138,40	7,69	433,30	15,18	594,57	138,40	7,69	433,30	15,18	594,57
Choró	16,2	10,24753	0,0	7,70	34,15	13,80	9,17	0,0	9,85	32,82	14,60	7,81	0,00	12,61	35,02	14,60	7,81	0,00	12,61	35,02
Chorozinho	15,3	7,340496	3,9	2,78	29,33	16,90	5,74	5,0	3,56	31,17	20,50	4,49	6,02	4,55	35,56	20,50	4,49	6,02	4,55	35,56
Fortim	1,7	4,425514	-	0,64	6,77	1,90	4,25	-	0,82	6,97	2,40	4,08	-	1,06	7,54	2,40	4,08	-	1,06	7,54
Guaiúba	22,9	6,765969	10,1	3,36	43,11	22,60	7,40	11,5	4,30	45,81	24,10	8,09	12,24	5,50	49,94	24,10	8,09	12,24	5,50	49,94
Guaramiranga	2,9	3,093907	0,0	0,18	6,17	2,60	3,20	0,0	0,22	6,02	2,60	3,21	0,00	0,29	6,10	2,60	3,21	0,00	0,29	6,10
Horizonte	31,8	14,58125	67,5	1,73	115,65	44,60	22,94	99,9	2,22	169,64	53,10	31,64	118,77	2,84	206,35	53,10	31,64	118,77	2,84	206,35
Ibaretama	5,1	8,918463	0,0	9,42	23,44	4,90	7,42	0,0	12,06	24,38	5,00	6,18	0,00	15,43	26,61	5,00	6,18	0,00	15,43	26,61
Itapituna	11,5	9,245164	0,0	7,97	28,72	11,80	9,29	0,0	10,21	31,30	13,70	9,22	0,00	13,07	35,99	13,70	9,22	0,00	13,07	35,99
Morada Nova	8,0	8,782607	-	5,38	22,16	8,00	8,15	-	6,89	23,04	8,20	7,57	-	8,82	24,59	8,20	7,57	-	8,82	24,59
Mulungu	6,9	3,856433	0,0	0,65	12,41	6,80	3,81	0,0	0,84	11,45	7,00	3,76	0,00	1,07	11,83	7,00	3,76	0,00	1,07	11,83
Ocara	11,5	16,57871	0,0	6,97	35,05	10,10	14,92	0,0	8,92	33,94	10,10	12,19	0,00	11,42	33,71	10,10	12,19	0,00	11,42	33,71
Pacajus	63,7	10,11317	334,7	4,92	413,39	72,50	9,65	436,8	6,30	525,22	83,30	9,20	501,32	8,07	601,90	83,30	9,20	501,32	8,07	601,90
Pacatuba	111,1	3,929549	96,9	4,03	215,99	126,80	3,78	126,9	5,16	262,63	156,50	3,63	156,57	6,61	323,30	156,50	3,63	156,57	6,61	323,30
Pacoti	5,5	9,68604	0,0	1,22	16,41	5,50	11,70	0,0	1,56	18,76	6,20	12,30	0,00	2,00	20,50	6,20	12,30	0,00	2,00	20,50
Palhano	-	1,657202	-	0,81	2,47	-	1,54	-	1,03	2,57	-	1,43	-	1,32	2,75	-	1,43	-	1,32	2,75
Palmácia	6,6	6,967612	0,0	3,33	16,90	5,90	6,88	0,0	4,26	17,04	5,90	6,80	0,00	5,46	18,16	5,90	6,80	0,00	5,46	18,16
Pentecoste	-	3,041675	-	2,07	5,11	-	2,90	-	2,64	5,54	-	2,77	-	3,38	6,15	-	2,77	-	3,38	6,15
Pindoretama	10,7	10,38123	86,7	1,59	109,37	10,80	11,00	100,2	2,03	124,02	12,20	11,18	113,55	2,60	139,53	12,20	11,18	113,55	2,60	139,53
Quixadá	3,4	5,98149	-	2,06	11,40	3,50	4,98	-	2,63	11,11	3,98	4,14	-	3,37	11,49	3,98	4,14	-	3,37	11,49
Redenção	21,6	12,28691	15,2	3,12	52,20	20,80	12,14	15,7	4,00	52,68	23,20	12,00	15,89	5,12	56,20	23,20	12,00	15,89	5,12	56,20
Russas	-	1,212963	-	0,07	1,28	-	1,30	-	0,08	1,38	-	1,36	-	0,11	1,47	-	1,36	-	0,11	1,47
São Gonçalo do Amarante	46,6	9,712892	523,5	6,38	586,20	91,10	11,57	1264,7	8,17	1375,51	129,60	13,17	1653,01	10,46	1806,24	129,60	13,17	1653,01	10,46	1806,24

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS



CAPÍTULO 7 **O BALANÇO HÍDRICO CONCENTRADO GLOBAL**



7- O BALANÇO HÍDRICO CONCENTRADO GLOBAL

Ainda que situada em uma das regiões menos desfavoráveis do Ceará – com predominância absoluta de índices médios anuais superiores a 1.000 mm, que atingem até 1.500 mm, e um coeficiente de variação quase sempre em torno de 0,35 – as Bacias Metropolitanas apresentam restrições de oferta d'água (causada basicamente pelas características físicas típicas do semi-árido nordestino) agravadas por dois fatores peculiares:

- resulta de um conjunto de bacias independentes, em geral de pequeno porte;
- apresenta uma feição geomorfológica bastante contrastante, com marcante presença de relevos planos.

O primeiro fator implica que os volumes naturais que escoam em cada bacia independente não sejam de grande monta, face às próprias dimensões de área em que são gerados, mesmo tendo, a montante, sub-áreas excelentes formadores de deflúvio, como as Serras de Baturité e Maranguape. Daí resulta que:

- a implantação de grandes reservas superficiais, com elevado poder de regularização de vazões, se torna quase impossível;
- a necessidade de interligar reservatórios menores e a transferência de volumes d'água pressupõe sempre a implantação de obras de transposição de bacias e seus divisores d'água, onerando qualquer sistema concebido.

Associando-se os dois fatores, a situação é mais agravada, visto que:

- nos trechos mais íngremes, os reservatórios possíveis apresentariam capacidades de acumulação muito reduzida;
- na grande parcela de relevo plano, as condições topográficas/geométricas, e mesmo geológicas/geotécnicas, praticamente inviabilizam a construção de reservatórios significativos; além do mais, nesta região há forte concentração de população e atividades sócio-econômicas, que criariam insuperáveis barreiras à inundação e desapropriação de terras.

7.1 – O BALANÇO HÍDRICO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA E DO COMPLEXO PORTUÁRIO DO PECÉM

Centralizando o fluxo migratório do interior do estado, além de uma população com crescimento vegetativo importante, a RMF é o principal polo econômico do estado do Ceará, concentrando assim uma demanda hídrica que exerce forte pressão sobre as disponibilidades da região.

Face à essas demandas hídricas, a disponibilidade concentra-se em uma fonte única, baseada no sistema de reservatórios superficiais. Essa concentração da oferta cria também a necessidade de transposição de bacias, de todo inevitáveis pela dimensão da maioria das bacias que formam o conjunto das Bacias Metropolitanas.



Pelas razões expostas a estratégia adotada para suprir as demandas da RMF implica a necessidade de considerar num estudo de balanço hídrico para a RMF os seguintes municípios: Fortaleza, Eusébio, Maracanaú, Caucaia, Chorozinho, Horizonte, Pacajus, Pacatuba, Cascavel, Maranguape e Itaitinga.

Além dessas demandas atuais há de se levar em conta, no estudo do atendimento hídrico da RMF, aquelas destinadas ao suprimento do Complexo Portuário do Pecém, em implantação, e as áreas sujeitas a investimentos do PRODETUR.

Face à tais características, o suprimento d'água para o conjunto da RMF e do Complexo Portuário do Pecém tem de, obrigatoriamente, ser feito por um sistema integrado que busque maximizar o aproveitamento das reduzidas potencialidades locais.

7.1.1 – UM POUCO DA HISTÓRIA DO ABASTECIMENTO DA RMF: DO RIACHO PAJEÚ AO CANAL DO TRABALHADOR

O serviço de abastecimento de água para consumo das populações urbanas é uma atribuição constitucional dos governos municipais, que poderão fazê-lo diretamente através de organismos próprios, ou indiretamente, através da concessão de prestação do serviço por outras entidades de natureza pública e/ou privada.

O abastecimento público de água à população de Fortaleza foi iniciado a partir do ano de 1800, de acordo com os relatos históricos existentes. Consta que esse serviço não era priorizado como assunto de superior interesse público aos habitantes da antiga Vila de Fortaleza de Nossa Senhora de Assunção.

O manancial utilizado para abastecimento era o rio Pajeú, onde a água era captada “in natura” através de cacimbas escavadas no seu leito. Somente em 1812 foi construído o primeiro chafariz público para atender a uma população da ordem de 1500 habitantes; apenas em 1837 foi construído um segundo chafariz público.

Em 1845, a Vila de Fortaleza de Nossa Senhora de Assunção, então com 2500 habitantes, dispunha de 4 (quatro) chafarizes conhecidos como “Cacimbas do Povo”, “Pocinho”, “Lagoinha” e “Jacarecanga”.

Por volta de 1850, os serviços de distribuição de água apresentavam uma grande ineficiência, tanto de natureza técnica (face ao desgaste nas instalações dos chafarizes e cacimbas, bem como da oferta de água aquém das necessidades) quanto político-administrativa, e achou-se conveniente nomear um administrador; porém, por motivos de conflitos políticos, essa experiência foi encerrada três anos depois, tendo sido rescindido o contrato com o referido administrador. Àquela época, a situação do abastecimento já se mostrava bastante problemática, notadamente pela dificuldade na definição de novas fontes e pelo mau funcionamento das fontes existentes: a população em 1860 era de 3500 habitantes.

No ano de 1863 foi organizada em Londres a empresa “Ceará Water Company” para explorar o serviço de abastecimento de água de Fortaleza. A solução técnica de abastecimento apresentada pela Ceará Water Company foi o “...*encanamento da água do Sítio Benfica até a cidade mediante o privilégio, por tempo de 50 anos, referente à venda do líquido*”.



O sistema de abastecimento de água do Sítio Benfica foi inaugurado em 1867: “... a água do Benfica seria vendida nos chafarizes a razão de vinte réis o caneco, espécie de barril com capacidade para dezoito litros”.

O abastecimento de água de Fortaleza, a partir do Sítio Benfica, pode ser considerado como o empreendimento mais importante da Ceará Water Company para o sistema da cidade.

Ao longo desses anos a Companhia Inglesa passou por uma série de dificuldades de ordem financeira e político-administrativa. Além disso, as condições climáticas também influenciaram decisivamente no seu desempenho em vista da seca que se abateu na região no período de 1877-1879: “...em 1877 não havendo água nos reservatórios para suprir os chafarizes, em consequência da seca, a Ceará Water Company suspendeu o abastecimento...”.

Após esta experiência, o serviço de abastecimento de água da cidade virou um verdadeiro caos, ficando a população a mercê dos “aguadeiros” que distribuíam qualquer tipo de água, deteriorando as condições sanitárias da cidade, refletindo negativamente na saúde pública de Fortaleza. À época, 1894, a cidade já tinha uma população aproximada de 50.000 habitantes.

As iniciativas propostas até então para solucionar o problema, sempre esbarraram em questões político-institucionais e técnicas; em 1906 foi criada a Superintendência de Estudos e Obras Contra as Secas, que tinha como objetivo a perfuração de poços “artesianos” para aumentar a captação de água. Essa Superintendência chegou a perfurar alguns poços na cidade, mas logo foi extinta, com menos de três anos de sua criação.

No ano de 1910, foi lançado pelo Governo o Edital de Concorrência Pública para apresentação de “*Estudos dos serviços de abastecimento de água e esgotos da cidade de Fortaleza, e a realizar as respectivas obras por administração empreitada ou concessão*”. O eng. João Felipe Ferreira foi o autor do projeto para o sistema de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, datado de 1912.

O sistema projetado indicou como manancial o Açude Acarape do Meio (atualmente denominado Eugênio Gudim), com uma adutora de 80 km de extensão e diâmetro de 380 mm, a estação de tratamento de água – ETA, dois reservatórios elevados localizados na Praça de Pelotas (hoje Praça Clóvis Beviláqua) e a rede de distribuição com ligações domiciliares. As premissas do projeto previam uma adução de 5.720 m³/dia (isto é, q = 66 l/s) para atender aproximadamente a 47.600 habitantes a uma quota per capita de 120 litros habitantes/dia. Este sistema foi inaugurado em 1927.

Durante muitos anos, foi ele quem abasteceu Fortaleza. Inúmeras modificações foram feitas em função da necessidade de aumentar o volume de água para distribuição na cidade, a exemplo da reformulação do traçado e do diâmetro da adutora do Acarape; os principais serviços realizados pela então criada Comissão de Saneamento de Fortaleza foram iniciados em 1939, e modificaram o traçado inicial, construindo um trecho em túnel e aumentando o diâmetro de 380 mm para 550 mm, o que possibilitou diminuir o comprimento total da tubulação adutora para 62,5 km e, aumentar a capacidade de adução em 1.800 m³/dia. Eles foram concluídos em 1943, “*sob a direção do engenheiro Saturnino de Brito, cuja firma com seu nome, ficaria com a administração do sistema*”.



No início dos anos 50, foi criada a SAAGEC – Serviços Autônomo de Água e Esgoto do Ceará, planejada para assumir a administração geral do setor; contudo, a parte essencial do sistema da capital continuou a ser administrada pelo citado escritório.

Novas obras foram sendo executadas a partir de 1954, como a construção de dois reservatórios apoiados de 500 m³, sendo um na Praça da Bandeira (hoje Clóvis Beviláqua) e o outro na Rua João Cordeiro esquina com Av. Antônio Sales, além de um reservatório apoiado de 1000 m³ e outro elevado de 500 m³ localizados na rua Tibúrcio Cavalcante, esquina com Av. Antônio Sales. Foram construídos também 108 km de rede de distribuição.

Ainda sob a administração do escritório de Saturnino de Brito, em 1960, foram iniciadas outras obras de ampliação da adutora do Acarape, que não foram concluídas por motivos de ordem política e financeira. Novamente Fortaleza encontrava-se com graves problemas no seu abastecimento de água, com reflexos direto nas condições de saúde de população, principalmente a infantil, já que a taxa de mortalidade daquela época era uma das maiores do País, tendo como “causa mortis” predominante as doenças de veiculação hídrica.

Segundo dados censitários de 1960, do IBGE, a população residente em Fortaleza era de 507.108 habitantes e, apenas 65.000 habitantes recebiam água do sistema público do açude Acarape do Meio, o que significava pouco mais de 10% da população da capital.

Nessa época, ficou evidenciado que o grande fator limitante para solucionar, em definitivo, o abastecimento de água de Fortaleza era a ausência de um manancial capaz de suprir a demanda hídrica que já demonstrava acelerado crescimento.

Os estudos desenvolvidos a partir de então apontaram para diversas soluções, como a construção de novos açudes nas Bacias Metropolitanas, reformulação da Adutora do Acarape; no entanto não foram equacionados os recursos financeiros para tais obras.

Emergencialmente foram construídos, em 1962, 52 poços nas dunas do Cocó, que pouco elevaram o nível da oferta de água da cidade.

No início dos anos 70, com o objetivo de viabilizar, a nível do país, a execução do PLANASA – Plano Nacional de Saneamento, ocorreu uma completa reestruturação institucional do setor de saneamento básico no Brasil.

Foi então criada a maioria das atuais Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB's), que, a partir de normas ditadas pelo antigo Ministério do Interior e pelo Banco Nacional de Habitação (BNH), passaram a ter exclusividade na obtenção de empréstimos daquela instituição, para a execução de obras de saneamento em todo o país.

As CESB's incorporaram os órgãos estaduais que à época atuavam direta, ou indiretamente, no setor e se encarregaram de obter as concessões para exploração dos serviços junto aos municípios, detentores constitucionais dos direitos de concessão dos mesmos. Nesta tarefa os governos estaduais e as CESB's usaram todos os mecanismos de pressão política (estava-se no auge do regime militar) e econômica (dispunha-se de monopólio do crédito farto e barato) obtendo cerca de 3.000 concessões municipais dos 4.000 municípios existentes no Brasil à época. Estas concessões, em grande parte ainda vigentes, são, paradoxalmente, instrumentos onde o poder concedente e os usuários se



submetem à vontade das empresas concessionárias, não havendo nas mesmas reservas de direitos com relação aos mais elementares itens, como a definição de tarifas ou fiscalização dos serviços prestados.

Data, então, desta época (1971) o surgimento da CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará, como a responsável pelo abastecimento d'água de Fortaleza e sua Região Metropolitana; atualmente, de todas as cidades que constituem a denominada região RMF + entorno (Fortaleza, Caucaia, São Gonçalo do Amarante, Maracanú, Maranguape, Pacatuba, Guaiuba, Itaitinga, Aquiraz, Horizonte, Pacajus, Chorozinho, Pindoretama e Cascavel), e que têm sistema, somente em Pindoretama a instituição concessionária é a própria Prefeitura.

O suprimento de água foi reforçado com a inauguração da nova adutora do açude Acarape, em 1973, que passou a ter diâmetros de 800 e 900 mm, construídos em tubos de aço.

Também por essa época, foi inaugurada a Estação de Tratamento de Água - ETA do Pici, e várias sub-adutoras interligando a ETA a diversos reservatórios existentes, além de ampliação significativa da rede de distribuição.

Em 1974, com recursos provenientes do extinto DNOS, foi concluída a construção do açude Gavião e incorporado ao sistema, aumentando a adução de água para a capital; este sistema foi complementado no final da década, com o início da construção, também financiada pelo DNOS, dos açudes Pacoti e Riachão e as obras de conexão.

Em 1981, a cidade estava a beira de um colapso total no abastecimento de água, em virtude do período de seca que ocorreu (iniciado em 1979 e que de fato, prolongou-se até 1983), com total exaustão do açude Acarape do Meio.

A inauguração do Sistema Pacoti/Riachão/Gavião em 1981, livrou a cidade do colapso. O sistema constava, além dos açudes, da ETA-Gavião, estação elevatória de Ancuri, reservatório do Ancuri e várias tubulações de grande diâmetro na rede de distribuição de água; os sistemas independentes, como os poços do Cocó, foram desativados.

Entretanto, ele apresentava uma grande falha: como se comprovou claramente depois, tinha uma insatisfatória garantia realmente fornecida para a vazão regularizada. Na verdade, à época “vendeu-se” a idéia de que o sistema ofertaria uma vazão de 6,0 m³/s (conforme os folhetos de propaganda da inauguração) dita como suficiente para garantir o abastecimento até o ano 2000. O que de fato ocorreu é que os mananciais do sistema foram projetados e construídos sem um estudo hidrológico minimamente confiável: este número de 6,0 m³/s nunca foi justificado e, pior ainda, também não foi associado à qualquer nível de garantia.

Por falta de recarga hídrica, decorrente da já citada prolongada seca, a situação tornou-se calamitosa no segundo semestre de 1983: neste período, a escassa vazão ofertada era obtida de bombeamento dos porões dos reservatórios, sendo, obviamente, de muito má qualidade.



Emergencialmente, foram tomadas outras providências, tais como: a reativação dos sistemas dos poços do Cocó e da Abreulândia e, a perfuração de um sistema de cerca de 30 poços na Praia do Futuro (o qual, na realidade, nunca funcionou como planejado).

Data desta época, o primeiro estudo realmente mais consistente sobre o potencial regularizador do Sistema Pacoti/Riachão/Gavião, ainda adicionado do Açude Acarape.

Desenvolvido pelo então criado Conselho Estadual de Recursos Hídricos, através de sua Coordenação Técnica, o estudo utilizou o modelo chuva x deflúvio SMAP, a nível diário, para determinar com os poucos recursos de então, principalmente no setor de informática, as curvas de regularização do sistema.

A título ilustrativo, tais curvas são mostradas nas Figuras 7.1 a seguir: constatou-se a fragilidade do sistema Pacoti/Riachão/Gavião + Acarape cuja vazão total garantida, com a restrição operacional de nível imposta pelo Gavião, com 95% não atingiria 2,0 m³/s, e com 90% seria de cerca de 3,0 m³/s. Para a propalada vazão de 6,0 m³/s o nível de garantia associado seria da ordem de 70%.

A normalidade da estação de chuvas nos anos seguintes, com inclusive a grande cheia de 1985, mascarou a situação, ocasionando o “esquecimento” do problema.

No final da década de 80 e início dos anos 90, o Ceará deu seu grande salto de qualidade e progresso no setor hídrico, com a implantação da Secretaria de Recursos Hídricos (1986) e a elaboração do PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará (1989/1991).

Neste plano, cujos estudos hidrológicos foram realizados em condições muito mais favoráveis, ficou definitivamente patenteada a deficiência crítica dos mananciais do sistema RMF.

Já no Relatório dos Estudos de Base, da 2ª fase do PERH, às págs. de 839 a 844, está mostrado que a vazão com 90% de garantia (e mesma restrição de nível operacional do Gavião) do Sistema Pacoti/Riachão/Gavião seria pouco superior a 3,5 m³/s. Na 3ª fase do PERH, consolidada no Relatório de Planejamento, quando foram mais elaboradas as regras de operação integrada, com inclusive o importante conceito de volume de alerta (então concebido apenas para garantir, no caso deste sistema, 75% do tempo com metade da vazão, o que significaria admitir 2,5% dos meses com colapso pleno), a vazão regularizada com 90% foi determinada como de 3,80 m³/s.

A transcrição fiel de texto da pág. 1.416 deste relatório não precisa de maiores esclarecimentos sobre o diagnóstico então feito do sistema:

“O confronto com as disponibilidades oferecidas pelo sistema diagnostica uma situação crítica... O fato é ainda mais grave ao se levar em conta que o nível de garantia de 90% é marcadamente insatisfatório para o abastecimento humano, principalmente para uma cidade da importância de Fortaleza; na realidade, não se deve admitir como aceitável que em 7,5% do tempo de uma série longa a cidade fique com um suprimento d’água ainda reduzido à metade, e que em 2,5% haja uma absoluta ausência d’água, em especial pela concentração destas falhas em longos períodos contínuos de meses”.



Figura 7.1a - Primeira Curva de Regularização de Vazões Definida para o Sistema Pacoti/Riachão/Gavião (conforme estudo feito em 1984 na então existente Coordenação Técnica do Conselho Estadual de Recursos Hídricos)

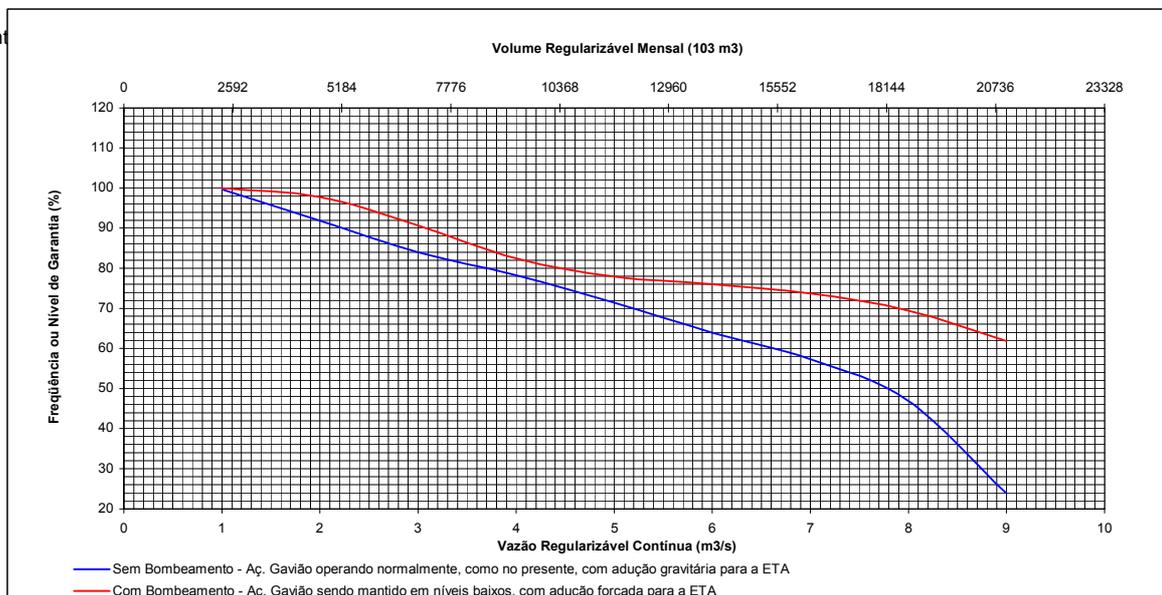
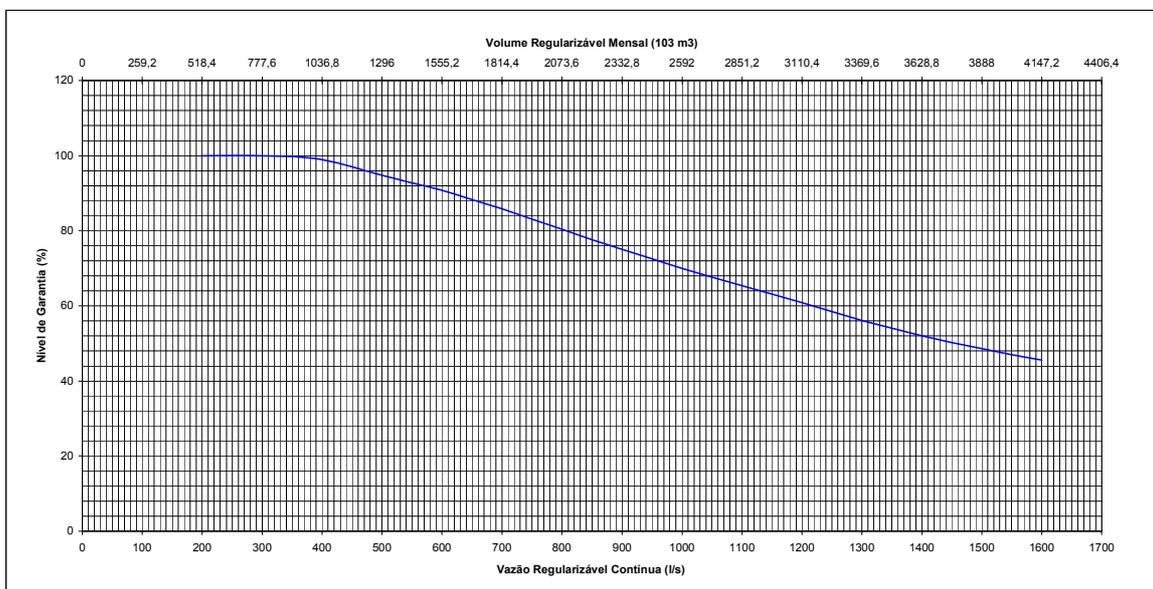


Figura 7.1b - Primeira Curva de Regularização de Vazões Definida para o Açude Acarape do Meio (conforme estudo feito em 1984 na então existente Coordenação Técnica do Conselho Estadual de Recursos Hídricos)



Na prática, contudo, o Sistema Pacoti/Riachão/Gavião continuou operando com vazões retiradas da ordem de 5,0 m³/s: à ela, está associada uma garantia de cerca de apenas 80%.

O que ocorreu posteriormente é de pleno conhecimento, mesmo porque, são fatos muito recentes.



Nos primeiros anos da década de 90, foi construído o açude Pacajus como reforço ao sistema: não só por não ser um reservatório de grandes dimensões, como também pela baixa eficiência que apresenta, esta providência foi claramente insuficiente para resolver o problema.

A seqüência de anos de fraca pluviosidade, iniciado também nesse período, que culminou com a grande seca de 1993, tornou o quadro absolutamente dramático: além de outras soluções menores, como a tentativa não consumada de parcial reativação dos poços da Praia do Futuro, a solução principal encontrada, novamente revestida de caráter super-emergencial, foi a implantação, em tempo recorde, do Canal do Trabalhador, programado (pelo menos teoricamente) para transferir da bacia do Jaguaribe (perenizado basicamente pelos açude Orós e Banabuiú) uma vazão de 6,0 m³/s.

Contudo, o ponto de origem do Canal com sua captação se dando nas vizinhanças da cidade de Itaiçaba, no extremo de jusante do rio Jaguaribe e próxima de sua foz, traz como consequência duas grandes vantagens:

- esta captação se dá após toda a região de grandes demandas concentradas da bacia do Jaguaribe, principalmente os cerca de 45 mil ha já implantados/em implantação no Baixo Jaguaribe, potencializando um grave conflito, em especial, nos períodos de estiagem;
- se sujeita à uma deterioração praticamente incontornável da qualidade d'água, resultado dos efluentes de área irrigada tão significativa, além daqueles das cidades situadas às margens do rio.

Além do mais, ainda devem ser enumeradas duas características também relevantes associadas ao mesmo:

- o Canal por atravessar áreas vocacionalmente irrigáveis nas Bacias Metropolitanas, principalmente para fruticultura tropical de boas perspectivas de mercado, criou uma grande expectativa nos proprietários locais (e outros empresários), além daquela expectativa associada às atividades agropecuárias normais da população marginal;
- o Canal como obra de engenharia é de marcante debilidade, não só exigindo uma permanente e dispendiosa manutenção, oferecendo um contínuo risco de grandes avarias, em especial no caso de ocorrência de fortes chuvas, como também funciona com um baixo nível de rendimento.

No ano de 1.999, quando mais uma vez se atravessou um período bastante crítico, com os mananciais locais responsáveis pelo sistema praticamente secos, o Canal voltou a ser de vital importância para a oferta d'água para a RMF; para melhor desempenhar sua função, tem sido alvo de uma série de intervenções e obras complementares; ainda assim, sua capacidade de escoamento só possa ser garantida para vazões de até 4,5 m³/s,

Caso não sejam tomadas medidas realmente bem planejadas e equacionadas, as perspectivas futuras para o abastecimento d'água da RMF + entorno serão de extrema gravidade, em especial pelo forte processo de desenvolvimento inerente à duas intensas ações ora em implementação na região:

- a industrialização, principalmente associada ao Complexo Industrial-Portuário do Pecém em construção, e cuja garantia d'água também é problemática e



futuramente não satisfeita pelos mananciais locais existentes e possíveis (Aç. Sítios Novos, Aç. Cauhipe, e reservas subterrâneas);

- o incremento do turismo, acentuadamente incentivado por políticas governamentais, com ênfase para o Programa PRODETUR;

7.1.2 – O SISTEMA ATUAL DE ABASTECIMENTO DA RMF + ENTORNO

O sistema principal de mananciais responsável pelo abastecimento da RMF é constituído por um conjunto de reservatórios, em grande parte conectados por obras de canais e túneis, como mostra o esquema da [Figura 7.2](#).

A leste, esse sistema é formado por um conjunto de quatro reservatórios – Pacajus, Pacoti, Riachão e Gavião – que se distribuem em três bacias independentes, sendo interligados por meio de canais e túneis que permitem as transposições necessárias.

O mais oriental dos reservatórios de atendimento da RMF é o Açude Pacajus, localizado próximo à cidade de mesmo nome, que barra o Rio Choró, abrangendo uma bacia hidrográfica de 4.506 km², a qual contém boa porção da vertente de barlavento do maciço de Baturité, com capacidade de acumulação de 240 hm³.

Na vizinha bacia do Rio Pacoti encontram-se os açudes Pacoti e Riachão que são operados de maneira conjunta, possuindo inclusive o sangradouro comum, barrando uma área de 1.080 km², com capacidade de acumulação de 420,6 hm³, constituindo a maior reserva do sistema.

Por fim, na bacia do Rio Cocó, encontra-se o Açude Gavião que tem capacidade de acumulação de 29,5 hm³, barrando uma área de 95 km² que abrange a vertente oriental da Serra de Pacatuba.

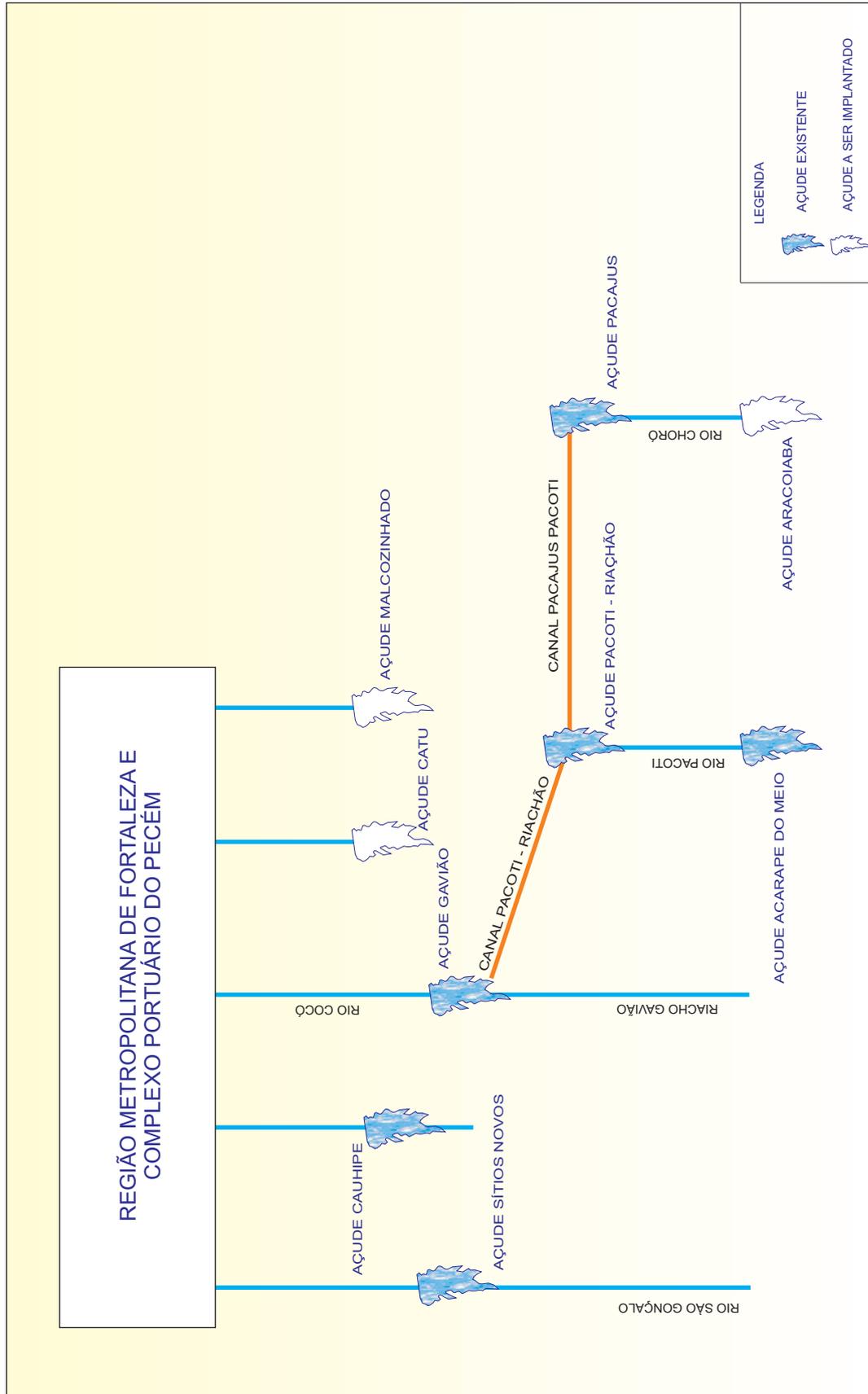
Além destes, não pode deixar de ser citado o Açude Acarape do Meio (capacidade de acumulação de 33,3 hm³), originalmente construído em 1912, no Maciço de Baturité, para abastecer Fortaleza, respondendo hoje, no entanto, pelo suprimento das sedes municipais de Redenção, Acarape, Barreira e Guaiuba, além de alguns distritos que se alinham ao longo da adutora oriunda daquele reservatório.

A ligação entre os açudes Pacajus e Pacoti é realizada com o bombeamento do primeiro para o Açude Ereré, utilizado como reservatório de passagem, de onde parte um canal com cerca de 4,0 km de extensão em cuja extremidade encontra-se outra estação de recalque, cuja função é destinar as águas a um segundo canal, este com 5,5 km, que finalmente desemboca no Açude Pacoti.

Os açudes Pacoti e Riachão são ligados por um canal de 1,8km que funciona gravitariamente. Recentemente, no entanto, fez-se necessária, em face do baixo nível do Pacoti, a construção de um sistema auxiliar com vazão de 10 m³/s, composto por um canal de 660 m de extensão e a instalação de um conjunto de 20 bombas de recalque com potência unitária de 100cv, montadas numa instalação flutuante, para garantia de continuidade da comunicação entre os dois reservatórios; concepção, projeto e fiscalização da execução foram realizados pela VBA Consultores.



Figura 7.2 - Representação Esquemática do Sistema Integrado de Atendimento às Demandas da RMF e do Complexo Portuário do Pecém





A partir do Aç. Riachão, as águas são derivadas gravitariamente para o Açude Gavião, ponto final do sistema atual de reservação à leste da RMF, através de um trecho de túnel, com extensão de 1,75km, seguido de um canal de 4,7km.

Esse sistema de reservação recebe o reforço da importação da bacia do Rio Jaguaribe através do Canal do Trabalhador, que capta água numa pequena barragem vertedoura no leito do Rio Jaguaribe, à altura de Itaiçaba no Baixo Jaguaribe; desenvolvendo-se através de 102,5 km, tendo três sifões - travessias dos riachos Macacos, Umburanas e Rio Pirangi – desembocando no Açude Pacajus.

Embora com vazão originalmente prevista para 6,0 m³/s, o Canal do Trabalhador, conforme já abordado em item anterior, devido à própria concepção e execução emergencial, tem enfrentado sérios problemas de operação e manutenção com trechos bastante deteriorados; até pouco tempo, sua capacidade de escoamento estava limitada à cerca de 2,5 m³/s, que, face às atuais intervenções, já referidas, deve atingir 4,5 m³/s.

Esse sistema de reservação hídrica serve, presentemente, ao atendimento das demandas de Fortaleza, Maracanaú, Eusébio, Itaitinga e à sede de Caucaia, além de Pacatuba e Maranguape, recentemente incorporados ao sistema.

As sedes de Horizonte e Chorozinho, por sua vez, têm seu abastecimento garantido a partir de captação no Açude Pacoti-Riachão.

A implantação do Complexo Portuário do Pecém e o desenvolvimento das praias de Caucaia beneficiadas pelo PRODETUR priorizaram a implantação de um sistema de reservação também a oeste da RMF. Atualmente, esse sistema conta com os reservatórios Cauhipe e Sítios Novos.

O Açude Sítios Novos barra o Rio São Gonçalo, com capacidade máxima de acumulação de 123,2 hm³, abrangendo uma área de 443 km², tendo sua ligação com o Complexo Portuário do Pecém feita por um canal com 23,5 km de extensão e capacidade de vazão de 2,0 m³/s, em fase de conclusão.

Embora o reservatório do Cauhipe esteja concluído, possibilitando a acumulação de 12,2 hm³ provenientes de uma bacia hidrográfica com 94 km², seu aproveitamento só pode ser feito com captação direta no leito perenizado, sendo mais racional sua integração com o Canal Sítios Novos-Pecém através de um canal ou adutora.

No sentido de complementar esse sistema de reservação, em conformidade com a política de recursos hídricos estadual, nos estudos do PGAM admitiu-se como integrantes da infra-estrutura atual de açudagem também os reservatórios Aracoiaba, Catu-cinzeira e Mal Cozinhado, cuja implantação deve se dar já no próximo ano.

Dentre os três, o de maior importância é o Aracoiaba, a ter seu barramento localizado no rio de mesmo nome, à altura do distrito de Vazantes. Sua capacidade máxima de reservação será de 175 hm³, abrangendo uma bacia hidrográfica de 584 km², destinando-se ao abastecimento dos municípios de Baturité e Aracoiaba, além de reforçar a disponibilidade do sistema da RMF.



Os açudes Catu-cinzeira e Mal Cozinhado, com capacidade de acumular 33,2 hm³ e 34,6 hm³, respectivamente, localizam-se próximo ao litoral leste de Fortaleza, servindo ao atendimento dos municípios de Aquiraz, Pindoretama e Cascavel, integrantes da região RMF + entorno.

7.1.3 – BALANÇO HÍDRICO DO CENÁRIO COM A INFRA-ESTRUTURA ATUAL

A confrontação de disponibilidades e demandas hídricas da RMF e do Complexo Portuário do Pecém representa um clássico balanço hídrico concentrado que, apesar de sua simplicidade metodológica, dada à natureza pontual de umas e de outras, é capaz de demonstrar a condição de atendimento, ou não, das demandas.

O grau de exigência das demandas consideradas estabelece a necessidade de exigir das disponibilidades a máxima garantia possível: logo, na consideração do balanço hídrico pretendido, entende-se por disponibilidades hídricas as vazões regularizadas com 99,9% de garantia dos reservatórios operados, segundo o sistema integrado descrito anteriormente.

As demandas a serem atendidas na RMF e no Complexo Portuário do Pecém foram objeto do Capítulo 6.

A [Tabela 7.1](#) apresenta as séries de demandas em questão e as vazões regularizadas, com 99,9% de garantia, dos reservatórios que as atendem, com a totalização desses valores. Por fim, nesse mesmo quadro, são comparadas as demandas e disponibilidades, com o cálculo dos déficits correspondentes, resultantes do não atendimento das demandas, caracterizando o balanço hídrico concentrado do sistema.

Expõe-se, a partir dos cálculos de déficits efetuados, a crítica situação a que estão submetidas as demandas da RMF e do Complexo Portuário do Pecém, sujeitos desde o horizonte do ano 2000, considerado atual, a um deficiência de atendimento de 4,213 m³/s, que se agrava ano a ano, atingindo o valor de 13,191 m³/s no ano 2020.

Essa situação deficitária demonstra a intensa fragilidade no atendimento das demandas, considerando somente a disponibilidade local atual; a primeira alternativa, portanto, seria examinar as condições de incremento dessas disponibilidades locais, e, posteriormente a importação de recursos hídricos de outras bacias.

7.1.4 – BALANÇO HÍDRICO DO CENÁRIO COM A INFRA-ESTRUTURA LOCAL FUTURA

A análise do incremento da oferta hídrica local, levada a cabo no Capítulo 4, quando da apresentação e análise da infra-estrutura hídrica futura, permite concluir que a oferta hídrica local tem como únicas alternativas importantes para incremento os reservatórios Choró e Aracoiaba, sendo os demais açudes em estudo desprezíveis frente às demandas envolvidas, servindo exclusivamente para consumos pontuais.

A avaliação do aproveitamento dos reservatórios Choró e Aracoiaba no atendimento às demandas da RMF e do Complexo Portuário do Pecém merece o cuidado de considerar as perdas e aproveitamentos no percurso, necessariamente em leito natural, destes ao Açude Pacajus.

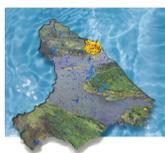


Tabela 7.1 - Balanço Hídrico Considerando Infra-Estrutura Atual de Atendimento da RMF e do Complexo Portuário do Pecém

Ano	Demandas (m ³ /s)											Infraestrutura atual local					Balanço Hídrico
	Fortaleza, Maracanaú, Eusébio e Caucaia sem praias	Caucaia (praias)	Complexo Portuário, São Gonçalo e Pecém	Chorozinho	Horizonte	Itatinga	Maranguape	Pacajus	Pacatuba	Cascavel	Total	Pacoti-Riachão-Gavião (Q _{99,9}) (m ³ /s)	Pacajus ¹ (Q _{99,9}) (m ³ /s)	Sítios Novos (Q _{99,9}) (m ³ /s)	disip. Local (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	
2000	8,857	0,093	0,564	0,019	0,099	0,052	0,264	0,398	0,208	0,442	10,997	3,874	1,989	0,921	6,784	-4,213	
2001	8,942	0,176	0,604	0,020	0,103	0,053	0,269	0,409	0,214	0,453	11,242	3,874	1,989	0,921	6,784	-4,458	
2002	9,036	0,258	0,634	0,020	0,107	0,053	0,274	0,420	0,220	0,465	11,488	3,874	1,989	0,921	6,784	-4,704	
2003	9,138	0,341	1,033	0,021	0,112	0,054	0,280	0,432	0,226	0,478	12,112	3,874	1,989	0,921	6,784	-5,328	
2004	9,220	0,428	1,053	0,021	0,119	0,058	0,285	0,443	0,232	0,490	12,351	3,874	1,989	0,921	6,784	-5,567	
2005	9,490	0,541	1,074	0,021	0,121	0,062	0,291	0,450	0,229	0,495	12,774	3,874	1,989	0,921	6,784	-5,990	
2006	9,778	0,694	1,096	0,021	0,126	0,066	0,297	0,462	0,235	0,508	13,284	3,874	1,989	0,921	6,784	-6,500	
2007	10,075	0,792	1,118	0,022	0,131	0,070	0,303	0,475	0,242	0,521	13,749	3,874	1,989	0,921	6,784	-6,965	
2008	10,376	0,891	1,140	0,022	0,136	0,074	0,309	0,487	0,248	0,535	14,220	3,874	1,989	0,921	6,784	-7,436	
2009	10,680	0,976	1,247	0,023	0,142	0,079	0,315	0,501	0,255	0,549	14,767	3,874	1,989	0,921	6,784	-7,983	
2010	10,992	1,116	1,355	0,022	0,144	0,084	0,322	0,509	0,253	0,555	15,351	3,874	1,989	0,921	6,784	-8,567	
2011	11,311	1,210	1,457	0,022	0,147	0,088	0,326	0,516	0,258	0,567	15,902	3,874	1,989	0,921	6,784	-9,118	
2012	11,636	1,304	1,560	0,023	0,149	0,092	0,330	0,523	0,264	0,579	16,459	3,874	1,989	0,921	6,784	-9,675	
2013	11,977	1,398	1,663	0,023	0,152	0,096	0,334	0,530	0,269	0,591	17,033	3,874	1,989	0,921	6,784	-10,249	
2014	12,325	1,491	1,684	0,024	0,155	0,100	0,339	0,538	0,275	0,603	17,533	3,874	1,989	0,921	6,784	-10,749	
2015	12,718	1,585	1,705	0,024	0,157	0,105	0,343	0,545	0,281	0,615	18,078	3,874	1,989	0,921	6,784	-11,294	
2016	12,973	1,678	1,726	0,025	0,160	0,109	0,347	0,553	0,287	0,628	18,486	3,874	1,989	0,921	6,784	-11,702	
2017	13,219	1,772	1,747	0,025	0,163	0,113	0,352	0,560	0,293	0,641	18,885	3,874	1,989	0,921	6,784	-12,101	
2018	13,455	1,865	1,769	0,026	0,166	0,117	0,356	0,568	0,299	0,654	19,275	3,874	1,989	0,921	6,784	-12,491	
2019	13,681	1,950	1,775	0,026	0,169	0,118	0,361	0,576	0,306	0,668	19,629	3,874	1,989	0,921	6,784	-12,845	
2020	13,899	2,034	1,782	0,027	0,171	0,118	0,366	0,584	0,312	0,682	19,975	3,874	1,989	0,921	6,784	-13,191	
2021	14,106	2,034	1,788	0,027	0,174	0,118	0,370	0,592	0,319	0,696	20,225	3,874	1,989	0,921	6,784	-13,441	
2022	14,304	2,034	1,795	0,027	0,178	0,118	0,375	0,600	0,325	0,710	20,468	3,874	1,989	0,921	6,784	-13,684	
2023	14,495	2,034	1,803	0,028	0,181	0,118	0,380	0,609	0,332	0,725	20,705	3,874	1,989	0,921	6,784	-13,921	
2024	14,679	2,034	1,810	0,028	0,184	0,119	0,385	0,617	0,339	0,740	20,935	3,874	1,989	0,921	6,784	-14,151	
2025	14,856	2,034	1,818	0,029	0,187	0,119	0,390	0,626	0,346	0,755	21,159	3,874	1,989	0,921	6,784	-14,385	
2026	15,027	2,034	1,826	0,029	0,190	0,119	0,395	0,634	0,353	0,771	21,377	3,874	1,989	0,921	6,784	-14,616	
2027	15,193	2,034	1,834	0,030	0,194	0,119	0,400	0,643	0,360	0,787	21,590	3,874	1,989	0,921	6,784	-14,846	
2028	15,353	2,034	1,843	0,030	0,197	0,119	0,406	0,652	0,367	0,803	21,797	3,874	1,989	0,921	6,784	-15,076	
2029	15,508	2,034	1,912	0,031	0,200	0,120	0,412	0,661	0,374	0,820	22,000	3,874	1,989	0,921	6,784	-15,306	
2030	15,660	2,034	1,924	0,031	0,204	0,120	0,418	0,670	0,381	0,837	22,209	3,874	1,989	0,921	6,784	-15,536	

1 - Considerando a influência do açude Castro à montante



Considera-se, com essa intenção, um aproveitamento de somente 85% das vazões regularizadas pelos reservatórios Choró e Aracoiaba para o atendimento da RMF e do Complexo Portuário do Pecém.

A [Tabela 7.2](#) apresenta o balanço hídrico correspondente à essa estratégia, considerando a entrada em operação do reservatório Aracoiaba, em 2001, e do reservatório Choró, em 2006.

Levou-se em conta que a implantação de cada um desses reservatórios não implica em imediata disponibilidade das vazões totais regularizadas; assim considerou-se um incremento escalonado das mesmas até suas plenitudes.

A evolução do balanço hídrico apresentado permite verificar que, no máximo, a disponibilidade hídrica local, com a implantação dos açudes Choró e Aracoiaba em plenitude, seria acrescida de 1,741 m³/s, saltando dos atuais 6,784 m³/s para 8,525 m³/s, não chegando a ser suficiente sequer para atender a demanda de 10,997 m³/s no ano 2000.

Embora a implantação do açude Aracoiaba seja questão definida na política de recursos hídricos do estado do Ceará, o mesmo não pode ser considerado em relação ao açude Choró.

Dois são os entraves ligados à implantação do Açude Choró: a dimensão do lago de acumulação que ocasionaria a desapropriação de uma grande porção de terras, e a possibilidade de salinização das águas do reservatório, a exemplo do reservatório Pompeu Sobrinho.

Essas razões implicam na necessidade da realização de um balanço hídrico para a RMF e o Complexo Portuário do Pecém, tomando como único acréscimo da oferta local o açude Aracoiaba.

A [Tabela 7.3](#) apresenta o resultado desse cenário de ofertas, que obviamente apresenta o nível de precariedade para a região e uma maior dependência da importação de vazões.

O aumento dessa dependência pode ser exemplificado pelos valores do balanço hídrico total no ano 2.020; superávit de 1,550 m³/s, com importação de 13 m³/s, considerando a implantação dos dois açudes, e superávit de 1,487 m³/s, no caso da implantação somente do açude Aracoiaba, com importação de 14 m³/s.

A redução na disponibilidade total local máxima, de 8,525 m³/s para 7,461 m³/s, implica em mudança na programação de importação de vazões, já que a natural demora na disponibilização total dessas vazões locais resulta na formação de uma ação de importação hídrica, absolutamente imprescindível, ao atendimento das demandas em questão.



Tabela 7.2 - Balanço Hídrico para a RMF e do Complexo Portuário do Pecém (Cenário Considerando Implantação dos Açudes Choró e Aracoiaba)

Ano	Fortaleza, Maracaná, Eusébio e Caucaia sem praias	Caucaia (praias)	Complexo Portuário, São Gonçalo e Pecém	Demandas (m³/s)						Infraestrutura atual local			Possível incremento de infraestrutura local		Balanço Hídrico Local	Vazão Importada	Balanço Hídrico Total	
				Chorozinho	Horizonte	Itaitinga	Maranguape	Pacajus	Pacatuba	Cascavel	Total	Pacoti-Riachão-Gavão (Q _{99,9}) (m³/s)	Pacajus ² (Q _{99,9}) (m³/s)	Sítios Novos (Q _{99,9}) (m³/s)				Aracoiaba ¹ (Q _{99,9}) (m³/s)
2000	8.857	0.093	0.564	0.019	0.099	0.052	0.264	0.398	0.208	0.442	10.997	3.874	1.989	0.921	6.784	-4.213	4.000	-0.213
2001	8.942	0.176	0.604	0.020	0.103	0.053	0.269	0.409	0.214	0.453	11.242	3.874	1.705	0.921	6.788	-4.454	5.000	0.546
2002	9.036	0.258	0.634	0.020	0.107	0.053	0.274	0.420	0.220	0.465	11.488	3.874	1.705	0.921	6.885	-4.604	5.000	0.396
2003	9.138	0.341	1.033	0.021	0.112	0.054	0.280	0.432	0.226	0.478	12.112	3.874	1.705	0.921	7.077	-5.035	6.000	0.965
2004	9.220	0.428	1.053	0.021	0.119	0.058	0.285	0.443	0.232	0.490	12.351	3.874	1.705	0.921	7.269	-5.081	6.000	0.919
2005	9.490	0.541	1.074	0.021	0.121	0.062	0.291	0.450	0.229	0.495	12.774	3.874	1.705	0.921	7.461	-5.313	6.000	0.687
2006	9.778	0.694	1.096	0.021	0.126	0.066	0.297	0.462	0.235	0.508	13.284	3.874	1.319	0.921	7.510	-5.774	7.000	1.226
2007	10.075	0.792	1.118	0.022	0.131	0.070	0.303	0.475	0.242	0.521	13.749	3.874	1.319	0.921	7.800	-5.949	7.000	1.051
2008	10.376	0.891	1.140	0.022	0.136	0.074	0.309	0.487	0.248	0.535	14.220	3.874	1.319	0.921	8.070	-6.275	7.000	0.725
2009	10.680	0.976	1.247	0.023	0.142	0.079	0.315	0.501	0.255	0.549	14.767	3.874	1.319	0.921	8.235	-6.532	9.000	2.468
2010	10.992	1.116	1.365	0.022	0.144	0.084	0.322	0.509	0.253	0.555	15.351	3.874	1.319	0.921	8.525	-6.827	9.000	2.173
2011	11.311	1.210	1.457	0.022	0.147	0.088	0.326	0.516	0.258	0.567	15.902	3.874	1.319	0.921	8.525	-7.377	9.000	1.623
2012	11.636	1.304	1.560	0.023	0.149	0.092	0.330	0.523	0.264	0.579	16.459	3.874	1.319	0.921	8.525	-7.935	10.000	2.065
2013	11.977	1.398	1.663	0.023	0.152	0.096	0.334	0.530	0.269	0.591	17.033	3.874	1.319	0.921	8.525	-8.509	10.000	1.491
2014	12.325	1.491	1.684	0.024	0.155	0.100	0.339	0.538	0.275	0.603	17.633	3.874	1.319	0.921	8.525	-9.009	11.000	1.991
2015	12.718	1.585	1.705	0.024	0.157	0.105	0.343	0.545	0.281	0.615	18.078	3.874	1.319	0.921	8.525	-9.554	11.000	1.446
2016	12.973	1.678	1.726	0.025	0.160	0.109	0.347	0.553	0.287	0.628	18.486	3.874	1.319	0.921	8.525	-9.961	12.000	2.039
2017	13.219	1.772	1.747	0.025	0.163	0.113	0.352	0.560	0.293	0.641	18.885	3.874	1.319	0.921	8.525	-10.360	12.000	1.640
2018	13.455	1.865	1.769	0.026	0.166	0.117	0.356	0.568	0.299	0.654	19.275	3.874	1.319	0.921	8.525	-10.751	13.000	2.249
2019	13.681	1.950	1.775	0.026	0.169	0.118	0.361	0.576	0.306	0.668	19.675	3.874	1.319	0.921	8.525	-11.104	13.000	1.896
2020	13.899	2.034	1.782	0.027	0.171	0.118	0.366	0.584	0.312	0.682	19.975	3.874	1.319	0.921	8.525	-11.450	13.000	1.550
2021	14.106	2.034	1.788	0.027	0.174	0.118	0.370	0.592	0.319	0.696	20.225	3.874	1.319	0.921	8.525	-11.700	13.000	1.300
2022	14.304	2.034	1.795	0.027	0.178	0.118	0.375	0.600	0.325	0.710	20.468	3.874	1.319	0.921	8.525	-11.944	14.000	2.056
2023	14.495	2.034	1.803	0.028	0.181	0.118	0.380	0.609	0.332	0.725	20.705	3.874	1.319	0.921	8.525	-12.180	14.000	1.820
2024	14.679	2.034	1.810	0.028	0.184	0.119	0.385	0.617	0.339	0.740	20.935	3.874	1.319	0.921	8.525	-12.411	14.000	1.589
2025	14.856	2.034	1.818	0.029	0.187	0.119	0.390	0.626	0.346	0.755	21.219	3.874	1.319	0.921	8.525	-12.695	15.000	2.305
2026	15.027	2.034	1.826	0.029	0.190	0.119	0.454	0.634	0.414	0.771	21.500	3.874	1.319	0.921	8.525	-12.975	15.000	2.025
2027	15.193	2.034	1.834	0.030	0.194	0.119	0.460	0.643	0.423	0.787	21.717	3.874	1.319	0.921	8.525	-13.192	15.000	1.808
2028	15.353	2.034	1.843	0.030	0.197	0.119	0.466	0.652	0.432	0.803	21.930	3.874	1.319	0.921	8.525	-13.405	15.000	1.595
2029	15.508	2.034	1.912	0.031	0.200	0.120	0.472	0.661	0.441	0.820	22.200	3.874	1.319	0.921	8.525	-13.675	15.000	1.325
2030	15.660	2.034	1.924	0.031	0.204	0.120	0.478	0.670	0.451	0.837	22.409	3.874	1.319	0.921	8.525	-13.884	15.000	1.116

1 - Açudes com vazão regularizada multiplicada por 0,85.

2 - Considerando a influência do açude Castro à montante

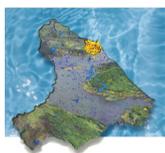


Tabela 7.3 - Balanço hídrico para a RMF e do Complexo Portuário do Pecém (Cenário Considerando Implantação do Açude Aracoiaba)

Ano	Fortaleza, Maracanaú, Eusébio e Caucaia sem praias	Caucaia (praias)	Complexo Portuário, São Gonçalo e Pecém	Chorozinho	Horizonte	Itaitinga	Maranguape	Pacajus	Pacatuba	Cascavel	Demandas (m³/s)			Infraestrutura atual local			Possível incremento de infraestrutura local	Balanço Hídrico Local	Vazão Importada	Balanço Hídrico Total
											Pacajus	Pacatuba	Cascavel	Total	Pacoti-Riachão-Gavião (Q _{99,9}) (m³/s)	Pacajus ² (Q _{99,9}) (m³/s)				
2000	8.657	0.093	0.684	0.019	0.099	0.052	0.264	0.398	0.208	0.442	10.997	3.874	1.989	0.921	6.784	-4.213	4.000	-0.213		
2001	8.942	0.176	0.604	0.020	0.103	0.053	0.269	0.409	0.214	0.453	11.242	3.874	1.705	0.921	6.788	-4.454	5.000	0.546		
2002	9.036	0.258	0.634	0.020	0.107	0.053	0.274	0.420	0.220	0.465	11.488	3.874	1.705	0.921	6.885	-4.604	5.000	0.396		
2003	9.138	0.341	1.033	0.021	0.112	0.054	0.280	0.432	0.226	0.478	12.112	3.874	1.705	0.921	7.077	-5.035	6.000	0.965		
2004	9.220	0.428	1.053	0.021	0.119	0.058	0.285	0.443	0.232	0.490	12.351	3.874	1.705	0.921	7.269	-5.081	6.000	0.919		
2005	9.490	0.541	1.074	0.021	0.121	0.062	0.291	0.450	0.239	0.495	12.774	3.874	1.705	0.921	7.461	-5.313	6.000	0.687		
2006	9.776	0.684	1.096	0.021	0.126	0.066	0.297	0.462	0.235	0.508	13.284	3.874	1.705	0.921	7.461	-5.822	7.000	1.176		
2007	10.075	0.792	1.118	0.022	0.131	0.070	0.303	0.475	0.242	0.521	13.749	3.874	1.705	0.921	7.461	-6.288	7.000	0.712		
2008	10.376	0.891	1.140	0.022	0.136	0.074	0.309	0.487	0.248	0.535	14.220	3.874	1.705	0.921	7.461	-6.758	9.000	2.242		
2009	10.680	0.978	1.247	0.023	0.142	0.079	0.315	0.501	0.255	0.549	14.767	3.874	1.705	0.921	7.461	-7.305	9.000	1.695		
2010	10.992	1.116	1.355	0.022	0.144	0.084	0.322	0.509	0.253	0.555	15.351	3.874	1.705	0.921	7.461	-7.890	9.000	1.110		
2011	11.311	1.210	1.457	0.022	0.147	0.088	0.326	0.516	0.258	0.567	15.902	3.874	1.705	0.921	7.461	-8.440	10.000	1.560		
2012	11.636	1.304	1.560	0.023	0.149	0.092	0.330	0.523	0.264	0.579	16.459	3.874	1.705	0.921	7.461	-8.998	10.000	1.002		
2013	11.977	1.398	1.663	0.023	0.152	0.096	0.334	0.530	0.269	0.591	17.033	3.874	1.705	0.921	7.461	-9.572	11.000	1.428		
2014	12.325	1.491	1.684	0.024	0.155	0.100	0.339	0.538	0.275	0.603	17.533	3.874	1.705	0.921	7.461	-10.072	11.000	0.928		
2015	12.718	1.585	1.705	0.024	0.157	0.105	0.343	0.545	0.281	0.615	18.078	3.874	1.705	0.921	7.461	-10.617	12.000	1.383		
2016	12.973	1.678	1.726	0.025	0.160	0.109	0.347	0.553	0.287	0.628	18.486	3.874	1.705	0.921	7.461	-11.025	12.000	0.975		
2017	13.219	1.772	1.747	0.025	0.163	0.113	0.352	0.560	0.293	0.641	18.985	3.874	1.705	0.921	7.461	-11.424	12.000	0.576		
2018	13.455	1.865	1.769	0.026	0.166	0.117	0.356	0.568	0.298	0.654	19.275	3.874	1.705	0.921	7.461	-11.814	13.000	1.186		
2019	13.681	1.950	1.775	0.026	0.169	0.118	0.361	0.576	0.306	0.668	19.629	3.874	1.705	0.921	7.461	-12.168	13.000	0.832		
2020	13.899	2.034	1.782	0.027	0.171	0.118	0.366	0.584	0.312	0.682	19.975	3.874	1.705	0.921	7.461	-12.513	14.000	1.487		
2021	14.106	2.034	1.788	0.027	0.174	0.118	0.370	0.592	0.319	0.696	20.225	3.874	1.705	0.921	7.461	-12.764	14.000	1.236		
2022	14.304	2.034	1.795	0.027	0.178	0.118	0.375	0.600	0.325	0.710	20.468	3.874	1.705	0.921	7.461	-13.007	14.000	0.993		
2023	14.495	2.034	1.803	0.028	0.181	0.118	0.380	0.609	0.332	0.725	20.705	3.874	1.705	0.921	7.461	-13.243	14.000	0.757		
2024	14.679	2.034	1.810	0.028	0.184	0.119	0.385	0.617	0.339	0.740	20.935	3.874	1.705	0.921	7.461	-13.474	15.000	1.526		
2025	14.856	2.034	1.818	0.029	0.187	0.119	0.390	0.626	0.346	0.755	21.161	3.874	1.705	0.921	7.461	-13.700	15.000	1.242		
2026	15.027	2.034	1.826	0.029	0.190	0.119	0.400	0.634	0.353	0.771	21.381	3.874	1.705	0.921	7.461	-13.921	15.000	0.962		
2027	15.193	2.034	1.834	0.030	0.194	0.119	0.406	0.643	0.360	0.787	21.600	3.874	1.705	0.921	7.461	-14.138	15.000	0.744		
2028	15.353	2.034	1.843	0.030	0.197	0.119	0.412	0.652	0.367	0.803	21.830	3.874	1.705	0.921	7.461	-14.351	16.000	1.531		
2029	15.508	2.034	1.912	0.031	0.200	0.120	0.418	0.661	0.374	0.820	22.000	3.874	1.705	0.921	7.461	-14.559	16.000	1.261		
2030	15.660	2.034	1.924	0.031	0.204	0.120	0.425	0.670	0.381	0.837	22.409	3.874	1.705	0.921	7.461	-14.947	16.000	1.053		

1 - Açudes com vazão regularizada multiplicada por 0.85.

2 - Considerando a influência do açude Castro à montante



7.1.5 – ALTERNATIVAS DE IMPORTAÇÃO DE ÁGUA

Esgotadas as opções de incremento local de oferta hídrica, resta o recurso de importação de águas de outras bacias que, no entanto, deve acautelar-se de conflitos com a bacia originária dos recursos adicionais.

Examinados os resultados anteriores, dedicado à análise da expansão de oferta local, e comparando com os resultados do balanço hídrico realizado consoante as ofertas atuais, pode-se elaborar o gráfico de barras da [Figura 7.3](#), onde a máxima disponibilidade local é confrontada com a série de demandas, considerando hipoteticamente que todo o incremento da oferta local estaria disponível em 2002.

A partir desse gráfico, é possível verificar a incapacidade de qualquer sistema local em atender as demandas da RMF e do Complexo Portuário do Pecém, tornando compulsória a complementação por vazões exógenas às Bacias Metropolitanas.

Confrontada pelas bacias do Rio Curu, a oeste, do Rio Jaguaribe, a leste e sudeste, e do Rio Banabuiú, sub-bacia do Rio Jaguaribe, ao Sul, as Bacias Metropolitanas têm naquelas suas naturais opções de importação hídrica.

A princípio, um exame cartográfico aponta a exequibilidade da importação de recursos da bacia do rio Curu; no entanto um exame mais atento das condições hídricas da mesma revela, praticamente, a inviabilidade de tal opção.

A principal porção da bacia do rio Curu localiza-se a sotavento do Maciço de Baturité, apresentando por esse motivo um regime pluviométrico bastante deficiente que penaliza a regularização dos reservatórios da região.

Aliado a esses fatores climatológicos, em sua porção setentrional, próximo ao litoral situam-se demandas arraigadas de projetos de irrigação pública e privada que representariam, certamente, foco de intenso conflito caso se optasse pela importação dessa bacia.

Contudo, o fator mais importante a levar em conta é que, conforme já demonstrado no PERH-CE, as potencialidades hídricas desta bacia estão praticamente esgotadas, não podendo, nem mesmo, satisfazer adequadamente suas demandas próprias.

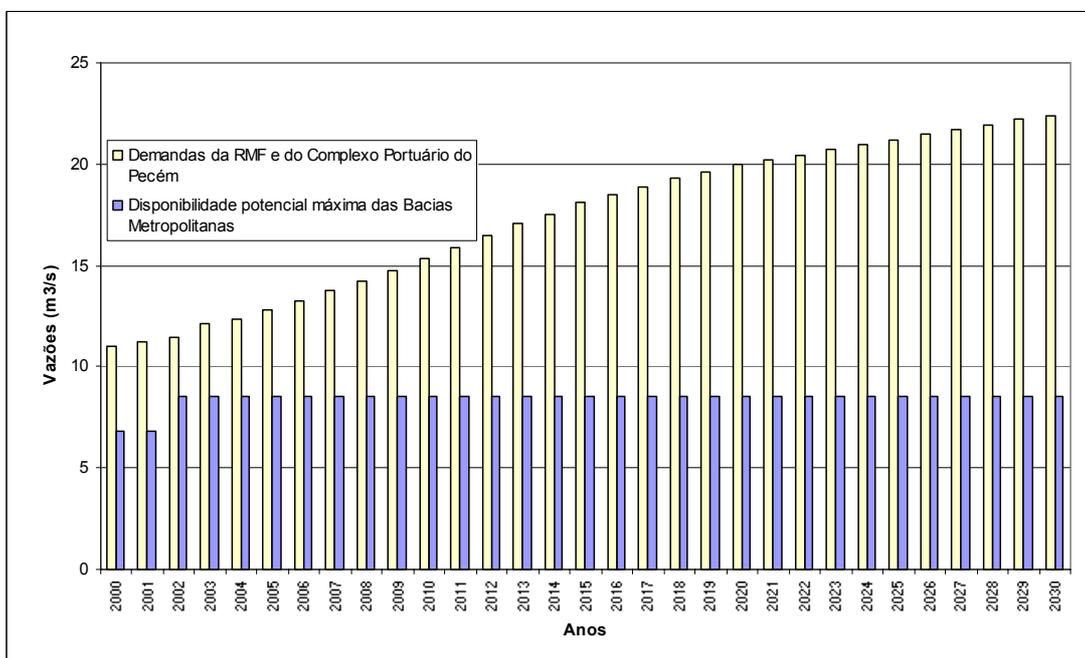
Portanto, só a emergência de colapso de abastecimento da área do Complexo Portuário do Pecém poderia justificar importação a partir da Bacia do Rio Curu, sendo sempre melhor, se possível, evitar essa alternativa.

A bacia do Rio Jaguaribe, por outro lado, sendo a maior do estado e a de maior potencial, e já dispendo de um sistema de reservatórios equilibrado, desponta como a melhor opção de importação de recursos hídricos para as Bacias Metropolitanas.

As reservas acumuladas no açude Orós, aliás, já têm desempenhado importante papel no suprimento emergencial da RMF em ocasiões passadas.



Figura 7.3 – Comparação entre Oferta Potencial Local Máxima e Demandas da RMF e do Complexo Portuário do Pecém



Além da infraestrutura hídrica atual da bacia do Rio Jaguaribe, a entrada em operação do açude Castanhão, atualmente em construção, virá disponibilizar uma vazão regularizada significativa ($Q_{90} = 21,750 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{99} = 17,780 \text{ m}^3/\text{s}$)¹, com destinação prevista à projetos de irrigação no baixo Jaguaribe, mas prioritariamente ao abastecimento humano, tendo como alvo as demandas da RMF e do Complexo Portuário do Pecém.

7.2 – O BALANÇO HÍDRICO DAS DEMAIS SEDES MUNICIPAIS E DISTRITOS DAS BACIAS METROPOLITANAS

No presente item se faz um balanço hídrico entre as demandas previstas para as demais sedes municipais das Bacias Metropolitanas, não inclusas nas discussões anteriores, nos cenários de projeção populacional anteriormente concebidos com a oferta hídrica garantida, que pode ser disponibilizada pela infra-estrutura hídrica local.

Nesta perspectiva, ele está composto com a seguinte estrutura:

- consolidação das demandas: a partir das demandas associadas a cada uso, cada cenário, conforme apresentados nos capítulos iniciais deste relatório;
- oferta d'água: a partir dos resultados constantes dos estudos de recursos hídricos superficiais desenvolvidos, que considera a infra-estrutura atual implantada e em implantação;
- balanço hídrico: com o confronto entre as demandas e ofertas, para cada cenário.

¹ Valores extraídos dos “Estudos de Inserção Regional do Projeto de Transposição de Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional”, desenvolvido pela VBA Consultores para o Ministério da Integração Nacional através de contrato com a FUNCATE. (2000)



7.2.1 - CONSOLIDAÇÃO DAS DEMANDAS

As demandas dessas sedes municipais são basicamente de abastecimento humano, dada a incipiência industrial, geralmente só alterada por pequenas indústrias alimentícias cuja demanda pode ser diluída no consumo humano em geral.

No Capítulo 6 já foram consolidadas as demandas municipais, cujos valores serão aqui utilizados. Por se tratar do balanço hídrico das sedes municipais e distritais apenas são de interesse as demandas humanas urbanas e as demandas industriais.

7.2.2 – OFERTA HÍDRICA DISPONÍVEL: DISPONIBILIDADES E GARANTIA

A principal fonte de informações sobre os sistemas de abastecimento humano é a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) que opera a maioria dos sistemas de abastecimento humano da região. No Capítulo 2 foram apresentadas as informações disponíveis sobre os sistemas de abastecimentos de núcleos urbanos, respectivamente sobre dados operacionais dos sistemas de abastecimento de água e mananciais de abastecimento.

O atendimento a essas demandas é feito, normalmente, por pequenos sistemas locais, que têm como mananciais poços profundos ou reservatórios, comumente sem grande capacidade de armazenamento, que não oferecem garantias compatíveis com abastecimento destinado ao consumo humano.

Observa-se na região de abrangência das Bacias Metropolitanas a baixa percentagem de distritos atendidos (4,42%), inclusive distritos urbanos com montantes expressivos de população sem sistema de abastecimento ou com sistemas de abastecimento insatisfatórios para atender as demandas atuais.

As águas subterrâneas tem sido priorizadas para o abastecimento público, em virtude da qualidade notoriamente superior que as águas superficiais, proporcionando por conseguinte um menor custo de tratamento e exploração. Das 31 sedes municipais, pertencentes às Bacias Metropolitanas, 31% são abastecidas por águas subterrâneas. E, se considerar as lagoas interdunares de Aquiraz, Beberibe e Paracuru como sendo alimentados pelo aquífero Dunas; este percentual se elevaria para 42%.

A [Tabela 7.4](#) apresenta a situação atual de oferta hídrica às sedes dos demais municípios das Bacias Metropolitanas, não pertencentes à RMF ou ao Complexo Portuário do Pecém, destacando o manancial para cada um destes municípios. Já a [Tabela 7.5](#) apresenta as mesmas informações agora para as sedes distritais. Revela-se a partir dessa tabela uma situação de vulnerabilidade, refletida no fato de a maioria dessas cidades não disporem de sistemas formais de abastecimento.

As vazões garantidas dos reservatórios (99%) foram tomadas por um dos seguintes procedimentos na seqüência preferencial:

- 1 - por simulação matemática, para aqueles com capacidade maior que 10hm^3 , já disponibilizados no Capítulo 4;
- 2 - a partir de documentação informativa da CAGECE;
- 3 - nulas para reservatórios com capacidade menor que 10hm^3 ;



4 - estimadas em função do rendimento médio observado para a região.

Tabela 7.4 – Mananciais de Suprimento D'Água das Demais Sedes Municipais das Bacias Metropolitanas

Município	Manancial de Abastecimento
Acarape	Aç. Acarape do Meio
Aquiraz	Lagoa do Catu
Aracoiaba	01 PA (30 m ³ /h)
Aratuba	03 PT, 01 PA, 01 FONTE (10 m ³ /h)
Barreira	Aç. Acarape do Meio
Baturité	Aç. Tijuquinha
Beberibe	Lagoa Uberaba
Capistrano	Aç. Teimoso (4 hm ³)
Choró	Aç. Pompeu Sobrinho
Guaiuba	Aç. Acarape do Meio
Guaramiranga	02 PA (18 m ³ /h)
Ibaretama	Poço (4,80 m ³ /h)
Itapiúna	Aç. Castro
Mulungu	Poços (330 m ³ /h)
Ocara	Aç. Castro
Pacoti	04 PA (36 m ³ /h)
Palmácia	03 Fontes (12 m ³ /h)
Pindoretama	Lagoa do Tapúio
Redenção	Rio Pacoti

PT = Poço Tubular

PA = Poço Amazonas ou Aluvião

Obs.: A tabela apresenta apenas as informações oficiais das fontes de abastecimento

O regime pluviométrico e as condições de escoamento do Nordeste brasileiro, responsável pelo suprimento dos reservatórios superficiais da região, são o fator condicionante da garantia de disponibilidade hídrica. Assim, para um nível de garantia de 99%, a imensa maioria dos açudes com volume não superior 10hm³ não têm capacidade de regularização, não sendo portanto confiáveis como suporte único de suprimento à demandas humanas.

Assim, as vazões garantidas dos reservatórios (99%) não simulados nesse relatório (capacidades de acumulação < 10hm³) foram consideradas nulas.

Conforme constatado, as informações oficiais de atendimento das sedes municipais e distritais sejam oriundas da CAGECE ou da FNS são bastante precárias, deixando muitas cidades sem qualquer informação. Nesse sentido, de posse do Cadastro de Poços da CPRM, que apresenta nos municípios das Bacias Metropolitanas 4.603 poços, todos com localização por coordenadas UTM, dos quais 1.524 possuem dados de vazão, procedeu-se a seleção daqueles poços públicos que claramente estariam atendendo ao menos à uma parcela da população dessas cidades.

Do total de poços com vazão informada pertencentes aos municípios componentes das Bacias Metropolitanas, em razão de vários desses municípios terem apenas parte de seu território inserido dentro dos limites das bacias em estudo, apenas 908 são de interesse desse estudo.



Tabela 7.5 - Sedes Distritais das Bacias Metropolitanas com Fontes de Abastecimento

Município	Distrito	Manancial de Abastecimento
Aquiraz	Camará	-
	Caponga da Bernada	-
	Jacaúna	-
	Justiniano de Serpa	-
	Patacas	-
	Tapera	-
Aracati	Jirau	-
Aracoiaba	Ideal	Aç. Castro
	Jaguarão	-
	Jenipapeiro	-
	Lagoa de São João	-
	Milton Belo	-
	Pedra Branca	-
	Plácido Martins	-
	Vazantes	-
Barreira	Córrego	-
	Lagoa do Barro	-
	Lagoa Grande	-
Baturité	Boa Vista	Poço (4m ³ /h)
	São Sebastião	-
Beberibe	Itapeim	-
	Parajuru	-
	Paripueira	-
	Serra do Félix	-
	Sucatinga	-
Canindé	Esperança	-
	Targinos	-
Choró	Barbada	-
	Caçarinha	-
	Maravilha	-
	Monte Castelo	-
Fortim	Campestre	-
	Guajiru	-
Guaiúba	Água Verde	Aç. Acarape do Meio
	Itacima	Aç. Franco Leite
Guaramiranga	Pernambuquinho	-
Ibaretama	Nova Vida	-
	Oiticica	-
	Pirangi	-
Itapiúna	Caio Prado	Aç. Castro
	Itans	Aç. Curupati
	Palmatória	Aç. Castro
Morada Nova	Aruaru	Aç. Batente
	Boa Água	-
Ocara	Arisco dos Marianos	-
	Curupira	-
	Novo Horizonte	-
	Sereno de Cima	-
	Serragem	-
Pacoti	Colina	-
	Fátima	-
	Santa Ana	-
Palmácia	Gado	-
	Gados dos Rodrigues	-
Quixadá	California	-
	Dom Mauricio	-
	São João dos Queirozes	-
Redenção	Antônio Diogo	Aç. Acarape do Meio
	Guassi	-
	São Gerardo	-

Obs.: A tabela apresenta apenas as informações oficiais das fontes de abastecimento



A necessidade de ampliação da disponibilidade de dados de vazão, conduziu a adoção da média das vazões informadas dos poços num raio de 2km, para cada um daqueles que não possuíam vazões informadas no referido cadastro.

Esse procedimento encontra respaldo no objetivo do balanço hídrico pretendido, que almeja um diagnóstico da situação hídrica, em seguida orientando o planejamento de ações para dirimir os déficits hídricos. Dessa forma o número de poços com vazão a serem trabalhados aumentou de 908 para 2.244 conforme mostra a Tabela 7.6.

Tabela 7.6 – Número de Poços com Dados de Vazão nas Bacias Metropolitanas

Tipo dos Poços	Poços com Dados de Vazão da Casdatro da CPRM	Poços com Dados de Vazão obtidos pela Metodologia da Proximidade	Total
Públicos	336	408	744
Privados	572	928	1.500
Total	908	1.336	2.244

A utilização de poços por uma sede municipal ou distrito restringe-se naturalmente aqueles a uma certa distância da mesma, a partir da qual passa a ser inviável essa utilização.

Considerou-se então que a disponibilidade subterrânea urbana de uma dada cidade decorre da alocação das vazões dos poços distantes menos de 2km de cada centro urbano. Além do critério acima descrito, a definição dos poços componentes dessa disponibilidade consiste em disponibilizar para tal composição apenas os poços públicos não salinos.

Vale ressaltar que, para locais dotados de informação oficial sobre a vazão dos poços utilizados no abastecimento da cidade, quando este é feito via manancial subterrâneo, como é o caso das sedes dos municípios de Aracoiaba, Aratuba, Guaramiranga, Pacoti, Palmácia e Mulungu, além dos distritos de Caponga e Croatá, esta informação se sobrepôs à obtida pela metodologia descrita acima, sendo esta usada em detrimento daquela.

A [Tabela 7.7](#) mostra a disponibilidade subterrânea urbana para cada sede municipal ou distrital, seja esta disponibilidade originária de informação oficial de órgão responsável seja obtida através da metodologia acima descrita.

7.2.3 – O BALANÇO HÍDRICO: SITUAÇÃO DO SUPRIMENTO DAS DEMAIS SEDES MUNICIPAIS E DISTRITAIS

Os dados de demanda e oferta hídricas contidos nos itens anteriores permitem a composição da [Tabela 7.8](#), cujo conteúdo mostra o balanço hídrico atual de cada sede municipal aqui estudada.

Esse balanço hídrico, representando apenas a infra-estrutura de açudes e adutoras já atualmente em operação, apresenta um déficit acumulado de 0,437 m³/s.



Tabela 7.7 – Disponibilidades Subterrâneas Urbanas

Cidade	Disponibilidade Subterrânea Urbana (l/s)
Água Verde (Guaiúba)	0,97
Aquiraz	3,51
Aracoiaba	8,33
Aratuba	2,78
Aruaru (Morada Nova)	0,28
Barreira	1,32
Baturité	10,48
Boa Vista (Baturité)	1,11
Camará (Aquiraz)	6,93
Caponga (Cascavel)	8,06
Cascavel	21,39
Catuana (Caucaia)	4,44
Cristais (Cascavel)	1,35
Croatá (São Gonçalo do Amarante)	4,03
Dourados (Horizonte)	1,00
Gado (Palmácia)	0,89
Gereraú (Itaitinga)	1,97
Guanacés (Cascavel)	4,35
Guaramiranga	5,00
Guassi (Redenção)	0,56
Queimados (Horizonte)	2,26
Ibaretama	1,33
Ideal (Aracoiaba)	3,33
Iguape (Aquiraz)	1,25
Itaitinga	14,57
Itapebussu (Maranguape)	0,42
Jacarecoara (Cascavel)	1,11
Jacaúna (Aquiraz)	1,62
Jaguarão (Aracoiaba)	0,33
Jurema (Caucaia)	1,51
Justiniano de Serpa (Aquiraz)	2,07
Mirambé (Caucaia)	0,69
Morro Branco (Beberibe)	3,15
Mulungu	9,37
Ocara	3,22
Pacoti	10,00
Palmácia	3,33
Pascoal (Pacajus)	1,12
Patacas (Aquiraz)	5,41
Pernambuquinho (Guaramiranga)	4,39
Pindoretama	4,11
Pirangi (Ibaretama)	1,06
Prainha (Aquiraz)	2,41
Santa Ana (Pacoti)	0,42
Siupé (São Gonçalo do Amarante)	0,42
Tapera (Aquiraz)	5,25
Umarituba (São Gonçalo do Amarante)	0,08

Legenda:

XXX

Informação Oficial CAGECE



Tabela 7.8 – Balanço Hídrico Atual das Demais Sedes Municipais das Bacias Metropolitanas

Município/ Distrito	Oferta Hídrica (m ³ /s)	Demanda Global			Déficit (m ³ /s)	Déficit Acumulado (m ³ /s)
		Humana (m ³ /s)	Industrial (m ³ /s)	Total (m ³ /s)		
Acarape*	0,812	0,013	0,000	0,013	-	-
Água Verde (Guaiúba)*		0,006	0,000	0,006		-
Antônio Diogo (Redenção) *		0,001	0,000	0,001		-
Barreira		0,011	0,000	0,011		-
Guaiúba*		0,015	0,010	0,026		-
Redenção*		0,013	0,015	0,028		-
Aquiraz	0,014	0,042	0,243	0,286	0,272	0,272
Aracoíaba	0,008	0,012	0,002	0,014	0,006	0,278
Aratuba	0,003	0,004	0,000	0,004	0,001	0,279
Baturité	0,010	0,040	0,000	0,040	0,030	0,309
Beberibe	0,004	0,009	0,000	0,009	0,005	0,314
Capistrano	0,172	0,010	0,000	0,010	-	0,314
Itapiúna		0,006	0,000	0,006		0,314
Ocara		0,006	0,000	0,006		0,314
Caio Prado (Itapiúna)		0,003	0,000	0,003		0,314
Ideal (Aracoíaba)		0,002	0,000	0,002		0,314
Palmatória (Itapiúna)		0,001	0,000	0,001		0,314
Choró	0,229	0,013	0,000	0,013	-	0,314
Guaramiranga	0,005	0,002	0,000	0,002	-	0,314
Ibaretama	0,001	0,003	0,000	0,003	0,001	0,315
Mulungu	0,009	0,007	0,000	0,007	-	0,315
Pacoti	0,010	0,005	0,000	0,005	-	0,315
Palmácia	0,003	0,006	0,000	0,006	0,003	0,317
Pindoretama	0,004	0,011	0,113	0,124	0,120	0,437

* Municípios abastecidos por manancial em comum

O déficit hídrico foi calculado para cada município pela diferença entre oferta e demanda hídrica. Para o caso de uma fonte hídrica atendendo a mais de um município calculou-se o déficit hídrico dessa fonte considerando a demanda resultante dos vários municípios. Como exemplo desse caso pode-se citar Guaiúba, Barreira, Acarape e Redenção atendidas pelo açude Acarape do Meio.

Vale ressaltar que não foram consideradas, sobre as vazões regularizadas, percentual algum de perdas totais, incluindo aquelas por infiltração, evaporação, usos difusos não controlados e gestão do sistema de barragens; sendo, portanto, o balanço hídrico trabalhado com os valores totais. Ademais, para aquelas localidades dotadas de poços (seja via informação oficial, seja pela metodologia aqui adotada) as vazões destes poços foram incorporadas à oferta hídrica do município, inclusive no caso do município estra sendo abastecido também por um açude de regularização. Assim, citando mais uma vez o exemplo dos municípios abastecidos pelo açude Acarape do Meio, a oferta hídrica constante da tabela 7.8 corresponde não apenas à vazão regularizada do referido açude com 99% de garantia, como também engloba a disponibilidade subterrânea daquele município.

Vale ressaltar que, distintamente do que foi aplicado aos municípios integrantes da RMF, onde foram consideradas no balanço as demandas humanas urbanas como um todo, englobando tanto as demandas das sedes municipais como também dos distritos, no balanço hídrico dos demais municípios integrantes das Bacias Metropolitanas estas demandas foram tratadas separadamente.

Assim, as demandas apresentadas na tabela 7.8 e, conseqüentemente, o balanço hídrico refere-se apenas às sedes dos municípios.

Seguindo a mesma linha de raciocínio e adotando os mesmos critérios utilizados para as sedes municipais, a [Tabela 7.9](#) apresenta o balanço hídrico para todos os distritos



inseridos nos limites das Bacias Metropolitanas, inclusive aqueles pertencentes a municípios cuja sede não se encontra dentro da área de estudo. Excetuam-se da referida tabela aqueles distritos que, por fazerem uso de uma fonte hídrica comum também ao abastecimento de sedes municipais, forma anteriormente inseridos no balanço hídrico referente às sedes dos municípios. Esse é o caso, por exemplo, dos distritos Água Verde, pertencente ao município de Guaiúba, e Antonio Diogo, pertencente a Redenção, que por serem supridos pelo açude Acarape do Meio, foram incluídos no balanço juntamente com as sedes municipais de Acarape, Barreira, Guaiúba e Redenção.

Como já amplamente conhecido e divulgado, dois dos principais objetivos do estudos para suprimento e satisfação hídricos das demandas são a garantia plena da oferta hídrica necessária para o abastecimento d'água e atividades econômicas prioritárias da região; e a maximização da utilização dos recursos hídricos locais.

Assim, em contraste com as demandas da RMF e do Complexo Portuário do Pecém, que exigem grandes volumes de oferta hídrica, o atendimento das demandas das demais cidades depende fundamentalmente da adoção de uma política não só de acumulação de reservas, mas também de distribuição das mesmas. Nesse sentido, o Governo do Estado vem incrementando a infra-estrutura hídrica de açudes e adutoras em todo o Estado, o que permite projetar uma política de atendimento às demandas das demais cidades das Bacias Metropolitanas.

O balanço hídrico das populações dessas sedes municipais projetadas para 2010 e 2020, já considerando as adutoras como estando em pleno funcionamento em 2010 está apresentado na [Tabela 7.10](#). Como não está prevista qualquer adutora para quaisquer dos distritos ora em estudo, a [Tabela 7.11](#), que apresenta o balanço projetado para as sedes distritais apenas diferenciado pelo acréscimo nas demandas.

Analisando a tabela referente ao balanço hídrico concentrado futuro das sedes municipais observa-se que para o cenário 2000 o déficit acumulado caiu de $0,437 \text{ m}^3/\text{s}$ para $0,046 \text{ m}^3/\text{s}$ decorrente do aumento da oferta hídrica com a construção dos açudes Catu e Mal-Cozinhado, que passaram a abastecer respectivamente Aquiraz e Pindoretama. Contudo, deve-se ressaltar que, embora o açude Mal-Cozinhado venha suprir totalmente a demanda de Pindoretama até para os horizontes 2010 e 2020, o mesmo não ocorre com a cidade de Aquiraz que, mesmo contando com incremento considerável em sua oferta devido ao açude Catu e apesar do déficit desaparecer para o horizonte 2000, nos demais horizontes os déficits continuam, embora menores. Isto leva à conclusão que o açude Catu não é suficiente para abastecer plenamente a cidade de Aquiraz, atentando-se inclusive para o fato de estar sendo ainda adicionada a oferta hídrica pré-existente desta localidade, a saber a Lagoa do Catu e poços com uma disponibilidade de $3,51 \text{ l/s}$.

Seguindo a análise, o balanço hídrico para o cenário 2010 apresenta um déficit acumulado de $0,008 \text{ m}^3/\text{s}$ em detrimento aos $0,046 \text{ m}^3/\text{s}$ do cenário 2000, mesmo com o incremento projetado das demandas, uma vez que foram consideradas nesse horizonte todas as adutoras em implantação e em projeto. Já para o cenário 2020, com um novo incremento de demanda devido as projeções das populações urbanas e da demanda industrial e mantendo-se inalterada a estrutura de oferta hídrica, o déficit acumulado sofre um pequeno aumento, subindo para $0,010 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vale ressaltar mais uma vez que esses balanços hídricos merecem cuidado em sua interpretação, pois representam ofertas hídricas sem consideração de quaisquer tipo de perdas.



Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas



Tabela 7.9 - Balanço Hídrico Atual dos Distritos

Município	Distrito	Oferta Hídrica (l/s)	Demanda Global			Déficit (l/s)	Déficit Acumulado (l/s)
			Humana (l/s)	Industrial (l/s)	Total (l/s)		
Aquiraz	Camará	6,93	15,9	0,000	15,931	9,001	9,001
	Caponga da Bernada	0,00	2,2	0,000	2,181	2,181	11,183
	Jacaúna	1,62	11,5	0,000	11,538	9,918	21,101
	Justiniano de Serpa	2,068	9,8	0,000	9,801	7,733	28,834
	Patacas	5,411	6,8	0,000	6,827	1,416	30,250
	Tapera	5,247	11,9	0,000	11,902	6,655	36,905
Aracati	Jirau	0,00	0,7	0,000	0,650	0,650	37,555
Aracoiaba	Ideal	-	-	-	-	-	37,555
	Jaguarão	0,333	1,0	0,000	1,041	0,708	38,263
	Jenipapeiro	0,00	0,5	0,000	0,478	0,478	38,741
	Lagoa de São João	0,00	0,8	0,000	0,771	0,771	39,512
	Milton Belo	0,00	1,0	0,000	1,035	1,035	40,548
	Pedra Branca	0,00	0,6	0,000	0,637	0,637	41,185
	Plácido Martins	0,00	0,6	0,000	0,563	0,563	41,748
	Vazantes	0,00	2,5	0,000	2,494	2,494	44,242
Barreira	Córrego	0,00	2,1	0,000	2,077	2,077	46,319
	Lagoa do Barro	0,00	0,3	0,000	0,272	0,272	46,591
	Lagoa Grande	0,00	0,6	0,000	0,564	0,564	47,155
Baturité	Boa Vista	1,11	0,7	0,000	0,683	-	47,155
	São Sebastião	0,00	1,4	0,000	1,407	1,407	48,563
Beberibe	Itapeim	0,00	0,6	0,000	0,565	0,565	49,128
	Parajuru	0,00	5,6	0,000	5,635	5,635	54,763
	Paripueira	0,00	1,3	0,000	1,309	1,309	56,072
	Serra do Félix	0,00	1,9	0,000	1,875	1,875	57,947
	Sucatinga	0,00	1,3	0,000	1,287	1,287	59,234
Canindé	Esperança	0,00	0,1	0,000	0,091	0,091	59,325
	Targinos	0,00	0,2	0,000	0,209	0,209	59,534
Choró	Barbada	0,00	0,2	0,000	0,231	0,231	59,764
	Caçarinha	0,00	0,4	0,000	0,391	0,391	60,156
	Maravilha	0,00	1,7	0,000	1,656	1,656	61,811
	Monte Castelo	0,00	1,3	0,000	1,327	1,327	63,139
Fortim	Campestre	0,00	0,7	0,000	0,726	0,726	63,865
	Guajiru	0,00	1,0	0,000	0,974	0,974	64,839
Guaiúba	Água Verde	-	-	-	-	-	64,839
	Itacima	0,00	1,7	0,000	1,739	1,739	66,577
Guaramiranga	Pernambuquinho	4,390	1,4	0,000	1,394	-	66,577
Ibaretama	Nova Vida	0,00	0,4	0,000	0,384	0,384	66,961
	Oiticica	0,00	0,8	0,000	0,831	0,831	67,792
	Pirangi	1,056	1,3	0,000	1,265	0,209	68,002
Itapiúna	Caio Prado	-	-	-	-	-	68,002
	Itans	0,00	1,0	0,000	0,986	0,986	68,988
	Palmatória	-	-	-	-	-	68,988
Morada Nova	Aruaru	63,28	7,3	0,000	7,269	-	68,988
	Boa Água	0,00	0,7	0,000	0,731	0,731	69,720
Ocara	Arisco dos Marianos	0,00	0,5	0,000	0,457	0,457	70,177
	Curupira	0,00	0,9	0,000	0,875	0,875	71,051
	Novo Horizonte	0,00	1,3	0,000	1,302	1,302	72,353
	Sereno de Cima	0,00	2,2	0,000	2,211	2,211	74,564
	Serragem	0,00	1,1	0,000	1,117	1,117	75,681
Pacoti	Colina	0,00	0,2	0,000	0,158	0,158	75,839
	Fátima	0,00	0,3	0,000	0,321	0,321	76,160
	Santa Ana	0,42	0,3	0,000	0,346	-	76,160
Palmácia	Gado	0,89	0,3	0,000	0,283	-	76,160
	Gados dos Rodrigues	0,00	0,4	0,000	0,359	0,359	76,519
Quixadá	Califórnia	0,00	1,0	0,000	0,955	0,955	77,474
	Dom Mauricio	0,00	1,0	0,000	0,999	0,999	78,473
	São João dos Queirozes	0,00	1,4	0,000	1,406	1,406	79,879
Redenção	Antônio Diogo	-	-	-	-	-	79,879
	Guassi	0,56	0,9	0,000	0,881	0,325	80,204
	São Gerardo	0,00	0,1	0,000	0,057	0,057	80,262

Observações:

XXX

Distrito apresentado no balanço hídrico das sedes municipais por dispor de manancial de abastecimento comum a alguma(s) sede(s) municipal

A tabela não apresenta os distritos pertencentes aos municípios integrantes da RMF, já inclusos no balanço desta

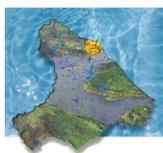


Tabela 7.10 - Projeção do Balanço Hídrico Concentrado das Demais Sedes Municipais das Bacias Metropolitanas (Cenários Futuros)

Município	Horizonte 2000						Horizonte 2010						Horizonte 2020					
	Oferta Hídrica (m³/s)	Demanda Global			Déficit Acumulado (m³/s)	Déficit (m³/s)	Oferta Hídrica (m³/s)	Demanda Global			Déficit Acumulado (m³/s)	Déficit (m³/s)	Oferta Hídrica (m³/s)	Demanda Global			Déficit Acumulado (m³/s)	Déficit (m³/s)
		Humana (m³/s)	Industrial (m³/s)	Total (m³/s)				Humana (m³/s)	Industrial (m³/s)	Total (m³/s)				Humana (m³/s)	Industrial (m³/s)	Total (m³/s)		
Acarape ¹	0,013	0,000	0,013	-	-	0,015	0,000	0,015	-	-	0,019	0,000	0,019	-	-	0,019	0,000	0,019
Barreira ¹	0,014	0,005	0,018	-	-	0,016	0,007	0,023	-	-	0,018	0,007	0,025	-	-	0,018	0,007	0,025
Redenção ¹	0,022	0,015	0,037	-	-	0,021	0,016	0,037	-	-	0,023	0,016	0,039	-	-	0,023	0,016	0,039
Guaiúba [*]	0,023	0,010	0,033	-	-	0,023	0,012	0,034	-	-	0,024	0,012	0,036	-	-	0,024	0,012	0,036
Água Verde (Guaiúba) ¹	0,006	0,000	0,006	-	-	0,006	0,000	0,006	-	-	0,006	0,000	0,006	-	-	0,006	0,000	0,006
Antônio Dilog (Redenção)	0,001	0,000	0,001	-	-	0,008	0,000	0,008	-	-	0,009	0,000	0,009	-	-	0,009	0,000	0,009
Aracoliaba ²	0,012	0,002	0,014	0,036	0,036	0,012	0,002	0,014	0,036	0,036	0,013	0,002	0,015	-	-	0,013	0,002	0,015
Baturité ²	0,040	0,000	0,040	0,036	0,036	0,048	0,000	0,048	-	-	0,062	0,000	0,062	-	-	0,062	0,000	0,062
Aquiraz ³	0,300	0,243	0,286	-	-	0,042	0,275	0,317	0,017	0,017	0,300	0,044	0,291	0,035	0,035	0,044	0,000	0,335
Aratuba	0,003	0,004	0,004	0,001	0,036	0,004	0,004	0,004	0,002	0,002	0,003	0,006	0,000	0,006	0,003	0,006	0,000	0,006
Beberibe	0,004	0,009	0,009	0,005	0,041	0,008	0,000	0,008	0,004	0,004	0,004	0,009	0,000	0,009	0,005	0,009	0,000	0,009
Ibaretama ⁴	0,000	0,003	0,003	0,003	0,043	0,003	0,000	0,003	-	-	0,016	0,003	0,000	0,003	-	0,003	0,000	0,003
Capistrano ⁵	0,10	0,000	0,10	0,043	0,043	0,009	0,000	0,009	-	-	0,009	0,000	0,009	-	-	0,009	0,000	0,009
Caio Prado (Itapiúna)	0,003	0,000	0,003	0,043	0,043	0,003	0,000	0,003	-	-	0,003	0,000	0,003	-	-	0,003	0,000	0,003
Ideal (Aracoliaba)	0,002	0,000	0,002	0,043	0,043	0,002	0,000	0,002	-	-	0,002	0,000	0,002	-	-	0,002	0,000	0,002
Palmatória (Itapiúna)	0,001	0,000	0,001	0,043	0,043	0,002	0,000	0,002	-	-	0,003	0,000	0,003	-	-	0,003	0,000	0,003
Itapiúna ⁵	0,006	0,000	0,006	0,043	0,043	0,006	0,000	0,006	-	-	0,007	0,000	0,007	-	-	0,007	0,000	0,007
Ocara ⁵	0,006	0,000	0,006	0,043	0,043	0,005	0,000	0,005	-	-	0,005	0,000	0,005	-	-	0,005	0,000	0,005
Choró	0,233	0,013	0,013	0,043	0,043	0,011	0,000	0,011	-	-	0,233	0,011	0,011	-	-	0,233	0,011	0,011
Guaramiranga	0,005	0,002	0,002	0,043	0,043	0,001	0,000	0,001	-	-	0,005	0,001	0,001	-	-	0,005	0,001	0,001
Mulungu	0,009	0,007	0,007	0,043	0,043	0,007	0,000	0,007	-	-	0,009	0,007	0,007	-	-	0,009	0,007	0,007
Pacoti	0,010	0,005	0,005	0,043	0,043	0,005	0,000	0,005	-	-	0,010	0,005	0,005	-	-	0,010	0,005	0,005
Palmeira	0,003	0,006	0,006	0,003	0,046	0,003	0,000	0,003	0,002	0,002	0,003	0,000	0,003	0,002	0,002	0,003	0,000	0,003
Pindoretama ⁶	0,427	0,011	0,124	0,046	0,046	0,011	0,113	0,124	-	-	0,427	0,012	0,114	0,126	0,126	0,427	0,012	0,126

1 - Abastecidas pela adutora ADT-01 (Adutora do Aç. Acarape do Meio para Redenção/Acarape/Barrreira/Antônio Dilog/Guaiúba e Água Verde, considerada a partir do ano 2000)

2 - Abastecidas pela adutora ADT-03 (Adutora do Aç. Aracoliaba para Aracoliaba e Baturité, considerada a partir do ano 2010)

3 - Abastecidas pela adutora ADT-02 (Adutora do Aç. Catu para Aquiraz, considerada a partir do ano 2000)

4 - Abastecidas pela adutora ADT-06 (Adutora do Aç. Macecos para Ibaretama, considerada a partir do ano 2010)

5 - Abastecidas pela adutora ADT-07 (Adutora do Aç. Castro para Capistrano/Itapiúna/Palmeira/Calo Prado, considerado a partir de 2000)

6 - Abastecidas pela adutora ADT-09 (Adutora do Aç. Mai-Cozinheiro para Pindoretama, considerada a partir de 2000)



Tabela 7.11 - Projeção do Balanço Hídrico Concentrado dos Distritos das Bacias Metropolitanas (Cenários Futuros)

Município	Distrito	Horizonte 2010					Horizonte 2020						
		Oferta Hídrica (l/s)	Demanda Global			Déficit Acumulado (l/s)	Déficit (l/s)	Oferta Hídrica (l/s)	Demanda Global			Déficit Acumulado (l/s)	
			Humana (l/s)	Industrial (l/s)	Total (l/s)				Humana (l/s)	Industrial (l/s)	Total (l/s)		
Aquiraz	Camará	6,93	15,7	0,000	15,710	8,780	8,780	6,93	16,6	0,000	16,581	9,651	9,651
	Caponga da Bemada	0,00	2,2	0,000	2,151	10,930	2,151	0,00	2,3	0,000	2,270	2,270	11,922
	Jacuína	1,62	11,4	0,000	11,377	20,688	9,757	1,62	12,0	0,000	12,009	10,389	22,311
	Justiniano de Serpa	2,068	9,7	0,000	9,664	28,285	7,597	2,068	10,2	0,000	10,201	8,133	30,444
	Patacas	5,411	6,7	0,000	6,732	29,605	1,321	5,411	7,1	0,000	7,106	1,694	32,138
	Tapera	5,247	11,7	0,000	11,736	36,094	6,489	5,247	12,4	0,000	12,387	7,140	39,278
	Jirau	0,00	0,9	0,000	0,920	37,014	0,920	0,00	1,3	0,000	1,300	1,300	40,578
Aracati	Ideal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Jaguarião	0,333	1,0	0,000	1,011	0,678	0,678	0,333	1,1	0,000	1,130	0,797	41,375
	Jenipapeiro	0,00	0,5	0,000	0,465	38,157	0,465	0,00	0,5	0,000	0,520	0,520	41,895
	Lagoa de São João	0,00	0,7	0,000	0,749	38,907	0,749	0,00	0,8	0,000	0,837	0,837	42,732
	Milton Belo	0,00	1,0	0,000	1,006	39,912	1,006	0,00	1,1	0,000	1,124	1,124	43,857
	Pedra Branca	0,00	0,6	0,000	0,619	40,532	0,619	0,00	0,7	0,000	0,692	0,692	44,549
	Plácido Martins	0,00	0,5	0,000	0,547	41,078	0,547	0,00	0,6	0,000	0,611	0,611	45,160
	Vazantes	0,00	2,4	0,000	2,423	43,501	2,423	0,00	2,7	0,000	2,708	2,708	47,867
	Córrego	0,00	2,5	0,000	2,493	45,994	2,493	0,00	2,7	0,000	2,708	2,708	50,576
	Lagoa do Barro	0,00	0,3	0,000	0,327	46,320	0,327	0,00	0,4	0,000	0,355	0,355	50,930
Lagoa Grande	0,00	0,7	0,000	0,676	46,997	0,676	0,00	0,7	0,000	0,735	0,735	51,665	
Baturité	Boa Vista	1,11	0,8	0,000	0,776	46,997	-	1,11	1,0	0,000	1,000	-	51,665
	São Sebastião	0,00	1,6	0,000	1,600	48,597	1,600	0,00	2,1	0,000	2,061	2,061	53,727
Beberibe	Itapeim	0,00	0,5	0,000	0,525	49,121	0,525	0,00	0,6	0,000	0,565	0,565	54,292
	Parajuru	0,00	5,2	0,000	5,231	54,352	5,231	0,00	5,6	0,000	5,635	5,635	59,927
	Paripueira	0,00	1,2	0,000	1,215	55,567	1,215	0,00	1,3	0,000	1,309	1,309	61,236
	Serra do Félix	0,00	1,7	0,000	1,740	57,307	1,740	0,00	1,9	0,000	1,875	1,875	63,111
	Sucatinga	0,00	1,2	0,000	1,194	58,502	1,194	0,00	1,3	0,000	1,287	1,287	64,398
Canindé	Esperança	0,00	0,1	0,000	0,091	58,593	0,091	0,00	0,1	0,000	0,122	0,122	64,520
	Targinos	0,00	0,2	0,000	0,209	58,802	0,209	0,00	0,3	0,000	0,278	0,278	64,798
Choró	Barbada	0,00	0,2	0,000	0,196	58,998	0,196	0,00	0,2	0,000	0,208	0,208	65,006
	Caçarinha	0,00	0,3	0,000	0,333	59,332	0,333	0,00	0,4	0,000	0,353	0,353	65,358
	Maravilha	0,00	1,4	0,000	1,410	60,742	1,410	0,00	1,5	0,000	1,492	1,492	66,850
	Monte Castelo	0,00	1,1	0,000	1,131	61,873	1,131	0,00	1,2	0,000	1,196	1,196	68,047



Tabela 7.11 - Projeção do Balanço Hídrico Concentrado dos Distritos das Bacias Metropolitanas (Cenários Futuros)

Município	Distrito	Horizonte 2010						Horizonte 2020					
		Oferta Hídrica (l/s)	Demanda Global			Déficit Acumulado (l/s)	Déficit (l/s)	Oferta Hídrica (l/s)	Demanda Global			Déficit Acumulado (l/s)	Déficit (l/s)
			Humana (l/s)	Industrial (l/s)	Total (l/s)				Humana (l/s)	Industrial (l/s)	Total (l/s)		
Fortim	Campestre	0,00	0,8	0,000	0,811	62,684	0,811	0,00	1,0	0,000	1,025	69,071	1,025
	Guajiru	0,00	1,1	0,000	1,089	63,773	1,089	0,00	1,4	0,000	1,375	70,447	1,375
Guaiúba	Água Verde	-	-	-	-	63,773	-	-	-	-	-	70,447	-
	Itacima	0,00	1,7	0,000	1,716	65,488	1,716	0,00	1,8	0,000	1,830	72,276	1,830
Guaramiranga	Pernambquinho	4,390	1,2	0,000	1,250	65,488	1,250	4,390	1,2	0,000	1,250	72,276	-
	Nova Vida	0,00	0,4	0,000	0,369	65,857	0,369	0,00	0,4	0,000	0,376	72,653	0,376
Ibaretama	Oitica	0,00	0,8	0,000	0,799	66,656	0,799	0,00	0,8	0,000	0,815	73,468	0,815
	Pirangi	1,056	1,2	0,000	1,215	66,816	0,160	1,056	1,2	0,000	1,240	73,652	0,165
Itapilúma	Caio Prado	-	-	-	-	66,816	-	-	-	-	-	73,652	-
	Itans	0,00	1,0	0,000	1,012	67,828	1,012	0,00	1,2	0,000	1,175	74,827	1,175
Morada Nova	Palmatória	-	-	-	-	67,828	-	-	-	-	-	74,827	-
	Anuaru	67,28	7,3	0,000	7,269	67,828	-	67,28	7,5	0,000	7,451	74,827	-
Ocara	Boa Água	0,00	0,7	0,000	0,731	68,559	0,731	0,00	0,7	0,000	0,749	75,577	0,749
	Arisco dos Marianos	0,00	0,4	0,000	0,402	68,961	0,402	0,00	0,4	0,000	0,402	75,979	0,402
Pacoti	Curupira	0,00	0,8	0,000	0,768	69,729	0,768	0,00	0,8	0,000	0,768	76,747	0,768
	Novo Horizonte	0,00	1,1	0,000	1,144	70,872	1,144	0,00	1,1	0,000	1,144	77,890	1,144
Palmeira	Sereno de Cima	0,00	1,9	0,000	1,941	72,814	1,941	0,00	1,9	0,000	1,941	79,832	1,941
	Serraçem	0,00	1,0	0,000	0,981	73,795	0,981	0,00	1,0	0,000	0,981	80,813	0,981
Quixadá	Colina	0,00	0,2	0,000	0,158	73,953	0,158	0,00	0,2	0,000	0,178	80,991	0,178
	Fátima	0,00	0,3	0,000	0,321	74,274	0,321	0,00	0,4	0,000	0,362	81,353	0,362
Redenção	Santa Ana	0,42	0,3	0,000	0,346	74,274	-	0,42	0,4	0,000	0,390	81,353	-
	Gado	0,89	0,3	0,000	0,253	74,274	-	0,89	0,3	0,000	0,253	81,353	-
São Gerardo	Gados dos Rodrigues	0,00	0,3	0,000	0,321	74,595	0,321	0,00	0,3	0,000	0,321	81,674	0,321
	California	0,00	1,0	0,000	0,995	75,590	0,995	0,00	1,1	0,000	1,131	82,804	1,131
Santana	Dom Maurício	0,00	1,0	0,000	1,041	76,632	1,041	0,00	1,2	0,000	1,183	83,987	1,183
	São João dos Queirozes	0,00	1,5	0,000	1,466	78,098	1,466	0,00	1,7	0,000	1,666	85,653	1,666
Santana	Antônio Diogo	-	-	-	-	78,098	-	-	-	-	-	85,653	-
	Guassi	0,56	0,8	0,000	0,848	78,390	0,293	0,56	0,9	0,000	0,946	86,043	0,391
Santana	São Gerardo	0,00	0,1	0,000	0,055	78,446	0,055	0,00	0,1	0,000	0,062	86,105	0,062

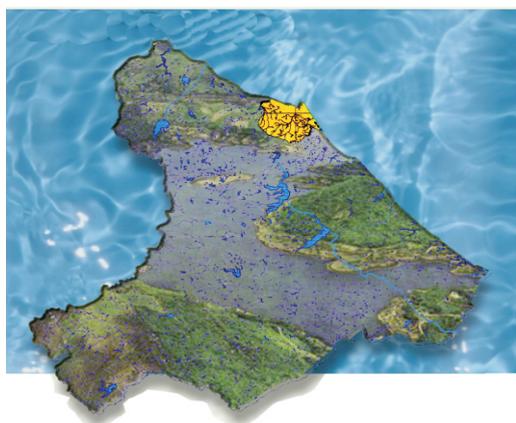
Observações:

XXX

Distrito apresentado no balanço hídrico das sedes municipais por dispor de mananciais de abastecimento comum a alguma(s) sede(s) municipal

A tabela não apresenta os distritos pertencentes aos municípios integrantes da RMF, já incluídos no balanço desta

PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS





ÍNDICE

TOMO I

APRESENTAÇÃO

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

1 - INTRODUÇÃO	1-2
1.1 - JUSTIFICATIVAS DO ESCOPO	1-2
1.2 - OBJETIVOS	1-2
1.3 - ÁREA DE ABRANGÊNCIA	1-3
2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	2-2
2.1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	2-2
2.1.1 - CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA	2-2
2.1.2 - CLIMA.....	2-4
2.1.3 - CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.....	2-10
2.1.4 - GEOMORFOLOGIA	2-26
2.1.5 - SOLOS.....	2-30
2.1.6 - USO ATUAL DO SOLO E VEGETAÇÃO	2-44
2.1.7 - ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL.....	2-57
2.1.8 - RECURSOS HÍDRICOS.....	2-61
2.1.9 - ZONEAMENTO DE PERMEABILIDADE.....	2-61
2.2 - CARACTERIZAÇÃO DOS FATORES SÓCIO-ECONÔMICOS	2-62
2.2.1 - DEMOGRAFIA.....	2-62
2.2.2 - SERVIÇOS BÁSICOS DE ÁGUA E ESGOTO.....	2-73
2.2.3 - ATIVIDADES ECONÔMICAS	2-80
3 - ESTUDO DE SECAS	3-2
3.1 - ESTUDO PLUVIOMÉTRICO.....	3-2
3.1.1 - DISPONIBILIDADE E CONSISTÊNCIA.....	3-2
3.1.2 - ESTUDOS DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA	3-4
3.2 - ESTUDO DE OCORRÊNCIA DE SECAS.....	3-4
3.2.1 - DESENVOLVIMENTO DE PARÂMETROS INDICADORES DE SECA.....	3-13
3.2.2 - METODOLOGIA BASEADA NO DÉFICIT HÍDRICO SIMPLIFICADO.....	3-14
3.2.3 - METODOLOGIA BASEADA NA DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO	3-21
4 - OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS	4-2
4.1 - ESTUDOS DE BASE	4-2
4.1.1 - DISPONIBILIDADE E CONSISTÊNCIA DE REGISTROS BÁSICOS	4-2
4.1.2 - ESTUDO DOS DEFLÚVIOS.....	4-3
4.2 - A INFRAESTRUTURA HÍDRICA ATUAL.....	4-15
4.2.1 - DESCRIÇÃO (RESERVATÓRIOS EXISTENTES)	4-15
4.2.2 - OPERAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS.....	4-16
4.3 - A INFRAESTRUTURA HÍDRICA FUTURA.....	4-40
4.3.1 - DESCRIÇÃO (RESERVATÓRIOS PROJETADOS E EM EXECUÇÃO)	4-40
4.3.2 - OPERAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS.....	4-40
4.4 - A PEQUENA E MÉDIA AÇUDAGEM.....	4-60
4.5 - RENDIMENTO DOS AÇUDES SIMULADOS	4-62
4.6 - IMPACTO CUMULATIVO DA IMPLANTAÇÃO DE NOVOS AÇUDES NAS BACIAS METROPOLITANAS	4-64
5 - OS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS	5-2
5.1 - INTRODUÇÃO	5-2
5.2 - O SISTEMA AQUÍFERO DUNAS-BARREIRAS	5-3
5.2.1 - LITOLOGIA, DIMENSÕES E LIMITES	5-3



5.2.2 - PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS	5-3
5.3 - RECARGA (BALANÇO HÍDRICO).....	5-6
5.4 - ESCOAMENTO NATURAL	5-6
5.4.1 - LITORAL LESTE (AQUIRAZ-PINDORETAMA).....	5-7
5.4.2 - LITORAL OESTE (PECEM-CAUCAIA).....	5-10
5.5 - RECURSOS RENOVÁVEIS.....	5-10
5.6 - RESERVAS PERMANENTES	5-12
5.7 - RECURSOS EXPLOTÁVEIS	5-13
5.8 - A CAPTAÇÃO DOS RECURSOS EXPLOTÁVEIS.....	5-14
5.9 - SIMULAÇÃO DE UMA BATERIA DE 60 POÇOS.....	5-15
5.10 - QUALIDADE QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	5-16
5.11 - CONCLUSÕES	5-23
6 - ESTUDO DE DEMANDAS.....	6-2
6.1 - DEMANDAS HUMANAS URBANAS	6-2
6.1.1 - ANÁLISE DA EVOLUÇÃO POPULACIONAL	6-3
6.1.2 - PROJEÇÕES POPULACIONAIS DOS MUNICÍPIOS	6-7
6.1.3 - CONSUMO PER CAPITA	6-9
6.1.4 - ESTIMATIVA DAS DEMANDAS.....	6-13
6.2 - DEMANDAS HUMANAS RURAIS	6-14
6.2.1 - ANÁLISE DA EVOLUÇÃO POPULACIONAL	6-14
6.2.2 - PROJEÇÕES POPULACIONAIS RURAIS DOS MUNICÍPIOS.....	6-19
6.2.3 - CONSUMO PER CAPITA	6-19
6.2.4 - ESTIMATIVA DAS DEMANDAS.....	6-19
6.3 - DEMANDAS INDUSTRIAIS	6-21
6.3.1 - DEMANDAS INDUSTRIAIS DO COMPLEXO INDUSTRIAL PORTUÁRIO DO PECÉM	6-21
6.3.2 - DEMANDAS DOS DEMAIS DISTRITOS INDUSTRIAIS DA REGIÃO	6-21
6.3.3 - DEMANDAS INDUSTRIAIS DIFUSAS.....	6-23
6.3.4 - DEMANDAS DE TURISMO.....	6-26
6.3.5 - CONSOLIDAÇÃO DAS DEMANDAS INDUSTRIAIS	6-26
6.4 - DEMANDA ANIMAL	6-26
6.5 - DEMANDA DE IRRIGAÇÃO	6-30
6.5.1 - CONCEITOS E PARÂMETROS	6-33
6.5.2 - DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS POTENCIALMENTE IRRIGÁVEIS.....	6-35
6.5.3 - ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DAS POTENCIALIDADES DE SOLOS	6-36
6.5.4 - CÁLCULO DAS DEMANDAS DE IRRIGAÇÃO	6-37
6.6 - CONSOLIDAÇÃO DAS DEMANDAS MUNICIPAIS HUMANAS E INDUSTRIAIS.....	6-37
7- O BALANÇO HÍDRICO CONCENTRADO GLOBAL.....	7-2
7.1 - O BALANÇO HÍDRICO PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA E DO COMPLEXO PORTUÁRIO DO PECÉM	7-2
7.1.1 - UM POUCO DA HISTÓRIA DO ABASTECIMENTO DA RMF: DO RIACHO PAJEÚ AO CANAL DO TRABALHADOR.....	7-3
7.1.2 - O SISTEMA ATUAL DE ABASTECIMENTO DA RMF + ENTORNO.....	7-10
7.1.3 - BALANÇO HÍDRICO DO CENÁRIO COM A INFRA-ESTRUTURA ATUAL	7-13
7.1.4 - BALANÇO HÍDRICO DO CENÁRIO COM A INFRA-ESTRUTURA LOCAL FUTURA	7-13
7.1.5 - ALTERNATIVAS DE IMPORTAÇÃO DE ÁGUA	7-18
7.2 - O BALANÇO HÍDRICO DAS DEMAIS SEDES MUNICIPAIS E DISTRITOS DAS BACIAS METROPOLITANAS	7-19
7.2.1 - CONSOLIDAÇÃO DAS DEMANDAS.....	7-20
7.2.2 - OFERTA HÍDRICA DISPONÍVEL: DISPONIBILIDADES E GARANTIA	7-20
7.2.3 - O BALANÇO HÍDRICO: SITUAÇÃO DO SUPRIMENTO DAS DEMAIS SEDES MUNICIPAIS E DISTRITAIS.....	7-23



TOMO II

8 - SITUAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	8-2
8.1 - DISPONIBILIDADE DE INFORMAÇÕES	8-2
8.2 - TRATAMENTO E CONSISTÊNCIA DAS INFORMAÇÕES	8-3
8.3 - HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS	8-4
8.4 - CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DE ACORDO COM SEUS USOS	8-26
8.4.1 - ABASTECIMENTO HUMANO	8-26
8.4.2 - IRRIGAÇÃO	8-69
8.4.3 - INDÚSTRIA	8-70
8.4.4 - PECUÁRIA	8-77
8.5 - ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E DE OD	8-77
8.6 - A SAZONALIDADE DA QUALIDADE HÍDRICA E A RELAÇÃO ENTRE PLUVIOMETRIA E CONCENTRAÇÕES DE SAIS	8-83
8.7 - RISCOS DE EUTROFIZAÇÃO	8-94
9 - DEPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	9-2
10 - LANÇAMENTO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS DOMÉSTICOS, INDUSTRIAIS E HOSPITALARES	10-2
11 - EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS E POLUIÇÃO SONORA	11-2
12 - IMPACTOS ASSOCIADOS ÀS ATIVIDADES AGROPASTORIS	12-2
13 - DEGRADAÇÃO DAS ÁREAS DOS MANGUEZAIS	13-2
14 - RISCOS DE POLUIÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR CEMITÉRIOS	14-2
15 - ÁREAS COM RISCOS DE INUNDAÇÕES PERIÓDICAS	15-2
16 - RISCOS DE SALINIZAÇÃO DAS ÁGUAS REPRESADAS	16-2
17 - MIGRAÇÃO DE DUNAS	17-2
18 - EROSÃO DA LINHA DA COSTA	18-2
18.1 - INTRODUÇÃO	18-2
18.2 - DEFINIÇÕES DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS ENTRE A FOZ DO PIRANGI E A PRAIA DO PARACURU	18-4
19 - MOVIMENTO DE MASSAS	19-2
20 - ATIVIDADE MINERÁRIA PREDATÓRIA	20-2
20.1 - GENERALIDADES	20-2
20.2 - AREIA BRANCA	20-2
20.3 - AREIA VERMELHA	20-3
20.4 - AREIA GROSSA	20-4
20.5 - ARGILA	20-5
20.6 - SAIBRO	20-6
20.7 - DIATOMITO	20-6
20.8 - ÁGUA MINERAL	20-7
20.9 - MINERAIS INDUSTRIAIS	20-8
20.10 - PEDRAS ORNAMENTAIS	20-10
20.11 - ROCHAS	20-10
20.12 - PEDRAS BRITADAS	20-12
20.13 - ROCHAS ALCALINAS	20-13
21 - DEGRADAÇÃO DOS SISTEMAS LACUSTRES NATURAIS	21-2



22 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... 22-2

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TOMO III - MAPAS

**TOMO IV - ANEXO I – PLUVIOMETRIA; INFORMAÇÕES
COMPLEMENTARES SOBRE DISPONIBILIDADE DE DADOS
PLUVIOMÉTRICOS, CONSISTÊNCIA DOS MESMOS E
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS**

**TOMO V - ANEXO II – FLUVIOMETRIA; INFORMAÇÕES
COMPLEMENTARES SOBRE DISPONIBILIDADE DE DADOS
FLUVIOMÉTRICOS, CONSISTÊNCIA DOS MESMOS**

**TOMO VI - ANEXO III – APLICAÇÃO DO MODELO DE TRANSFORMAÇÃO
CHUVA-DEFLÚVIO**

ANEXO IV – ESTUDO DE SECAS

ANEXO V – DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

ANEXO VI – CADASTRO DE LAVRAS E DEPÓSITOS MINERAIS

