

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL  
DOUTORADO EM ENGENHARIA CIVIL  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

THEREZA CHRISTINA CITÓ CÉSAR RÊGO

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA GESTÃO DE SECAS: O CASO  
DA BACIA DO ALTO JAGUARIBE, CEARÁ**

FORTALEZA

2008

THEREZA CHRISTINA CITÓ CÉSAR RÊGO

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA GESTÃO DE SECAS: O CASO DA BACIA DO  
ALTO JAGUARIBE, CEARÁ

Tese submetida à coordenação do curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Recursos Hídricos.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Vicente P. P. B. Vieira.

FORTALEZA

2008

THEREZA CHRISTINA CITÓ CÉSAR RÊGO

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA GESTÃO DE SECAS: O CASO DA BACIA DO  
ALTO JAGUARIBE, CEARÁ

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Recursos Hídricos. Área de concentração: Recursos Hídricos.

Aprovada Em: 06/05/2008

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Vicente P. P. B. Vieira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. José Nilson B. Campos  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dra. Ticiania M. de Carvalho Studart  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza  
Universidade Estadual do Ceará - UECE

---

Prof. Dr. José Valdeci Biserra  
Consultor

*Para*

*Manuel Felipe de Moraes Rêgo ...*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus amores Ana Beatriz e Isabela pela paciência e aceitação, mesmo que involuntárias....e ao Ricardo. Ao meu pai Sebastião e a minha mãe guerreira Maria Iran, dos quais herdei o amor pelas minhas raízes. Aos meus irmãos Fred (e Raquel) e Rodrigo. Ao meu sobrinho Carlos Eduardo. À tia Irandir Citó, pelo amor e dedicação com as meninas e a toda minha família, sempre tão presente.

Ao meu orientador, em especial, professor doutor Vicente Vieira, cujas intervenções nortearam e propiciaram a conclusão dessa tese.

Ao estimado professor doutor José Carlos de Araújo pelas orientações iniciais e sugestão do tema.

Aos professores doutores, Nilson Campos, Ticiane Studart, Valdeci Biserra e Marcos Nogueira de Souza pela participação nesta banca.

À coordenação do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, na pessoa do professor doutor Horst Frischkorn.

Aos pesquisadores Petra Döll, Andreas Guentner, Maarten Krol e Claudia Abreu pelos bancos de dados do Programa Waves.

Ao professor doutor Otomar de Carvalho, pela doação de extenso material bibliográfico.

Ao Nizomar Falcão e Bérqson Fernandes, pelas bibliografias e idéias.

À Ioneide Araújo, da defesa civil estadual, Francisco Barroso, da defesa civil de Tauá e Cel. Loiola, da 10ª. Região Militar.

Ao professor doutor Eduardo Sávio Martins, ao José Maria Brabo, Venicius Barros e Julien Burte, FUNCEME e José Franciso Rêgo, CPRM.

À Mércia Sales, pelo grande apoio. Aos colegas da “antiga” SRH: Albeniza Cavalcante, Bosco Oliveira, Édson Fontes, Francisco José Teixeira, Helena Menezes, Liduina Carvalho, Lucrecia Nogueira, Thomé de Souza, Pessoa de Andrade. Ao Dr. Pardaillan, pela doação da coleção sobre secas do ETENE.

À Liana Peixoto, CAGECE, pelo apoio e compreensão.

Ao Tio José Benevides, pelos empréstimos de materiais na biblioteca do BNB. À Miriam Gomes, Ematerce. À Marcia Moroni, pelo atlas do BNB.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pelo auxílio e suporte financeiro.

A todos os meus amigos que compartilharam comigo essa empreitada, obrigada!

*“Acabada a seca de 1900, voltou tudo ao **statu quo**. Governo e particulares esqueceram depressa que o Ceará está sempre entre uma seca que vai e outra que vem e não tomaram providência contra os efeitos da futura calamidade. (RODOLFO THEOPHILO, 1922).”*

## RESUMO

A evolução tecnológica e a robustez dos modelos de previsão climática dão impulso ao alerta e à prevenção precoces dos eventos climatológicos extremos. Utilizando o cenário climático construído para o período de 2001 a 2025, pelo modelo ECHAM4 (ROECKNER et al., 1996), seleciona-se o ano mais crítico em termos de oferta hídrica, para a região do alto Jaguaribe, Ceará. A seleção é feita, aplicando-se alguns índices climatológicos de monitoramento de secas e o índice de estresse hídrico (ARAÚJO et al., 2004). As demandas das diversas categorias de usuários são obtidas dos cenários de desenvolvimento regional A e B, elaborados pelo Modelo de Uso da Água no Nordeste - NoWUM (DÖLL et al., 2002). É proposta uma metodologia para gestão desse ano de seca, que contempla nova estrutura organizacional, relaciona atividades a serem desenvolvidas, sugere medidas para controle da oferta e demanda e compara seu desempenho com o da política classicamente adotada pela determinação do IGS - indicador de qualidade da gestão de secas. Este relaciona o índice de sustentabilidade - IS (ASCE, 1998); índice de estresse hídrico -  $ig_{90}$  (ARAÚJO et al., 2004); índice de acesso -  $iAC$  e índice de consumo -  $iC$ , das populações atendidas pelo sistema móvel de distribuição de água; indicador de qualidade institucional dos municípios - IQIM (BNB, 2005) e o custo com o abastecimento emergencial - CE. Os melhores resultados são encontrados com a aplicação do modelo de gestão proposto, para todos os índices e indicadores, com exceção do custo associado ao abastecimento em época de estiagem, valor esse onerado pelo aumento do volume de água fornecido pelas unidades de distribuição móvel. Os municípios que apresentam os menores valores do IGS são Acopiara, Tauá e Nova Olinda e os melhores Quixelô, Iguatu e Arneiroz.

Palavras-chave: secas, cenários, metodologia, indicadores, gestão.

## ABSTRACT

The technological evolution and the robustness of the climatic forecast models give precocious impulse to alert and prevent the extreme events. Using the climatic scene constructed to 2001 - 2025 period by ECHAM4 model (ROECKNER et al., 1996), the most critical year in terms of water supply is selected using some droughts monitoring indexes and the water stress index (ARAÚJO et al., 2004). The water demands by categories of users are gotten in two scenes of regional development A and B, by Northeast Water Use Model - NoWUM (DÖLL et al., 2002). A drought management methodology is proposed to the alto Jaguaribe river region, Ceará. This methodology contemplates new management structure, relates activities to be developed, suggests measures for water use control (offers and demands) and compares its performance with the classic politics nowadays adopted. A droughts management quality indicator – IGS is determined which relates the sustainable index - IS (ASCE, 1998); water stress index -  $ig_{90}$  (ARAÚJO et al., 2004); access index -  $iAC$  and consumption index -  $iC$ , to populations supplied by mobile system of water distribution; municipality institutional quality indicator - IQIM (BRAZIL, 2005) and the emergency water supply costs - CE. The results point an up grade in the IGS by the new methodology. The municipalities with the worst IGS are Acopiara, Tauá e Nova Olinda. The best ones are Quixelô, Iguatu e Arneiroz.

Keywords: drought, scene, methodology, indicator, management.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

01 – O ciclo do manejo de desastres naturais.....	45
02 - Medidas de mitigação das secas.....	47
03 – Figura 03 – Características geoambientais do estado do Ceará.....	77
04 - Região do alto Jaguaribe, Ceará.....	78
05 – Precipitação total observada em 2007.....	93
06 – Distribuição do número de famílias atendidas em função da distância a fonte hídrica, no ano 2.001. ....	96
07 – Distribuição do número de famílias atendidas em função da distância a fonte hídrica, no ano 2006.....	97
08 – Localização geográfica das fontes hídricas e comunidades atendidas pelo sistema móvel de distribuição de água.....	99
09 – Custo anual do sistema móvel de distribuição de água no município de Tauá.....	100
10 - Fluxograma das ações governamentais, elaborado de acordo com dados da seca de 2001.....	104
11 - Estrutura organizacional proposta.....	114
12 – Aluviões e poços cadastrados no município de Tauá.....	121
13 – Distrito Sede: aluviões, poços cadastrados e comunidades abastecidas por unidades móveis.....	126
14 – Distritos Trici e Santa Teresa: aluviões, poços cadastrados e comunidades abastecidas por unidades móveis.....	127
15– Distritos Barra Nova e Carrapateiras: aluviões, poços cadastrados e comunidades abastecidas por unidades móveis.....	128
16 – Distritos Inhamuns e Marruás Sede: aluviões, poços cadastrados e comunidades abastecidas por unidades móveis.....	129
17 – Distrito Marrecas: aluviões, poços cadastrados e comunidades abastecidas por unidades móveis.....	130
18 - Relação entre precipitação e produção agrícola de milho e feijão, no estado do Ceará.....	131
19– Índice de aridez nos municípios do alto Jaguaribe – cenário histórico.....	135
20 - Anomalias negativas para os postos de Arneiroz, Cariús e Iguatu, no período de 1979 a 2025.....	139
21 – Secas com índice de severidade maior que 1,5 x severidade média (Cenário histórico).....	141

22 – Secas com índice de severidade maior que 1,5 x severidade média (Cenário futuro).....	142
23 – Produção agrícola de milho e feijão no estado do Ceará e municípios da região do alto Jaguaribe, no período de 1976 a 2001.....	143

## LISTA DE TABELAS

01 – Principais características do sistema móvel de distribuição de água, no período de 2001 a 2007 .....	94
02 - Principais características do sistema móvel de abastecimento de água no município de Tauá, ano 2007.....	98
03 – Vazões estimadas, disponibilizadas com a implementação das ações de segurança hídrica do PACE. ....	119
04 - Volumes ofertados com a inclusão da nova infra-estrutura hídrica de água subterrânea e cisternas.....	122
05 - Volumes ofertados, com garantia de 90%, com a inclusão da nova infra-estrutura hídrica de açudes.....	123
06 – Atribuição dos pesos em função das características das comunidades.....	124
07 -Classificação climatológica segundo o índice de aridez nos municípios do alto Jaguaribe – cenário futuro.....	137
08– Anomalias negativas determinadas pelo Rainfall Anomaly Index – RAI, cenário histórico e futuro.....	138
09 – Anos mais secos nos cenários: histórico e futuro, em função do índice de umidade mensal acumulado (Bhalme & Mooley Drought Index – BMDI).....	139
10– Intensidade, duração e severidade das secas segundo o Herbst severity index – HSI.....	140
11 - Indicadores de acesso e consumo das populações rurais do município de Tauá.....	144
12 - Indicadores de acesso e consumo, populações rurais de municípios do alto Jaguaribe.....	145
13 – Comunidades cujas ações de ampliação da oferta de água são prioritárias.....	146
14- Alterações nos valores médios do índice de acesso à água, no município de Tauá. ....	146
15 - Custo estimado com o sistema móvel de distribuição de água, na região do alto Jaguaribe, de 1999 a 2007.....	148
16 - Determinação do ig90 em função das situações propostas.....	149
17 – Alterações proposta para a demanda de água, cenário RSA, ano 2007.....	150
18 – Alterações proposta para a demanda de água, cenário RSB, ano 2007.....	150
19 – Sugestão de redução da demanda por categoria de usuário - cenário A.....	151

20 - Sugestão de redução da demanda por categoria de usuário - Cenário B.....	152
21 - Índice de sustentabilidade – IS, cenário A.....	153
22 - Índice de sustentabilidade - IS, Cenário B.....	155
23 - Custos do abastecimento móvel e sua equivalência com o custo de execução do projeto S. José.....	156
24 – Percentual de redução do número de famílias atendidas com as intervenções propostas.....	157
25 – Comparativo de custos ente os valores executados em 2007 e os obtidos após a intervenção.....	158
26 – Custo para eliminação do sistema móvel de distribuição de água.....	159
27 – Valores do índice de acesso e consumo após a intervenção.....	160
28– Custos com a aplicação da nova taxa de consumo per capita.....	161
29 – Evolução da qualidade institucional com a política proposta.....	162
30 - Avaliação dos componentes do indicador de qualidade de gestão de secas – Política de gestão atual.....	163
31 - Avaliação dos componentes do indicador de qualidade de gestão de secas – Modelo de gestão proposto. ....	164
32 - Indicador de qualidade de gestão de secas - Política de gestão atual.....	165
33 – Indicador de qualidade de gestão de secas - Modelo de gestão proposto.....	166

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABID – Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem  
 ANA – Agência Nacional de Águas  
 AP1MC - Associação Programa Um Milhão de Cisternas  
 ASA - Articulação no Semi-Árido Brasileiro  
 ASMIC - Association pour L'organisation des Mission de Cooperation Technique  
 AVADAN - Avaliação de Danos  
 BIRD - Banco Mundial  
 BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento  
 BMDI - Bhalme & Mooley Drought Index  
 BNWPP - BANK NETHERLANDS WATER PARTNERSHIP PROGRAM  
 CBM – Corpo de Bombeiro Militar  
 CEDEC - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil  
 CENAD - Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastre  
 COMDEC - Coordenadoria Municipal de Defesa Civil  
 CONDEC - Conselho Nacional de Defesa Civil  
 CALVIN – California Value Integrated Model  
 COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos  
 CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil  
 DNOCS – Departamento Nacional de Obras contra as Secas  
 DRI - Desenvolvimento Rural Integrado –  
 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
 EIRD/ONU – Estratégia da Redução de Desastres das Nações Unidas  
 ETENE - Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste  
 FEMA – Agência Federal de Gestão de Emergências  
 FAO – Food and Agriculture Organization  
 FOCOS - Fundo de Convivência com o Semi-Árido  
 FUNASA – Fundação Nacional de Saúde  
 FUNCAP - Fundo Especial para Calamidades Públicas  
 FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos  
 GCM - General Circulation Models  
 GEVJ – Grupo de Estudos do Vale do Rio Jaguaribe, MI/SUDENE/ASMIC  
 GTDN – Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste  
 HSI - Herbst severity index  
 IA - Índice de aridez

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IFOCS - Inspeção Federal de Obras Contra as Secas  
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano  
IGS -Indicador de qualidade de gestão de secas  
IMA – Índice Municipal de Alerta  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
IOCS - Inspeção de Obras Contra as Secas  
IPCC - Painel Internacional de Mudanças Climáticas  
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará.  
IPH - Índice de Pobreza Hídrica  
IS - Índice de Sustentabilidade  
LRDI - Lamb Rainfall Departure Index  
MPO – Ministério do Planejamento e Orçamento  
MWD – Metropolitan Water District  
NDP – National Drought Policy  
NDPC – National Drought Policy Commission  
NOPRED - Notificação Preliminar de Desastre  
NoWUM - Modelo de Uso da Água no Nordeste  
ONG – Organização não Governamental  
PACE - Plano de Ações para Convivência com a Seca  
PAPP - Programa de Apoio ao Pequeno Produtor  
PDSI - Palmer Drought Severity Index  
PIN – Programa de Integração Nacional  
PLANERH - Plano Estadual dos Recursos Hídricos  
PLIRHINE – Plano de aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste do Brasil  
PNDC - Política Nacional de Defesa Civil  
PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento  
POLONORDESTE - Programa de Desenvolvimento de Áreas do Nordeste  
PRODHAM – Programa de Desenvolvimento Hidroambiental  
PROHIDRO - Programa de Aproveitamento de Recursos Hídricos do Nordeste  
PROTERRA – Programa de Redistribuição de Terra e apoio a Agricultura Canavieira e  
RAI - Rainfall Anomaly Index  
SDCWA – San Diego County Water Authority

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

SDR – Secretaria de Desenvolvimento Rural do Estado do Ceará

SINDEC - Sistema Nacional de Defesa Civil

SEAGRI – Secretaria de Agricultura Irrigada

SEPLAN-CE - Secretaria do Planejamento e Coordenação do Ceará

SESAM – Transporte de Sedimentos de Grande Áreas Semi-Áridas

SETAS - Secretaria do Trabalho e Ação Social

SIM – Semiarid Integrated Model

SIMRES – Simulação de Reservatórios

SOTER - Soil and Terrain Digital Database

SRH - Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

SWP – State Water Project

TCEQ – Texas Commission on Environmental Quality

TCU – Tribunal de Contas da União

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

WASA - Modelo de Disponibilidade Hídrica em Ambientes Semi-Áridos

WAVES – Programa de Disponibilidade de Água e Vulnerabilidade dos Ecossistemas e da Sociedade no Nordeste do Brasil.

WAWAHAMO - Wald Wasser Haushalts-Model

WBUDG – Water Balance Model

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 A questão das secas.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 O Semi-árido nordestino e as secas .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3 Planos e políticas de recursos hídricos com vistas ao problema das secas .....</b>	<b>26</b>
2.3.1 A fase hídrica e os programas de desenvolvimento .....	26
2.3.2 A criação da COGERH .....	29
2.3.3 A “nova SUDENE” .....	30
2.3.4 Modelos de gestão de água para irrigação.....	30
2.3.5 Proposição de um fundo de recursos financeiros .....	31
2.3.6 O Grupo de Estudo do Vale do rio Jaguaribe - GEVJ.....	33
2.3.7 O Projeto ÁRIDAS .....	34
2.3.8 O Programa WAVES.....	36
2.3.9 O Plano Águas do Vale .....	41
<b>2.4 Custos com a aplicação de planos emergenciais em épocas de seca.....</b>	<b>42</b>
<b>2.5 Experiências com planos, políticas e modelos de escassez hídrica em outros países..</b>	<b>43</b>
<b>2.6 A política de defesa civil.....</b>	<b>55</b>
<b>2.7 Monitoramento de secas por meio de índices climatológicos .....</b>	<b>59</b>
<b>2.8 O uso e o acesso à água para abastecimento humano .....</b>	<b>64</b>
<b>2.9. Experiências com a construção de cisternas e barragens subterrâneas.....</b>	<b>65</b>
2.9.1 Barragens Subterrâneas .....	65
2.9.2 Cisternas .....	68
<b>2.10 A análise regional sob a óptica de indicadores .....</b>	<b>71</b>
<b>2.11 O índice de sustentabilidade .....</b>	<b>74</b>
<b>3. A ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>76</b>
<b>3.1 Características Principais .....</b>	<b>76</b>
<b>3.2 O potencial hídrico superficial .....</b>	<b>78</b>
<b>3.3 O potencial hídrico subterrâneo.....</b>	<b>79</b>
<b>3.4 Características e principais indicadores sociais, econômicos e ambientais.....</b>	<b>81</b>
<b>3.5 O estresse hídrico nos cenários propostos pelo WAVES .....</b>	<b>84</b>
3.5.1 Estimativa da oferta .....	85

3.5.2 Estimativa da demanda .....	85
3.5.3 O índice de estresse hídrico .....	89
<b>3.6. O acesso à água em épocas de secas .....</b>	<b>92</b>
3.6.1 O caso do Município de Tauá.....	95
<b>4. MODELOS DE GERENCIAMENTO DAS SECAS.....</b>	<b>101</b>
4.1 Modelo clássico .....	101
4.2 O modelo de 2005.....	102
4.3 O modelo de 2007.....	107
<b>5.MODELO PROPOSTO .....</b>	<b>110</b>
5.1 Diretrizes para uma gestão estratégica das secas .....	110
5.2 Estrutura organizacional .....	111
5.3 Embasamento técnico-científico.....	113
5.4 Aspectos legais .....	115
5.5 Atividades permanentes .....	115
5.6 Atividades da fase de contingência .....	117
5.7 Redução do índice de estresse hídrico.....	117
5.7.1 Ampliação da oferta.....	117
5.7.2 Controle da Demanda .....	120
5.8 Melhoria do acesso à água .....	124
5.9. Aplicação do modelo em anos de seca.....	130
5.10. Avaliação de desempenho do modelo proposto .....	131
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>134</b>
6.1 A seleção dos anos mais secos .....	134
6.2 Índices de acesso e consumo .....	144
6.3 Índice de estresse hídrico .....	147
6.4 Sustentabilidade no atendimento às demandas .....	151
6.5 Custos com o abastecimento de água emergencial .....	153
6.6 Qualidade institucional .....	161

<b>6.7 Indicador de qualidade da gestão de secas.....</b>	<b>162</b>
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>168</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>171</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>188</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão das águas é um dos grandes desafios da atualidade, principalmente nas regiões semi-áridas, onde a escassez dos recursos hídricos acarreta graves conseqüências socioeconômicas e ambientais. Os conflitos inerentes ao aproveitamento dos recursos hídricos acentuam-se em épocas de estio, ocasionando o confronto entre demandas e disponibilidades e intensificando a necessidade da racionalização do seu uso.

As secas fazem parte do cotidiano da população nordestina. A primeira da qual se tem notícia foi registrada pelo padre Fernão Cardim com informações referentes à área costeira ocupada pelos portugueses, que ainda não tinham penetrado as regiões interioranas. Uma descrição desse padre jesuíta, que esteve na Bahia e em Pernambuco quando ocorreu a seca de 1583, é a seguinte: “As fazendas de canaviais e mandioca muitas se secaram, por onde houve grande fome, pelo que desceram do sertão, apertados pela fome, socorrendo-se aos brancos quatro ou cinco mil índios.” (CARDIM, 1583 apud ALVES, 1982).

De acordo com Araújo (1990), registram-se, desde a época do Brasil-colônia, ações destinadas à minimização dos efeitos das secas. No período de 1721-1727, o rei de Portugal tornava obrigatória a produção de farinha de mandioca, alimento básico da população nordestina. Na seca de 1766, a Corte Portuguesa ordenou o grupamento dos flagelados dispersos pelos sertões, em diversos locais, constituindo o cerne de várias cidades atuais. Em 1856, o governo Imperial criou a “Comissão Científica de Exploração”, que recomendou a instalação de estações meteorológicas, a construção de açudes, a transposição das águas do rio São Francisco para a bacia do rio Jaguaribe e a melhoria dos transportes.

A seca do período de 1877-1880, conhecida como “Grande Seca”, encontrou o Nordeste com apenas um açude público, ainda em construção, o Cedro, no Ceará, cujas obras foram concluídas em 1906. O século XX iniciou-se com outra seca no Nordeste, levando à criação, em 1904 da “Comissão de Açudes e Irrigação”, “Comissão de Estudos e Obras contra as Secas” e “Comissão de Perfuração de Poços”, que dois anos depois foram incorporadas na “Superintendência de Obras Contra os Efeitos das Secas”. Em 1909 foi instalada a “Inspecção de Obras Contra as Secas” – IOCS, recebendo posteriormente, em 1919, o nome de “Inspecção Federal de Obras Contra as Secas” - IFOCS, passando a Departamento Nacional de Obras contra as Secas DNOCS em 1945. (ARAÚJO, 1990)

O Ceará encontra-se quase que totalmente inserido na região semi-árida, com chuvas irregulares, intensa evaporação e solos rasos sobre o embasamento cristalino, cabendo unicamente às águas estocadas em seus reservatórios a garantia da sustentabilidade hídrica. O

Ceará foi o estado do Nordeste que mais se beneficiou com a construção de açudes pelo DNOCS.

A institucionalização da Secretaria dos Recursos Hídricos em 1987, a elaboração do Plano Estadual dos Recursos Hídricos – PLANERH, entre 1988 e 1991, a promulgação da Lei Estadual de Recursos Hídricos, em 1992, e a criação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará - COGERH, em 1994, foram os marcos iniciais e diferenciadores da nova era da gestão dos recursos hídricos no estado do Ceará.

A vulnerabilidade das populações diante da estiagem, principalmente das rurais, não beneficiárias da água dos grandes reservatórios, persiste com intensidade semelhante à das primeiras décadas do século passado. Os efeitos das secas são amenizados pelas ações assistenciais, setor no qual se contabilizam evoluções. Os benefícios financeiros, no entanto, concedidos ao longo das últimas décadas, sejam eles pagos pelo trabalho nas frentes de serviço, (iniciado na década de cinquenta), pela recente Bolsa-Renda ou pelo recém implantado, Seguro Safra, equivalem-se na medida que resolvem unicamente problemas contingenciais.

Embora recorrentemente sujeito às secas, o estado do Ceará ainda não institucionalizou uma política de ação governamental de convivência e mitigação dos efeitos das secas. Uma política que permita reduzir a vulnerabilidade das populações diante das situações de escassez hídrica, que mantenha o suprimento de água para atendimento das necessidades básicas e das atividades produtivas, e que promova a redução do impacto socioeconômico das secas. A maioria das ações, suscetíveis às mudanças políticas, é desencadeada durante a ocorrência da estiagem, em caráter emergencial. As ações de prevenção e mitigação apresentam-se incipientes e praticamente não existem avaliação e readequação contínua dos programas e atividades desenvolvidos.

Por outro lado, com os recursos institucionais, técnicos e científicos disponíveis no Estado, é possível pôr em prática uma política para gestão de secas. Diante dessa constatação é proposta uma metodologia de gestão de secas, sob o ponto de vista dos recursos hídricos, que possa ser aplicada antes, durante e após esses eventos, visando a sua incorporação pelos órgãos governamentais e abrangendo:

- uma nova estrutura organizacional para o estado, com capacitação dos recursos humanos e tecnológicos institucionais;
- embasamento técnico-científico;
- melhoria do sistema de informação e alerta;

- aspectos legais;
- atividades de caráter permanente;
- atividades da fase de contingência;
- a redução do estresse hídrico;
- a melhoria do acesso à água e
- o incentivo a uma maior participação da sociedade, a descentralização das ações e a democratização da tomada de decisão.

O modelo é aplicado na região hidrográfica do alto Jaguaribe, em um ano caracterizado como ano de seca. Os resultados alcançados são comparados com as ações governamentais classicamente aplicadas nesses eventos, mediante a determinação do Indicador de Qualidade de Gestão de Secas – IGS.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A questão das secas

Segundo Campos, (apud BRASIL, 1995b), do ponto de vista das ciências das águas, o conceito de seca está relacionado à deficiência de umidade para atender determinada atividade da sociedade, sob o prisma das ciências humanas, as secas se referem às populações atingidas e flageladas em função da falta de água. A seca pluvial, seca primária, seca edáfica ou agrícola, atua no sistema solo, quando o período de disponibilidade de umidade é inferior à duração do ciclo vegetativo da cultura plantada, atuando posteriormente, no sistema socioeconômico e provocando a seca socioeconômica.

De acordo com Irineu Ferreira Pinto (1908, apud ALVES, 1982),

“[...] os documentos oficiais só se referem às secas depois que a população branca penetra os sertões e as fazendas de criar acusam os prejuízos sofridos, sendo que nessa primeira fase do registro das secas esses documentos pedem ao rei a remessa de novos escravos, por terem morrido de fome os existentes”.

Em 1603 o capitão-mor Pero Coelho, pioneiro desbravador do Território cearense, fez a primeira entrada até a serra da Ibiapaba, fundando os primeiros núcleos de defesa da terra. Registra-se o fato de que a grande seca ocorrida em 1605 dizimou quase que toda a população, fazendo com que se retirassem tragicamente. (ALVES, 1982).

Segundo Felipe Guerra (apud ROSADO, 1991), a literatura sobre as secas nordestinas não possui cronologia completa e é mais fragmentada e abundante no estado do Ceará. Analisando-as em termos de duração no século XVIII, foram duas secas de três anos: 1744 a 1746 e 1777 a 1779; uma seca de quatro anos: 1790 a 1793 e uma seca de cinco anos: 1723 a 1727, sem contar os registros de secas anuais e bienais.

“A seca de 1877 foi uma verdadeira hecatombe. O governo desse interregno não cogitou de um meio de premunir os brasileiros do Nordeste contra os efeitos das secas. Nem ao menos tratou de organizar um plano de socorro cuja base essencial seria impedir por todos os meios a deslocação da população sertaneja em tempos de fome, a fixação deles em seus domicílios, dando-lhes trabalho e nunca esmola.” (THEOPHILO, 1922). Segundo esse autor, a precipitação total em Fortaleza no ano 1877 foi de apenas 473 mm, tendo o obituário registrado na cidade, no período de 1877 a 1879, 66.610 mortos.

De acordo com Rodolfo Theophilo (1922), Campos Sales foi o primeiro presidente que governou com seca, no caso, a de 1899. Consentiu um crédito de 10 mil contos para a assistência aos famintos, conquanto a verba fosse exclusivamente para passagem dos

retirantes para fora do Ceará. Essa cláusula foi posteriormente retirada, tendo sido gastos no total 800 contos.

O período chuvoso de 1914 no Ceará foi regular, tendo-se registrado a ausência da “chuva do caju” em setembro, sucedendo-se no ano seguinte a famosa seca de 1915. Nesse ano, a primeira leva de retirantes chegou a Fortaleza, vinda de Iguatu, pela estrada de ferro de Baturité. Foram abrigados no passeio Público (praça dos Mártires), em redes, e posteriormente abarracados em um campo de concentração, um quadrilátero de 500 m de face, que abrigava 7.000 retirantes. Várias epidemias assolaram a população e moléstias atacaram os rebanhos, causando o fornecimento de carne de péssima qualidade e a dizimação do gado. A emigração entre julho de 1915 a abril de 1916 contabilizou 39.313 pessoas (THEOPHILO, 1922)

Segundo Duarte (2002c), a seca de 1958 atingiu sete milhões de pessoas, em seis estados do Nordeste brasileiro. O caráter sazonal e temporal das chuvas ocorridas durante esse ano de seca foi identificado em pesquisas de campo realizadas por técnicos do Banco do Nordeste do Brasil – BNB. As atividades produtivas da região alicerçavam-se na lavoura de subsistência, no plantio de algodão arbóreo e na pecuária extensiva. Os prejuízos diretos causados pela estiagem na lavoura dos estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco foram estimados em 132 milhões de dólares, a preços de 1957.

Duarte (2002c), avaliando o montante transferido pela união para o DNOCS em termos percentuais, para uso nos programas emergenciais, conclui que na seca de 1915 foram gastos pouco mais de 2% da arrecadação federal. Na seca de 1921 a 1922, governado pelo paraibano Epiácio Pessoa, os valores chegaram a superar 15%, e em 1932, o percentual foi de 9,6% . Em 1958, 10,7% da arrecadação federal correspondente a 77 milhões de dólares, foram gastos, cabendo mais da metade dos recursos ao DNOCS.

A política de emergência da seca de 1958 foi conduzida pelo DNOCS de uma forma que sugeriu a Antônio Callado<sup>1</sup> usar a expressão “indústria da seca”, indicando o uso paralelo e inadequado do dinheiro público, que seria destinado ao socorro dos nordestinos. O governo Federal buscando alternativas, para atenuar os efeitos das secas em longo prazo, instituiu o Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste – GTDN, sob a liderança do economista Celso Furtado. (DUARTE, 2002c).

A década de 1960 demonstrou ter ocorrido rápido crescimento da renda nordestina, no entanto a grande seca de 1970 revelou a fragilidade das ações que se tentava

---

<sup>1</sup> Intelectual brasileiro da Academia Brasileira de Letras, autor, dentre outros de *Quarup*.

implantar, visando ao fortalecimento da economia agropecuária do sertão nordestino. A fome, associada ao desemprego rural em massa, levou novamente à instalação das frentes de trabalho. Se, por um lado, não se colocaram em prática medidas indicadas no documento do GTDN, por outro se registrou a resistência de órgãos públicos e privados a moldarem-se segundo os métodos e objetivos do planejamento proposto. A seca de 1970 chegou a 90% dos municípios do Ceará, afetando 57% de sua população e registrando 40,9% do total de flagelados da região Nordeste (PESSOA; CAVALCANTI, 2002).

Conforme Cavalcanti e Pessoa (2002) o programa de emergência implantado na seca de 1979-1980 teve como principal elemento diferenciador, com relação aos anteriores, a possibilidade de financiar a execução de obras no interior das propriedades particulares. As características fundamentais do programa de 1979 foram propostas pelo estado do Ceará, onde se verifica claramente o redirecionamento da intervenção estatal para as propriedades privadas, esse justificado como um meio de minimizar os efeitos das aglomerações e das grandes caminhadas e proporcionar a descentralização dos serviços. A quantidade de obras a serem executadas em uma propriedade era determinada pela disponibilidade de mão-de-obra ali e nas propriedades vizinhas. No estado do Ceará, havia em junho de 1979, 209,6 mil alistados nas frentes de serviço.

De acordo com Moreira Filho et al. (2002), em termos de região Nordeste, a seca em 1970 atingiu a 5,5 milhões de pessoas, 16 milhões em 1979 - 1983 e 12 milhões em 1993. O número de pessoas alistadas nas frentes de trabalho, na seca de 1951 - 1953, foi de 60 mil, chegando a 536 mil em 1958, 500 mil em 1970, 2,7 milhões entre 1979 e 1983 e 2 milhões na seca de 1993. Durante a estiagem de 1958, a taxa de desemprego no semi-árido nordestino foi estimada em 50% da População Economicamente Ativa – PEA, em 1970 chegou a 35% e em 1984 a 40%. (CARVALHO, 1988; PESSOA; CAVALCANTI, 2002 apud MOREIRA FILHO et al. 2002).

A seca de 1993 levou à construção, em caráter emergencial, do canal do Trabalhador, que transpôs as águas do rio Jaguaribe, perenizado pelo açude Orós, para o sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza.

Uma das inovações nas frentes produtivas implantadas pelo programa emergencial da seca de 1998-1999 foi a criação de programas de alfabetização e de capacitação de jovens e adultos. Pesquisas de campo, no entanto, feitas na região beneficiada pelo programa, revelaram que somente 13,4% dos informantes estavam matriculados em algum programa educacional e desse total, 82,8% freqüentavam somente cursos de alfabetização (DUARTE, 2002a).

Durante a seca de 2001, a Secretaria de Desenvolvimento Rural – SDR, do estado do Ceará, elaborou o cadastro dos pequenos produtores rurais diretamente atingidos pela estiagem, com o objetivo de pagar uma indenização pela perda da safra agrícola. Foram cadastrados cerca de 215.000 produtores em 137 municípios (CEARÁ, 2001), correspondendo à região alto Jaguaribe, 21% desse total.

Com grande vulnerabilidade em relação às secas, a população do semi-árido cearense recorre freqüentemente ao abastecimento de água de carro-pipa. Campos et al. (1997) analisaram esse tipo de abastecimento durante a seca de 1993, composto por 787 rotas de distribuição, em 143 municípios, com percurso médio diário de 118.201 km, atendendo 302.850 pessoas, a um custo médio de fornecimento de água de US\$ 6,60/m<sup>3</sup> e de US 3,30 por mês por pessoa atendida.

## **2.2 O Semi-árido nordestino e as secas**

Os critérios utilizados na delimitação da área oficial de ocorrência de secas no Nordeste brasileiro foram alterados quando da Constituição de 1988. Com a aprovação, em 1989, da lei que instituiu o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE, o espaço de ocorrência de secas passou a ser denominado de Região Semi-Árida do FNE. Segundo esse critério, que é a precipitação pluviométrica na isoietas de 800 mm, o semi-árido cearense está composto por 134 municípios, ocupando uma área de 122.766 km<sup>2</sup>.

Por outro lado, a definição da zona semi-árida pela FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, leva em conta, além dos fatores de pluviometria, os solos e a fitogeografia local, resultando numa área de 136.323 km<sup>2</sup>, abrangendo 180 municípios, dos quais 117 têm sua área geográfica integralmente semi-árida (BEZERRA, 2004).

De acordo com Brasil (1995a), a região Nordeste do Brasil padece de vulnerabilidades de caráter geoambiental, econômico-social, científico-tecnológico e político-institucional. O ritmo e a forma de ocupação demográfica e produtiva do seu meio ambiente, somados aos seus recursos naturais relativamente pobres, acentuam a vulnerabilidade dessa região com relação às secas, que se manifestam como crise econômico-social. Entre as vulnerabilidades geoambientais mais preocupantes destacam-se: solo com restrição para o uso agrícola, desertificação, indicadores de sustentabilidade hídrica preocupantes, poluição hídrica e minifúndio inviável.

Entre as vulnerabilidades de natureza geoambiental, o Ceará com quase todo o seu território assentado sobre formação cristalina, possui grande fragilidade também, no tocante à

água subterrânea. Segundo Duarte (in: BRASIL, 1995a), o baixo detalhamento dos estudos de avaliação de reservas hídricas subterrâneas dificulta a estimativa dos volumes armazenados. Os recursos permanentes são bem superiores às reservas exploráveis e o uso de parte da reserva permanente é perfeitamente factível em períodos críticos.

É também grande a vulnerabilidade econômico-social. A população rural do semi-árido, embora de pequena expressão econômica *per capita*, possui grande peso numérico e um elevado grau de dependência regional de transferência de renda da União, seja na forma de incentivos fiscais, seja por meio de pagamentos da previdência social (aposentadorias e pensões se constituem em importante fonte de renda para a população mais carente). (BRASIL, 1995a).

As principais atividades econômicas no Nordeste semi-árido – calcadas no complexo gado-algodão-lavouras alimentares – enfrentaram forte desorganização, em virtude da ocorrência da seca de duração quinquenal - 1979-1983, da chegada ao Nordeste, em 1983, da praga do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*) e aos subsídios à produção, concedidos por países como o Paraguai, Rússia e Egito, de onde o setor têxtil do Nordeste passou a importar o produto, a preços mais favoráveis do que os praticados no mercado interno (CARVALHO, 1988).

Segundo Carvalho e Santos (2003), os conhecimentos técnicos e científicos disponíveis indicam que a solução para os problemas dessa região dependerá da escolha de adequadas alternativas para alguns desafios mais relevantes: os demográficos, os ambientais, os decorrentes da escassez de recursos hídricos, os econômicos e os institucionais. Os fluxos migratórios, de gravíssimas proporções, estão se dirigindo não mais para outras regiões do País, mas dos campos para as cidades do semi-árido. Esse tipo de migração é tanto mais grave quanto menos dinâmicas passam a ser as atividades de grande parte de seus espaços econômicos.

## **2.3 Planos e políticas de recursos hídricos com vistas ao problema das secas**

### **2.3.1 A fase hídrica e os programas de desenvolvimento**

No século XX, as ações e planos, visando à mitigação dos efeitos das secas, na região Nordeste do Brasil, transcorreram da chamada fase hídrica, com a construção de infraestrutura hidráulica, aos estudos e planos de geração de renda e de desenvolvimento regional.

Na fase hídrica ocorreu a construção de reservatórios, com a finalidade fundamental de armazenamento de água, tendo o seu auge sido registrado no período de 1918 a 1922. A fase ecológica, a partir da década de 40, buscou alternativas de convivência com a

seca, como a criação de animais que melhor se adaptassem às condições climáticas e a disseminação de culturas xerófilas. Na década de 50 ocorreu a conscientização da necessidade de promover uma política de crescimento econômico, com a introdução de atividades do setor terciário. Durante a seca de 1951-1953, foi criado o BNB, Banco do Nordeste do Brasil que, por meio do Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE, deu uma grande contribuição ao conhecimento da economia regional. O ETENE propôs a criação, em 1956, do Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste – GTDN, que elaborou o histórico documento “Uma política de Desenvolvimento Econômico para o Nordeste” e que deu origem à Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, em 1959 (MAGALHÃES, 1991).

O GTDN propôs uma estratégia global, enfatizando o fortalecimento da estrutura de produção nordestina diante das secas. A essência da política proposta envolveu as seguintes medidas (GTDN, 1967 apud PESSOA; CAVALCANTI, 2002):

- criação de centro autônomo de expansão manufatureira; no Nordeste, via intensificação dos investimentos industriais;
- transformação da economia agrícola da faixa úmida, para garantir adequada oferta de alimentos nos centros urbanos;
- transformação progressiva da economia da zona semi-árida, para torná-la mais resistente à seca;
- deslocamento da fronteira agrícola do Nordeste pela incorporação de terras úmidas do Maranhão à economia regional.

Alguns programas criados sob a ótica desenvolvimentista foram os seguintes:

- Programa de Integração Nacional - PIN, Programa de Redistribuição de Terra e apoio à Agricultura Canavieira - PROTERRA e Programa Plurianual de Irrigação, ambos em 1970 (MAGALHÃES, 1991);
- Programa de Desenvolvimento de Áreas do Nordeste – POLONORDESTE, de 1974, quando se iniciou o ciclo do Desenvolvimento Rural Integrado – DRI e dos programas especiais. Nesse período, destacam-se estudos efetuados pelo Banco Mundial (BIRD) e Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), que apontam a região Nordeste como grande centro de produção de pobreza absoluta (MAGALHÃES, 1991);
- Projeto Sertanejo, implantado posteriormente, em 1976, que pretendia estimular a irrigação não contemplada no POLONORDESTE (BEZERRA, 2004). Em 1979

foi criado o Programa de Aproveitamento de Recursos Hídricos do Nordeste –PROHIDRO (DUARTE, 2002a);

- Projeto Nordeste, de 1982 (DUARTE, 2002a), ao qual foi incorporado o Programa de Apoio ao Pequeno Produtor – PAPP, implementado a partir de 1985, que tinha como objetivo aumentar a renda das famílias dos pequenos produtores rurais, mediante o acesso aos recursos naturais, terra e água e a aquisição de insumos, implementos e tecnologia (BEZERRA, 2004);

- Projeto Áridas, em 1982.

Carvalho et al. (1973) elaboraram para o então Ministério do Interior o “Plano Integrado para o Combate Preventivo aos Efeitos das Secas no Nordeste”, com o objetivo de:

- criar condições para a consolidação de uma economia resistente às secas, reduzindo os seus efeitos: objetivo-síntese;

- incorporar à economia de mercado a parcela da população que produz para autoconsumo;

- aumentar a oferta de água e melhorar a utilização dos recursos minerais, hídricos e de solo,

- intensificar o desenvolvimento de métodos de previsão de seca a fim de antecipar as medidas de emergência;

- intensificar e iniciar, em alguns casos, trabalhos de melhoramento genético sobre as espécies vegetais nativas e as já adaptadas à zona semi-árida, como forma de aumentar as possibilidades de produção da área;

- criar condições favoráveis e capazes de estimular a migração da população da zona semi-árida para fora da área, assegurando-lhe melhores meios de vida; e

- coordenar, acompanhar e avaliar a ação do setor público na elaboração e execução de programas que visem de forma preventiva à redução dos efeitos das secas.

A estratégia proposta para a implantação do plano requer as ações seguintes, que devem ser implementadas sobre uma área ou áreas delimitadas de acordo com suas características fisiográficas:

- racionalização do uso da água, solo, vegetação e recursos minerais;

- reorganização das atividades produtivas da agricultura e da pecuária;

- reorganização das atividades produtivas urbanas como suporte básico ao processo de modernização;

- incorporação, à economia de mercado, da parcela da população que produz para autoconsumo.

A definição da unidade de produção mais adequada às condições ecológicas da zona será o elemento básico para o estabelecimento de uma política de organização agrícola e agrária. A racionalização da economia dessa zona implicará naturalmente a existência de um excedente de população, que poderá ser absorvido em parte, pelas atividades agro-industriais e industriais, a serem criadas, bem como pelos programas de colonização.

É importante incluir na área-programa do plano não somente as zonas mais intensamente atingidas pelas secas, mas também aquelas que, por estarem intimamente ligadas aos efeitos do fenômeno, podem garantir sua exploração mais eficiente. O espaço geográfico deve então ser subdividido de acordo com suas possibilidades econômicas, de forma a intensificar o desenvolvimento de atividades setoriais ou com funções multissetoriais. A experiência demonstra que a determinação de setores diferentes, objeto do planejamento socioeconômico, somente assume caráter de objetividade e realismo quando considerados em relação a determinado espaço geográfico.

Segundo Carvalho et al. (1973), a expectativa de escassez de recursos implica a definição de uma estratégia que contemple adequada localização dos investimentos. Portanto, na área objeto dos investimentos devem ser realizadas ações diferenciadas em subáreas subordinadas aos seguintes níveis de prioridade:

- 1o – áreas cujos níveis de atividade econômica e produtividade média são mais elevados e se apresentam capazes de resposta mais rápida aos investimentos e seriam, portanto, merecedores de prioridade imediata;

- 2o – áreas ainda não exploradas suficientemente, mas que, no contexto atual de conhecimento, apresentam potencialidades que indicam a necessidade de serem consideradas em novos programas de desenvolvimento;

- 3o – áreas de menor grau de desenvolvimento e sem potencialidade conhecida que merecem estudos e pesquisas, a fim de serem determinados os programas que poderão ser futuramente implementados.

### 2.3.2 A criação da COGERH

Um importante evento na gestão dos recursos hídricos no estado do Ceará deu-se no ano de 1994, com a criação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH, vinculada à Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH, dentro de um programa governamental

mediante o qual seriam construídos açudes públicos de médio e grande porte e uma rede de adutoras e canais de transferência de água.

Funcionando como agência de bacia e articuladora da gestão, a COGERH tem como papel criar o elo entre os usuários de água e a agência e incentivar a participação dos usuários nos comitês de bacias, no sentido de incluí-los na tomada de decisão.

A atividade de apoio à organização dos usuários na bacia do Jaguaribe iniciou-se em julho de 1994, com a realização do I Seminário dos Usuários das Águas dos Vales perenizados do Jaguaribe e Banabuiú. O objetivo do seminário foi apresentar o conceito de democratização da gestão das águas, com o envolvimento da sociedade civil e dos poderes públicos da região, nas decisões sobre a operação dos reservatórios Orós e Banabuiú (COGERH, 1994).

Desde então, a COGERH desenvolve trabalhos de mobilização, organização e capacitação dos usuários dos açudes de médio e grande porte, dos municípios, dos vales perenizados e das bacias hidrográficas.

### 2.3.3 A “nova SUDENE”

No ano 2003, o Governo Federal objetivando embasar a estruturação da “Nova SUDENE” criou o Grupo de Trabalho Interministerial para Recriação da SUDENE, organizou a Oficina do Semi-Árido. Carvalho e Santos (2003), participantes do evento, sugerem que as novas atividades em processo de estruturação no semi-árido devem contemplar esquemas de exploração empresarial e de pequena produção organizada, tanto rural como urbana, e que a sociedade possa comandar novos processos de manejo controlado dos recursos. Algumas peculiaridades da região, como a climatologia (grande luminosidade, calor e baixa umidade) e a organização da produção agrícola, de base familiar, antes de se constituírem um problema representam potencialidades para o desenvolvimento de um dos mercados que mais crescem no mundo – o de produtos orgânicos ou agroecológicos. A agricultura de base familiar não deve ser confundida com a agricultura de subsistência, que é praticada em áreas pouco favoráveis do ponto de vista de solo e água.

### 2.3.4 Modelos de gestão de água para irrigação

Outra proposição da gestão da demanda de água foi elaborada por Joca (2001), que estudou a eficiência dos métodos de irrigação, comumente aplicados nas áreas irrigadas do estado do Ceará, e o retorno financeiro obtido com as culturas irrigadas. Com base nesses dados o autor propôs mudanças nos métodos de irrigação, então praticados, por outros de

mais elevado nível tecnológico, e, em alguns casos, mudanças nas culturas irrigadas, buscando-se maior benefício financeiro e econômico e maior economia de água. As mudanças propostas compuseram quatro casos distintos, que consistem em:

- caso C1: áreas com fruticulturas irrigadas por aspersão convencional passam a irrigar as mesmas culturas por microaspersão;
- caso C2: áreas com grãos (milho e feijão) irrigadas por sulcos passam a irrigar as mesmas culturas por aspersão convencional;
- caso C3: áreas com a cultura do arroz irrigado por inundação passam a irrigar cana-de-açúcar por aspersão convencional; e
- caso C4: áreas com grãos (milho e feijão) irrigados por aspersão convencional passam a irrigar fruticultura por microaspersão.

Para cada caso se obteve a capacidade de pagamento do irrigante e a avaliação do aceite das propostas mediante pesquisa de campo e ainda alguns indicadores econômicos e financeiros, como a relação benefício/custo (B/C). Essa resultou superior à unidade em três dos quatro casos para taxas de juros de 8%, 10% e 12%, respectivamente, conforme Quadro 01, apresentado a seguir.

Quadro 01 – Relação benefício-custo (B/C) da implantação dos casos propostos.

CASO	RELAÇÃO B/C		
	Taxa de juros		
	8%a.a.	10%a.a.	12%a.a.
C1	2,78	2,62	2,48
C2	2,02	1,9	1,8
C3	0,4	0,38	0,35
C4	5,5	4,99	4,53

Fonte: Joca, 2001.

### 2.3.5 Proposição de um fundo de recursos financeiros

Bezerra (2004) delinea o que seria um projeto de lei para a implementação do Fundo de Convivência com o Semi-Árido - FOCOS. O fundo será vinculado à Secretaria da Agricultura e Pecuária e tem a finalidade de dar suporte financeiro à política de convivência com o semi-árido do estado do Ceará. São beneficiários dos financiamentos, concedidos com recursos do Fundo, as instituições públicas ou privadas, comunidades organizadas e terceiro

setor envolvidas com a política estadual de desenvolvimento rural. O órgão operador seria o então existente, Banco do Estado do Ceará, ou ente similar estatal.

Constituem fonte de recursos do FOCOS:

- os de origem orçamentária do Tesouro do Estado;
- os provenientes de operações de crédito contratados com entidades nacionais e internacionais;
- os procedentes da cobrança pelo uso dos recursos naturais;
- os oriundos do retorno do financiamento sob a forma de amortização do principal, atualização monetária, juros, comissões, mora ou sob qualquer outra forma;
- os recursos de investimento advindos da cobrança pelo uso dos equipamentos públicos, no âmbito da Secretaria da Agricultura e Pecuária;
- o resultado de aplicações de multas cobradas dos infratores da legislação zoofitosanitária;
- outras fontes de recursos, provenientes da União, do Estado, dos municípios e entidades nacionais e internacionais; e
- doações nacionais e internacionais.

Devem constar do orçamento anual do Estado, vinculadas à Secretaria de Agricultura e Pecuária, as despesas relativas aos recursos que serão aportados ao Fundo, bem como os valores compatíveis e suficientes para satisfazer as obrigações de amortização dos empréstimos pelo Tesouro do Estado, que se destinarem à integralização do Fundo. Os recursos de operação de crédito, que constituem o Fundo, seriam reembolsados pelo Governo do Estado na forma do contrato de empréstimo. Os recursos do FOCOS teriam aplicações definidas para cada programa e projeto pela Secretaria da Agricultura e Pecuária, ou sucedânea, em consonância com a política de desenvolvimento rural do estado.

O FOCOS deverá ser administrado por um Conselho Diretor formado pelos secretários das secretarias de Agricultura e Pecuária, Infra-Estrutura, Ouvidoria e Meio Ambiente, Desenvolvimento Local e Regional e Recursos Hídricos; presidentes das Federações de Agricultura e dos Trabalhadores da Agricultura; representante do Fórum Cearense pela Vida no Semi-Árido, presidente do Banco do Estado do Ceará, ou ente similar estatal. Ao Conselho Diretor caberá definir as estratégias de programação dos investimentos, as condições de alocação e aplicação dos recursos e as condições de aplicação de programas relacionados com o desenvolvimento da região semi-árida do estado. O FOCOS seria dotado de autonomia financeira e contábil, com caráter rotativo e permanente (BEZERRA, 2004).

### 2.3.6 O Grupo de Estudo do Vale do rio Jaguaribe - GEVJ

A bacia do rio Jaguaribe foi abordada de forma pioneira e precisa nos aspectos: físico, político, econômico e sociocultural pelo Grupo de Estudos do Vale do rio Jaguaribe - GEVJ (BRASIL, 1967), que determinou para essa região o balanço hídrico, o aproveitamento hidráulico, os problemas imediatos da utilização do potencial disponível, a dominialidade dos açudes, o dimensionamento e a escolha dos locais das barragens anuais para a irrigação, abastecimento doméstico e animal; avaliação das necessidades hídricas de culturas e da irrigação e o potencial hidroagrícola.

O GEVJ (BRASIL, 1967) apresentou noções de descarga garantida máxima utilizável, que considera o não esvaziamento do reservatório e de descarga utilizável com certas frequências de insuficiência e de ruína. A ruína ocorre quando o fornecimento de água é interrompido durante mais de um mês para uma cultura temporária e mais de dois para uma cultura perene. Os cálculos econômicos mostraram que, do ponto de vista do proprietário, seria preferível trabalhar com uma possibilidade de ruína de 10%. As culturas perenes, como um pomar de frutas cítricas, por exemplo, não suportariam o risco de frequência de ruína de 5%.

Aplicando a metodologia de operação do reservatório, o GEVJ calculou em 15,75 m<sup>3</sup>/s a descarga máxima utilizável, sem nenhuma insuficiência para o açude Orós, determinada a partir dos deflúvios afluentes no período de 1921 a 1958. Esse estudo, por outro lado, questionou a representatividade do período para o estabelecimento de um regime de exploração da barragem. Seus momentos críticos de fornecimento da vazão, segundo dados estatísticos, seriam localizados nos intervalos de tempo de dois a três anos, os quais se sucederiam ciclicamente com um período médio da ordem de 11 anos. Essa avaliação concluiu, ainda, que não se dispunha de elementos estatísticos de base, que permitissem fixar regras de operação para o reservatório, mas que esses resultados serviriam como primeira indicação para a tomada de decisão.

O GEVJ (BRASIL, 1967), propôs a transferência de água em grande distância, em razão da necessidade e da possibilidade de se utilizar as águas das três grandes barragens do vale: Orós, Banabuiú e Castanheiro (ou barragem do Salgado), para a irrigação dos perímetros do baixo Jaguaribe, situados a jusante.

No estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Juatama, no município de Quixadá, o GEVJ (BRASIL, 1967), avaliou o coeficiente de rendimento de seus açudes de pequeno porte concluindo e extrapolando para todo o vale, que não se pode condenar a enorme quantidade de pequenos açudes anuais existentes, pois, embora não assegurem o

abastecimento de água durante as grandes secas, são úteis em média, quatro a cada cinco anos. Aconselhou, no entanto, a revisão da localização desses açudes e a preconização de normas de utilização dos excedentes, em vista à dificuldade em destruí-los.

Uma normatização para a construção de novos açudes compreenderia basicamente:

- definição da área da bacia hidrográfica, a fim de satisfazer as necessidades determinadas;
- submissão, à autoridade competente para aprovação, do dimensionamento do reservatório, por ocasião da construção; e
- aconselhamento da melhor operação possível para os açudes hidroagrícolas.

### 2.3.7 O Projeto ÁRIDAS

O Projeto Áridas (BRASIL, 1995a), com o propósito de investigar as possibilidades de desenvolvimento do Nordeste Brasileiro, concebeu dois cenários de desenvolvimento para o ano 2020: um tendencial e um alvo. O cenário tendencial traça o que se considera a trajetória mais provável do desenvolvimento do Nordeste, representando não apenas projeções estatísticas, mas também mudanças em tendências, em virtude da evolução tecnológica, por exemplo. O cenário alvo resulta do confronto entre o futuro desejável pelos nordestinos (captado mediante consulta à sociedade) e o cenário tendencial.

A construção dos cenários levou em conta um conjunto de condicionantes exógenas à região: 1) dinâmica da economia nacional; 2) reforma e modernização do Estado; 3) formulação e execução das políticas regionais. Os dois primeiros condicionantes são comuns aos dois cenários. A condição exógena diferenciadora será a política regional que é avaliada sob duas hipóteses: 1) continuidade das políticas regionais tradicionalmente adotadas, em particular as relativas ao Nordeste e 2) estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste, inserida em política nacional de ordenamento territorial e melhor distribuição espacial do desenvolvimento.

A avaliação do cenário tendencial mostra que, embora a trajetória de desenvolvimento revele grande dinamismo e importante progresso social, deverá ainda conviver com as conhecidas vulnerabilidades, que se agravarão ao longo do tempo, em particular as geoambientais, e outras se atenuarão de forma insuficiente.

O cenário desejado para 2020 insere-se em trajetória de sustentabilidade, que se delinea segundo o Projeto Áridas (BRASIL, 1995a) com base em ações estratégicas,

implementadas diante das vulnerabilidades: estratégias geoambiental, econômico-social, científico-tecnológica e político-institucional.

A estratégia geoambiental possui dois segmentos principais:

- conservação ambiental - monitoramento e previsão do clima, otimização dos recursos hídricos, conservação e recuperação dos solos, manutenção e ampliação da biodiversidade e sua renovação e controle ambiental; e
- ordenação do processo de ocupação demográfica e produtiva do espaço regional, de acordo com a base de recursos naturais, zoneamento ecológico-econômico; níveis adequados de qualidade ambiental e sadia convivência humana.

A otimização dos recursos hídricos, na visão do Projeto ÁRIDAS (BRASIL, 1995), pressupõe a existência de uma agência descentralizada para gerenciar a oferta e a demanda de águas e a preparação de um plano de gerenciamento para ser acionado em caso de seca, definindo como as alocações de água serão racionadas durante períodos de maior escassez. A conservação do solo deverá atentar para o mapeamento agropedológico regional e para a adaptação das atividades produtivas à forma de uso dos solos de adequada sustentabilidade e correção das áreas identificadas como críticas.

O zoneamento ecológico-econômico é integrado por três componentes:

- macrozoneamento ecológico-econômico, que compreende os meios físico, biótico e antrópico, identifica as zonas e subzonas ecológico-econômicas e agroclimáticas – utilizando-se no semi-árido, como referencial básico, o conceito de seca agrícola;
- mapas ecológico-econômicos das zonas e subzonas selecionadas como prioritárias, confecção de cartas temáticas atuais e potenciais;
- planos diretores de desenvolvimento sustentável, com a caracterização integrada do meio ambiente de cada zona ou subzona, a indicação das áreas com limitações e potenciais de ocupação, a identificação e seleção dos modelos de intervenção recomendados, o desenho dos cenários desejados e a concepção dos programas prioritários para a sua consecução.

A reorganização do meio rural é um dos programas prioritários e se orientará pela ocupação demográfica e produtiva compatível com a capacidade de suporte dos recursos da terra e da água e pela reestruturação fundiária.

Segundo ainda o Projeto ÁRIDAS (BRASIL, 1995a), outras ações de caráter complementar são: o estímulo à organização em torno da produção, sob forma associativa, e a presença do Estado em áreas de pobreza, como instância de poder e agência de serviços, para

melhor intercomunicação entre povo e governo. A estratégia científico-tecnológica consolidará e ampliará a base regional de ciência e tecnologia e a estratégia político-institucional deverá apoiar fundamentalmente a participação da comunidade regional organizada.

#### 2.3.8 O Programa WAVES

O Programa de pesquisa WAVES - Disponibilidade de Água e Vulnerabilidade dos Ecossistemas e da Sociedade no Nordeste do Brasil (GAISER et al., 2003), de cooperação germânico-brasileira, estuda a inter-relação da variabilidade climática, disponibilidade hídrica, agricultura e migração.

Cenários de integração quantitativa e qualitativa de desenvolvimento e planejamento regional foram desenvolvidos para os estados do Ceará e Piauí, por um grupo multidisciplinar e posteriormente discutidos e refinados durante três *workshops* políticos com agências de planejamento do Ceará.

A variabilidade climática é traduzida com a construção de cenários climáticos baseados nos modelos climáticos do GCM - General Circulation Models: ECHAM4 (ROECKNER et al., 1996) e HadCM2 (JOHN et al., 1997), recomendados pelo Painel Internacional de Mudanças Climáticas – IPCC, como adequados para interpretar as mudanças climáticas no Nordeste brasileiro. Ao serem aplicados, os dois modelos resultam em tendências opostas: enquanto um prevê com o aquecimento global, redução de chuvas (ECHAM4), o outro indica discreto aumento na precipitação média (HadCM2).

Modelos hidrológicos, de uso da água, de produção agrícola, agroeconômico e migratório são desenvolvidos, os quais, combinados, formam um modelo integrado denominado SIM (DÖLL e KROL, 2002). O modelo integrado é útil ao planejamento dos recursos hídricos, considerando-se ampla gama de variáveis, além da técnica de cenários de mudança global. A atualização dos dados de entrada permite que o SIM seja utilizado, também, na gestão de secas.

Para a quantificação da disponibilidade de água, é desenvolvido o modelo WASA – Modelo de Disponibilidade Hídrica em Ambientes Semi-Áridos, (GUENTNER et al., 1999) baseado no balanço hídrico de larga escala. Esse modelo é determinístico e trabalha com um intervalo de tempo diário, cuja escala espacial foi definida como manchas de terra com características de escoamento lateral similares. A variabilidade dos fluxos de água, referente à forma da superfície, solo e vegetação é baseada no conceito do Soil and Terrain Digital

Database – SOTER (FAO, 1993). Os processos hidrológicos verticais são representados por conceitos físicos.

A simulação do uso presente e futuro da água é feita pelo Modelo de Uso da Água no Nordeste - NoWUM (DÖLL et. al, 2002), que considera o impacto das mudanças globais e das medidas de gestão. O NoWum computa retiradas (quantidade de água retirada de suas fontes naturais) e uso consuntivo (quantidade consumida pelos sistemas durante o processo). A taxa entre uso consuntivo e retirada é a eficiência no uso da água. São considerados cinco setores usuários: irrigação, pecuária, doméstico, indústria e turismo.

Bronstert et al. (2005), nos estudos elaborados pelo WAVES, realizam análises de sensibilidade, quando da utilização do NoWum (DÖLL et al., 2002) para a verificação da influência de alguns parâmetros na simulação hidrológica: influência da profundidade efetiva do solo sobre a descarga do rio e controle das vazões liberadas em função do volume acumulado, resultando na necessidade de se incluir esses processos em modelos hidrológicos.

Ao ser aplicado nos estados do Ceará e Piauí, o NoWum aponta uma redução exponencial do uso de água em épocas de seca, refletindo a idéia de que os usuários restringem o consumo ao verificar baixos níveis de água nos rios e reservatórios. Outro resultado é o fator de redução do uso de água para irrigação, na estação seca de 1980, que em alguns municípios, chega a 10% do normalmente utilizado.

Em resumo, a metodologia proposta pelo Programa WAVES para avaliar a escassez hídrica em cenários de mudança global consiste basicamente em (ARAÚJO et al, 2004):

- construção de cenários de referência robustos;
- aplicação de modelos de circulação global admitindo-se aquecimento;
- redução de escala (downscaling) do resultado das mudanças climáticas;
- aplicação de um modelo hidrológico para avaliação da disponibilidade hídrica;
- aplicação de um modelo de uso de água para avaliação da demanda; e
- determinação do índice de estresse hídrico, a fim de se analisar a escassez de água na área em foco.

Döll e Hauschild (2002), analisando os resultados dos cenários desenvolvidos pelo projeto WAVES, concluem que a pressão na escassez de recursos hídricos crescerá significativamente, mesmo se for melhorada a eficiência no uso de água na irrigação. O uso doméstico e industrial crescerá nas regiões com alta imigração, mas a intensidade do uso pode ser controlada por um apropriado sistema de tarifação de água. O método de elaboração de

cenários quantitativos - qualitativos aparenta ser apropriado para se aplicar a estratégias de gestão de água. Uma significativa melhoria é possível, se os dados de uso atual forem mais confiáveis e caso se modele o uso relativo à tomada de decisão em pequena escala como, por exemplo, oriunda de comitês de bacias.

De acordo com Araújo et al. (2004), cenários de referência servem de base para se avaliar o impacto de políticas selecionadas ou intervenções no futuro. A robustez de uma política é testada avaliando-se seu impacto em diferentes situações.

Araújo et al. (2004) analisam a escassez hídrica nos 184 municípios do estado do Ceará, estimando o índice de estresse hídrico  $ig(G)$  em cenários construídos para diferentes caminhos de desenvolvimento regional e de mudanças climáticas globais, no período de 2001 a 2025. Quatro cenários são montados pela composição de dois cenários de mudança climática, ECHAM4 (ROECKNER et al., 1996) e HadCM2 (JOHN et al., 1997), com dois cenários macroeconômicos.

Os cenários macroeconômicos apontam para duas tendências antagônicas, o primeiro (RSA) para a globalização segundo modelo neoliberal, com o mercado mundial determinando os rumos da economia local. Entre as conseqüências que esse cenário traria para o Ceará destaca-se o crescimento concentrado da região metropolitana de Fortaleza, esvaziamento do campo e ampliação da infra-estrutura turística do litoral. O segundo cenário (RSB) prevê desenvolvimento mais autônomo e sobre paradigmas sócio-ambientais, trazendo como conseqüência crescimento de centros urbanos médios, fortalecimento do campo e demanda hídrica mais distribuída.

O índice de estresse hídrico é calculado pelo balanço entre demanda e oferta de água, de acordo com a equação abaixo:

$$ig(G) = \frac{\text{Demanda global consuntiva}}{\text{Disponibilidade global garantida}} = \frac{Q_D}{Q_S(G)} \quad (1)$$

em que:  $ig$  = índice de estresse global;  $G$  = oferta de água anual confiável;  $Q_D$  = demanda global consuntiva; e  $Q_S$  = disponibilidade global confiável. A demanda global consuntiva é calculada por:

$$Q_D = Q_c + dQ_1 \quad (2)$$

em que  $Q_c$  = uso consuntivo; e  $dQ_1$  = perdas de água no sistema de demanda, dada por:

$$dQ_1 = X_1 \cdot (Q_w - Q_c) \quad (3)$$

em que  $Q_w$  = volume de água retirado; e  $X_1$  = fator de perda na demanda. A água perdida no sistema de demanda ( $dQ_1$ ) ocorre na vazão de retorno depois da água retirada e do uso consuntivo. As principais causas são evaporação e infiltração nas fissuras das rochas cristalinas. O fator de perdas difusas  $X_1$  é estimado baseado em Rêgo (2001).

A disponibilidade global confiável  $Q_S(G)$  é definida como:

$$Q_s(G) = Q_{SW}(G) + Q_{SUB}(G) - dQ_2 \quad (4)$$

em que  $Q_{SW}(G)$  = disponibilidade superficial;  $Q_{SUB}(G)$  = disponibilidade subterrânea; e  $dQ_2$  = perdas de água no sistema de oferta.

A disponibilidade global confiável é determinada para cada município. A disponibilidade superficial diz respeito aos reservatórios, visto serem os rios intermitentes, e é determinada pelo método experimental Monte Carlo (CAMPOS, 1999), em termos do volume inicial disponível para uma garantia de 90%. Esses volumes são alocados proporcionalmente à demanda de cada município. Para os anos seguintes, até 2025, assume-se que a taxa entre a disponibilidade do reservatório  $Q_{90}$  e o escoamento superficial anual,  $Q_{runoff}$  é constante ( $\eta = Q_{90}/Q_{runoff}$ ).

A disponibilidade hídrica subterrânea atual é obtida de Barbosa (2000), que avaliou dados de 14 mil poços em todo o estado. Essa disponibilidade é considerada constante no período de 2001 a 2025. As perdas no sistema de oferta  $dQ_2$ , que ocorre principalmente nos rios, são calculadas por:

$$dQ_2 = X_2 \cdot (Q_{90} + Q_{SUB}) \quad (5)$$

em que  $X_2$  é o fator de perda, obtido de Rêgo (2001). Substituindo-se as equações (2) a (5) na equação (1), o índice de estresse hídrico global para uma garantia de 90% é:

$$ig_{90} = \frac{X_1 \cdot Q_w + (1 - X_1) \cdot Q_c}{(1 - X_2) \cdot (Q_{90} + Q_{sub})} \quad (6)$$

Um município é considerado com estresse hídrico sempre que  $ig_{90} > 0,9$ .

Os resultados mostram que o cenário de referência, que contempla um rápido desenvolvimento econômico da Região Metropolitana de Fortaleza, é mais vulnerável do que aquele que promove a descentralização e o desenvolvimento rural integrado. Os resultados mostram que esses cenários macroeconômicos influem de modo mais intenso do que o próprio aquecimento global. O cenário RSA-ECHAM4 é o que necessita de maior intervenção, enquanto que o menos crítico é o RSB-HadCM2, devido à melhor distribuição da demanda e ao incremento da precipitação.

A região de baixo potencial de recursos hídricos do Ceará, com 62 municípios, tende a um maior estresse hídrico no cenário RSB, que no RSA, demonstrando a necessidade de maiores investimentos na região. Os 10% dos municípios mais vulneráveis no Estado têm em média 82% de expectativa anual de escassez hídrica até o ano 2025, nos quatro cenários.

Abreu (2003) avalia o impacto da política de ampliação da oferta hídrica planejada pelo governo do estado do Ceará, para o período de 2001 a 2006, no que diz respeito à redução do estresse hídrico nos 184 municípios, no período de 2001 a 2025. Foi tomando como base os dois cenários futuros de mudanças climáticas e os usos da água derivados dos cenários de desenvolvimento regional concebidos pelo Programa WAVES.

Esta política, para região do alto Jaguaribe, consiste na construção de poços profundos, das barragens Arneiroz e Faé, que beneficiam os municípios de Arneiroz, Saboeiro e Quixelô e do eixo de integração Castanhão-Fortaleza, esse último com influência indireta. O incremento da oferta de água subterrânea tomou como base a capacidade de investimento do estado nesse setor.

O modelo Mig90 calcula o  $ig_{90}$  de todos os municípios, antes e após as intervenções, o que resulta na conclusão principal, na qual a política estadual proposta apresenta resultados semelhantes em todos os cenários. Apenas de três a oito municípios (dependendo do cenário) deixam de entrar em estresse hídrico após as intervenções, no período avaliado.

Paiva (2004) propõe medidas de redução da demanda e ampliação de oferta e as compara com os resultados da pesquisa de Abreu (2003), e com os dados iniciais sem nenhuma intervenção, obtidos de Araújo et al. (2004).

As intervenções propostas, também analisadas sob o aspecto econômico são: gestão de demanda hídrica na agricultura, reúso de efluentes tratados, construção de cisternas de placa, construção e reativação de poços profundos, construção de barragens e recuperação do canal do Trabalhador. Os custos das intervenções propostas pelo autor não ultrapassam os custos da política estadual.

A gestão de demanda hídrica na agricultura baseia-se na metodologia proposta por Joca (2001), na qual se propõem mudanças de cultura e de métodos de irrigação. O reúso de efluentes tratados diz respeito à determinação do potencial total de reúso, que equivale à diferença entre o volume de água retirado do manancial e o uso consuntivo. O volume de oferta de água a ser ampliado com a construção das cisternas de placa é obtido multiplicando-se por três o número de cisternas previstas para serem construídas pelo programa Um milhão de Cisternas (175.000) no Ceará, durante os cinco anos de execução do programa. A intervenção, construção de poços tomou como base o trabalho de Abreu, (2003) e é ainda estimado um valor para a recuperação do canal do Trabalhador.

Foi utilizado o modelo Mig90 (ABREU, 2003), aplicado ao cenário climático previsto pelo modelo ECHAM 4 e ao cenário de desenvolvimento regional centralizado.

Os resultados mostram que, “sem intervenção”, 21% dos municípios apresentam estresse hídrico, a intervenção estadual praticamente não altera esse valor e a gestão combinada de oferta e demanda proposta pelo autor reduz esse número para 12%.

### 2.3.9 O Plano Águas do Vale

Rêgo et al. (2005) avaliaram o “Plano de Uso Racional das Águas para Irrigação nos Vales dos Rios Jaguaribe e Banabuiú – Águas do Vale”, implantado pela Secretaria dos Recursos Hídrico do Estado do Ceará - SRH e Agência Nacional de Água - ANA, cabendo sua operacionalização à COGERH e à Secretaria de Agricultura Irrigada - SEAGRI. Como esses vales concentram grandes áreas de irrigação supridas pelos reservatórios Orós e Banabuiú, os quais não tinham capacidade para atender a toda a demanda no ano seco de 2001, foram propostos no plano: a redução das áreas a serem irrigadas, proporcionalmente à redução da oferta de água; a paralisação da irrigação nas culturas de arroz (maior consumidora de água) e a cessão da água, que seria consumida por essa cultura, às culturas de maior valor econômico agregado, mediante o recebimento de compensação financeira; a

introdução de novas culturas, com modernização e implementação das áreas irrigadas e o pagamento da tarifa pelo uso da água bruta na irrigação.

Os incentivos financeiros pagos corresponderiam a R\$600/ha, em uma área de até 2 ha; R\$500/ha, numa área entre 2 ha e 100 ha e R\$400/ha, em áreas acima de 100 ha.

Para adesão ao plano de compensação, os irrigantes deveriam participar de um programa de capacitação em novas tecnologias de produção de culturas de maior valor agregado e solicitar a outorga com volume referente à metade daquele já outorgado. Os volumes outorgados ficaram ainda condicionados à alocação de água negociada nos fóruns de usuários.

A cobrança da tarifa pelo uso da água bruta isentava irrigantes de consumo de até 1,4 l/s. Para categorias de consumo entre 1,4 l/s e 6,9 l/s, em áreas modernizadas, era concedido um desconto de até 50% no valor da tarifa de R\$ 0,01/m<sup>3</sup>. Caso fossem irrigadas áreas novas por usuários situados na categoria de consumo acima de 6,9 l/s, o valor da tarifa equivaleria a R\$0,015/m<sup>3</sup>.

Com a paralisação da cultura do arroz, em 3.584 ha, os produtores de baixa renda (76 no vale do Banabuiú; 414 no vale do Jaguaribe; 724 no perímetro de Morada Nova e 409 no perímetro Icó-Lima Campos) disponibilizaram um volume de aproximadamente 59 hm<sup>3</sup> de água, aos produtores de culturas selecionadas pelo Governo Estadual, segundo o qual a disponibilização de água para essas atividades ocasionaria uma receita de R\$ 43.103.965, valor esse que equivaleria a R\$ 8.160.400 caso a água tivesse sido utilizada somente na produção de arroz.

Na visão institucional, o plano “Águas do Vale” criou bases para a instalação de um mercado de água para irrigação, contradizendo a opinião dos técnicos institucionais, pequenos e grandes produtores e integrantes dos comitês de bacias, diretamente envolvidos, segundo os quais a articulação junto aos usuários e seus valores culturais, o valor elevado da tarifa, a facilidade na comercialização do arroz, entre outros aspectos, não propiciou a criação de uma nova cultura para esse fim. Rêgo et al. (2005) salientam ainda que as áreas destinadas à irrigação de arroz na região, mais especificamente nos perímetros Icó-Lima Campos e Morada Nova, voltaram a crescer após a experiência do “Águas do Vale”, proporcionalmente ao incremento da oferta de água.

#### **2.4 Custos com a aplicação de planos emergenciais em épocas de seca**

Segundo DUARTE et al. (2002c), na grande seca de 1958, as dotações da União para o combate aos efeitos das secas, na região Nordeste, foram de US\$ 77 milhões, 10,7% da

receita prevista do governo Federal, ou o equivalente a Cr\$ 940,00 (US\$ 73) por habitante da zona assolada. Mais da metade desse valor, aproximadamente Cr\$ 6 bilhões (US\$ 46 milhões) foi despendida pelo DNOCS. A população do Ceará em 1957, estimada em 3,2 milhões de habitantes, Paraíba – 2 milhões e R.Grande do Norte – 1,1 milhão, enquanto o Nordeste possuía 16,4 milhões e a população em todo o polígono das secas somava 10,5 milhões.

A primeira ação da SUDENE no comando dos trabalhos de emergência ocorreu na seca parcial que se abateu no agreste paraibano e pernambucano, no ano de 1962. O primeiro plano de emergência elaborado pela SUDENE data de 05/11/1966 e se intitulava “Plano para debater os efeitos de uma seca no Nordeste em 1967”.

A força de trabalho nas frentes de trabalho no estado do Ceará, de abril a dezembro de 1970, era de 1.415.000 trabalhadores/mês, com uma despesa por trabalhador/mês de Cr\$ 82,00 e, portanto, com custo final de Cr\$ 1.044.270.000,00 (BRASIL,1971b).

Os demais planos implementados na região com seus respectivos custos relacionam-se a seguir:

- celebrado entre a SUDENE e o Governo do Estado do Ceará, o convênio da seca de 1978, previa que a SUDENE contribui com Cr\$ 2.500.000,00 à conta dos recursos do Fundo de Emergência e Abastecimento do Nordeste (FEANE), cabendo a Secretaria de Agricultura e Abastecimento a execução do Programa;
- plano de 1979/80: Recursos aplicados: a fundo perdido – Cr\$ 2.392.383.324,00; crédito de emergência – Cr\$ 641.008.000,00.
- plano de 1980/81: Recursos aplicados (maio de 1980 a abril de 1981): a fundo perdido – Cr\$ 6.044.272.375,72; crédito de emergência – Cr\$ 4.313.691.000,00.
- plano de 1981/82: Recursos aplicados: a fundo perdido – Cr\$ 20.561.487.000,00; crédito de emergência – Cr\$ 801.253.000,00; e
- plano de 1982/84: Recursos aplicados: Cr\$ 103.188.200.000,00; crédito de emergência – Cr\$ 801.253.000,00. No início de 1983, todos os municípios do Ceará, com exceção de Fortaleza, já tinham entrado no programa.

## **2.5 Experiências com planos, políticas e modelos de escassez hídrica em outros países**

Parry e Carter (1987) classificaram as políticas dos governos em resposta à variabilidade climática ou a eventos climáticos extremos em três grandes tipos: programas pré-impactos, intervenções governamentais pós-impacto e medidas de contingência ou planos de prevenção. Programas governamentais pré-impacto são definidos como aqueles que tentam

amenizar os efeitos futuros de variações climáticas. Exemplos relacionados com a seca incluem o desenvolvimento de um sistema de alerta precoce, aumento das reservas hídricas, redução da demanda e seguros para as lavouras. Intervenções governamentais pós-impacto se referem aos programas de reação ou às táticas implementadas em resposta à seca ou a algum outro evento climático extremo. Isto inclui ampla gama de medidas emergenciais tais como: créditos a juros baixos, subsídios para o transporte de gado e aquisição de ração animal, fornecimento de alimentos, transporte de água e construção de poços para irrigação e para abastecimento público.

Wilhite et. al. (2000) definem mitigação como conjunto de ações de curto e longo prazo, programas ou políticas implementadas, durante e antecedente às secas, que reduzem o grau de risco da vida humana, dos bens de produção e consumo, assim como da capacidade produtiva. Mitigar os efeitos das secas requer o uso de todos os componentes do ciclo de manejo de desastre apresentado na Figura 01. O manejo do risco enfatiza prevenção, mitigação, predição e atividades de alerta precoces iniciadas com o objetivo de reduzir os impactos associados aos eventos subseqüentes. Em um plano de secas, fazer a transição do manejo da crise para o manejo do risco é difícil, porque historicamente pouco tem sido feito para entender e quantificar os riscos associados com as secas, bem como comparar o resultado das atividades executadas. Para resolver esse problema, áreas com alto risco devem ser identificadas e ações devem ser tomadas mediante planos de prevenção, com a implantação de atividades pré-eventos, designadas para incrementar o nível de melhoria da capacidade operacional e institucional em responder aos eventos das secas.

A Texas Commission on Environmental Quality (2005) define plano de contingência de seca como estratégia ou combinação de estratégias para a gestão temporária de suprimento e demandas, em uma situação de deficit de fornecimento de água temporário, potencial e recorrente, bem como para a gestão de outros fornecimentos emergenciais de água. O principal objetivo de um plano de contingência é garantir um fornecimento ininterrupto de água em quantidade suficiente para satisfazer as necessidades humanas essenciais. Objetivos secundários consistem na minimização dos impactos adversos na qualidade de vida da população, na economia e no meio ambiente.

Segundo Karavitis (1999), um esquema ideal de gerenciamento de secas deve obedecer aos seguintes itens:

- prognóstico da seca;
- antecipação das ações;
- plano de contingência;

- delineamento de múltiplas alternativas;
- orientação interdisciplinar;
- embasamento em dados confiáveis e atualizados;
- suporte de tecnologia de informação;
- existência de fundo econômico, institucional e legal;
- eficiência na organização das ações;
- suporte de plano de recursos hídricos e práticas da gestão eficientes;
- processo de decisão eficiente;
- respostas ágeis e efetivas; e
- avaliação de ações selecionadas e aplicadas.

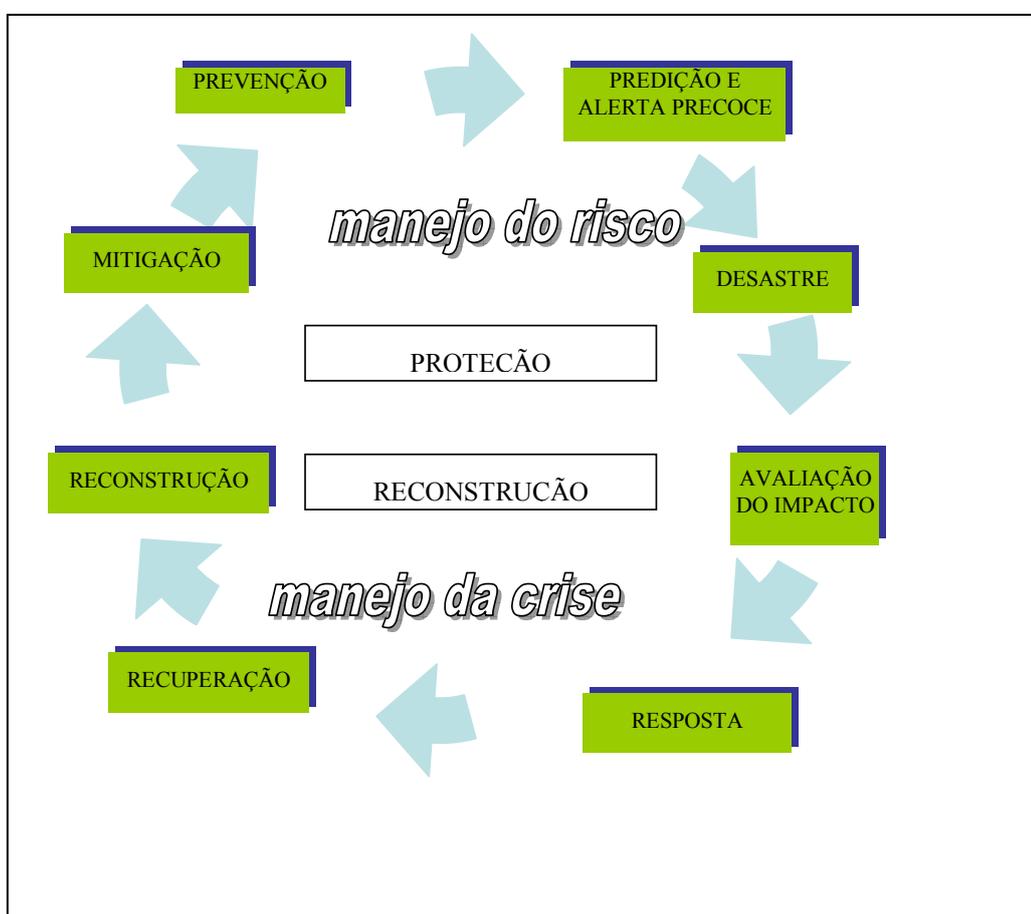


Figura 01 – O ciclo do manejo de desastres naturais.  
Fonte: Wilhite et al. (2000).

O material bibliográfico analisado cita comum e enfaticamente a necessidade de avaliação dos resultados obtidos com a aplicação dos planos de seca.

Vujica et al. (1983) concebem dois tipos de medidas para mitigação dos impactos das secas: medidas estratégicas proativas e medidas estratégicas reativas ou emergenciais. As primeiras aplicadas nos períodos pré-secas, durante e pós-secas, e as demais apenas durante e após as secas.

Os autores citam ainda, três tipos de medidas de controle, abordadas dentro do caráter social dos seus efeitos:

- medidas de suprimento, com o objetivo de aumentar a disponibilidade de água durante as secas;
- medidas visando o decréscimo da demanda de água através de várias técnicas de conservação de limite de uso;
- medidas de redução de perdas, necessárias para mitigar os impactos.

As medidas são apresentadas no organograma da Figura 02. Métodos capazes de produzir estratégias para o gerenciamento são elaborados por intermédio de um “mix” dessas medidas de controle, buscando-se soluções ótimas.

Para avaliar o atendimento dos objetivos de alternativas para controle de impactos das secas, Vujica et al. (1983) propõem uma análise de decisões multicritérios (MCDM), cuja equação básica é exemplificada da seguinte forma:

$$D = [G, C, X, Y, M] \quad (7)$$

em que D = decisão; G = objetivos específicos (agrícola, econômico, hidrológico, meteorológico, etc.); C = critério, medida de efetividade ou índice de performance; X = set de medidas de controle; Y = set de esquemas de controle, ou combinação de medidas de controle e M = técnicas e ordenação da análise.

White et al. (2001) analisam e comparam as políticas de secas nos Estados Unidos e na Austrália. Enquanto a seca na Austrália é enfrentada essencialmente em termos do impacto na agricultura, nos Estados Unidos, a política é também fortemente influenciada pelo impacto nas comunidades urbanas, mais atuantes e com grande variedade de grupos de interesse. Os mecanismos de consulta à sociedade vêm crescendo nos Estados Unidos.

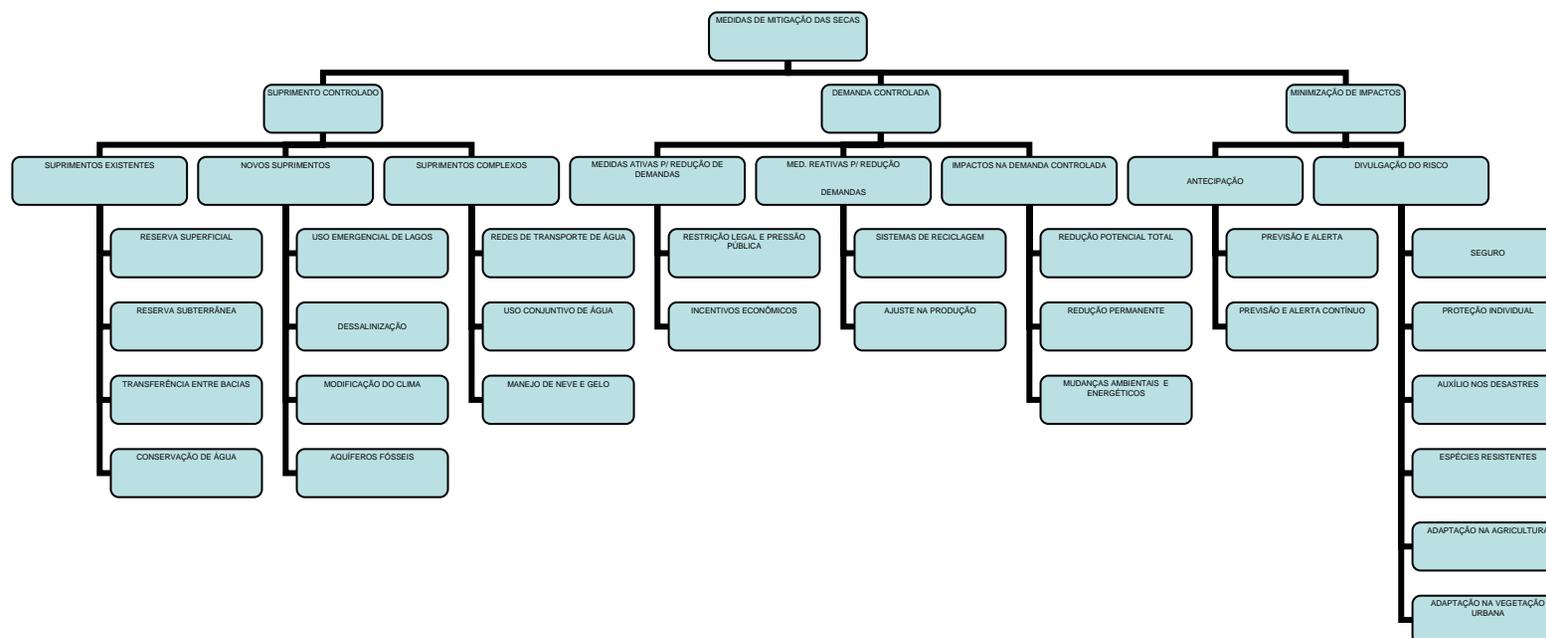


Figura 02 - Medidas de mitigação das secas.  
 Fonte: Vujica et al., (1978)

Em 1992, a Austrália estabeleceu a Política Nacional de Secas (NDP) e os Estados Unidos em 2001 adotavam a sua, ambas enfatizando a proteção dos recursos naturais básicos. A Austrália vem introduzindo instrumentos econômicos, como valor de mercado e títulos de transferência de água, para promover o uso mais eficiente da água, e também destinando um volume à manutenção ambiental.

Os objetivos da NDP incluem:

Aumento do fundo para pesquisa e desenvolvimento das secas;

- inclusão do componente risco de gestão das secas em um plano maior, no caso o plano de gestão das propriedades rurais;
- subsídio para treinamento visando desenvolver a capacidade dos agricultores para melhor gerenciar riscos, inclusive o das secas;
- criação de fundos de reservas obtidos através de taxas, para as situações de secas;
- taxação acelerada da depreciação para o armazenamento de forragem e grãos;
- taxa de juros subsidiada para a agricultura, durante uma seca declarada com circunstâncias excepcionais; e
- suporte de rendimento para os agricultores, localizados em áreas sujeitas às secas com circunstâncias excepcionais.

O principal papel na implementação da NDP é exercido pela pesquisa. O uso da tecnologia na minimização da degradação da terra e na identificação de sistemas agrícolas sustentáveis requer melhor ligação com outras políticas, enfatizando a sustentabilidade no uso dos recursos naturais.

De acordo com White et al. (2001) os procedimentos tecnológicos incluem:

- melhoria do sistema de previsão do tempo;
- acesso on-line das informações climáticas;
- sistema de suporte a decisão para análise de dados do clima ou uso agrônomico, para nutrição de animais, e modelos financeiros, que ajudem na tomada de decisão;
- educação e manejo de grãos e pastos mais tolerantes as secas;
- uso de dados de sensoriamento remoto, modelos e sistemas de informações geográficas para monitorar e acessar espacialmente e temporalmente a extensão e severidade das secas.

Como resultado da seca de 1996, nos Estados Unidos, foi introduzido em 1997 o Ato de Política Nacional das Secas, mediante o qual a Agência Federal de Gestão de Emergências (FEMA) e a Associação de Governadores da Região Oeste instalaram a Comissão Nacional de Políticas de Secas (NDPC). Essa comissão desenvolveu o sistema de monitoramento “Drought Monitor” que, integrando vários índices e variáveis físicas, estima e classifica a severidade da seca. Segundo White et al. (2001), a maioria dos 30 estados norte-americanos que possuem planos de secas preocupa-se em avaliar apenas as respostas das ações implementadas pós-secas. Metodologias, no entanto, estão sendo disponibilizadas, de forma a enfatizar as ações e os programas preventivos. A evolução do progresso da política de secas será detectada se ênfases nessas ações forem implantadas.

Schwartz (2000) usa períodos críticos de disponibilidade hídrica para analisar o volume ideal de acumulação dos reservatórios e as regras operacionais, que eficientemente mitigam os efeitos das secas sobre os sistemas de fornecimento de água do rio Potomac, o principal fornecedor de água para Washington D.C. e região metropolitana, para os estados de Maryland e Virginia e o distrito de Columbia, nos Estados Unidos.

O rápido crescimento dos subúrbios de Washington, combinado com a seca de 1977, criou o potencial de um significativo conflito para apropriação do rio. Em 1978, entrou em vigor o acordo “Alocação de Água para Baixo Fluxo do Rio Potomac”, ditando regras para o uso equitativo de água em tempo de escassez hídrica. Posteriormente, em 1982, foi assinado o acordo de coordenação de fornecimento de água, que institucionalizou a cooperação regional para gestão dos sistemas operacionais da água do rio.

Shiau e Shen (2001) formulam uma metodologia de análise de frequência e risco das secas hidrológicas. A seca hidrológica é definida como um evento durante o qual o escoamento superficial encontra-se continuamente abaixo de um nível de truncagem, como proposto por Yevjevich (1967), na “theory of runs”. O método avalia a duração e a severidade das secas, segundo uma função de densidade de probabilidade expressa como o produto da distribuição condicional da severidade, dada a duração da seca, pela distribuição de probabilidade da duração da seca. A distribuição condicional é ajustada pelos dados sintéticos de escoamento superficial, gerados segundo os dados observados.

O modelo é aplicado no reservatório Shihmen, responsável pelo abastecimento urbano e agrícola da região norte de Taiwan, cuja série de deflúvios mensais afluentes equivale ao período de 1965 a 1992. A probabilidade de duração das secas e a respectiva severidade em termos de volume são determinadas para tempos de recorrência diversos.

Vujica et al. (1983) relatam que, durante a seca de 1976-77 nos Estados Unidos, foram adotadas, em nível federal, algumas medidas preventivas, visando a aumentar a disponibilidade de água:

- construção de novos poços e reabilitação de antigos;
- transporte de água por veículos ou adutoras;
- compra de água de produtores de grão de baixo valor financeiro e venda para produtores de culturas perenes de alto valor financeiro;
- campanhas de promoção da conservação da água.

Foram também adotadas, nesse período de seca, medidas para redução da demanda, obtidas segundo tipos de controle (mandatório ou voluntário), segundo graus de controle (rigoroso ou moderado) e consoante critérios de distribuição de água (*per capita* ou uso prioritário). Os resultados mostram que os maiores percentuais de redução foram obtidos, onde se manteve um controle mandatório, rigoroso e com distribuição *per capita*. A percepção pública da severidade da seca e da política de racionalização equitativa da água contribui para melhor aceitação da população.

Vujica et al. (1983) apresentam alguns exemplos de medidas para redução de demandas e seus efeitos. Na Califórnia, em 1977, foram estabelecidas cotas de consumo de água. Caso os consumidores ultrapassassem 71m<sup>3</sup> de água por mês e em consumos não domésticos, repetidamente excedessem a cota em 50% ou mais, passariam a ter o fluxo de entrada de água reduzido por equipamentos ou a descontinuidade do suprimento. O consumo excessivo originava taxas adicionais de 39 centavos de dólar para os primeiros 100 ft<sup>3</sup> e US\$ 7,80 para cada 100 ft<sup>3</sup> acima de 500 ft<sup>3</sup>. A tarifa para o consumo de até 100 ft<sup>3</sup>, foi alterada de 24 para 29 centavos de dólar.

No Colorado, também em 1977, foi instituído um racionamento “rota cuts”, segundo o qual a distribuição de água seguia um calendário predeterminado; e

Na Grã Bretanha, durante a seca de 1976, a publicação de um ato legal proibia: 1) o uso comercial e público da água em atividades consideradas não essenciais, como parques, jardins, recreação, esportes, enchimento de piscinas, lavagem de carro, lavagem de rodovias e edifícios, fontes ou cascatas ornamentais, descargas sanitárias automáticas etc.; 2) autorizava as autoridades das bacias hidrográficas a buscar fontes de água alternativas e a restringir e proibir os usos que julgassem desnecessários. Outra medida tomada foi a divulgação de um calendário, indicando os dias de fornecimento de água, para cada zona urbana de

abastecimento. Essas medidas de redução requereram uma campanha extensiva de relacionamento com o público.

Segundo Vujica et al. (1983), as ações e conclusões mais efetivamente implantadas na seca de 1976-1977 foram:

- as maiores reduções de consumo foram obtidas com o aumento do rigor do programa;
- a redução da demanda é a ferramenta mais efetiva para a mitigação das secas;
- antes de propor métodos de gestão da demanda, o programa a ser implementado deve reconhecer que: 1) a demanda é determinada por benefícios econômicos e outros valores humanos, 2) o esforço requerido para a gestão da demanda aumenta substancialmente com a variância entre a preferência pública e privada e 3) o custo de um programa efetivo pode ser tão grande que se torna inviável para ser aplicado em algumas jurisdições. A estrutura desses programas deve ser ajustada cuidadosamente para que se obtenha o mínimo custo possível;
- a gestão de tarifas será mais efetiva se for introduzido um preço ponderado para o consumo no horário de pico, assim como ocorre com a eletricidade.
- medidas econômicas podem ser usadas para restringir o uso da água;
- nas secas extremas, a capacidade de pagamento do consumidor não pode ser uma consideração primária;
- políticas tarifárias são úteis no trato com os picos de consumo no verão e restringem a demanda, quando essa excede a disponibilidade;
- medições do consumo médio e no horário de pico são instrumentos bastante eficazes;
- verificou-se que a aplicação da tarifa em bloco deve ser mais fragmentada, de acordo com as diversas características regionais e categoria de usuários, embutindo-se no seu valor as medidas de conservação da água.

Vujica *et al.* (1978) citam ainda conclusões oriundas de experiências com o mercado de águas, como instrumento de política de secas:

- competição pura não é encontrada no mercado de água;
- enquanto a agricultura e a indústria operam com o objetivo de maximizar o lucro, os usuários residenciais buscam outros objetivos;
- com exceção daqueles usuários de grandes sistemas de distribuição, a água não é facilmente transferida de um usuário para outro, pois sempre existirá um terceiro, não

envolvido no processo, que criará dificuldade. Os mercados funcionam mais com poucos grandes usuários. Agências públicas sempre possuem as maiores quantidades e são as mais lentas nas transações de compra e venda;

- transferências de direitos de uso são freqüentes e institucionalmente constrangedoras;

- nem o suprimento nem a demanda são móveis. Os fornecedores nem sempre são capazes de transportar água de longa distância, e os que necessitam de água têm único ponto de recebimento;

- os corretores de água não informam regularmente preços e oportunidades de mercado;

- os participantes financeiramente mais fortes podem dominar o mercado.

De acordo com Vujica et al. (1983), o mercado de águas funciona melhor entre grupos de pequenos irrigantes, pertencentes a uma mesma comunidade, usuários de um mesmo sistema de irrigação e deliberando sobre os negócios livremente. É estabelecida uma cota mínima de água, que pode ser vendida, visando a proteger a economia local e a estrutura social e mantendo a terra com a agricultura. A idéia da corretagem de água colocaria à disposição para consulta - oferta, necessidade e preço. O banco de água compraria direitos de água e, em conjunto com os dados da corretagem, colocariam pacotes a venda.

Newlin et al. (2002) avaliaram o potencial do mercado de água na região sul da Califórnia, usando o modelo de engenharia econômica CALVIN, com o objetivo de melhorar a gestão e reduzir as demandas de importação de água.

A região sul da Califórnia inclui as regiões metropolitanas de Los Angeles e San Diego, no oeste, com uma população aproximada de 18 milhões de habitantes e grandes áreas agrícolas, na porção leste. A área predominantemente urbana é abastecida por um complexo sistema que vende água no atacado e no varejo. A zona agrícola é usuária de três distritos de água: Imperial Irrigation, Palo Verde Irrigation e Coachella Valley.

Toda a rede física de abastecimento de água é modelada no CALVIN, usando dados mensais hidrológicos de 1921 a 1993. A operação e a alocação de água se baseiam em funções econômicas de demanda agrícola e urbana. A otimização é feita segundo as estratégias A e B. A estratégia A, que seria o mercado ideal, corresponde a não-alocação ou operação mediante regras políticas, com exceção para os fluxos destinados à preservação ambiental ou a situações emergenciais. A estratégia B considera as regras políticas correntes de alocação de água.

Os resultados mostraram que, no mercado ideal (estratégia A), a demanda regional e, conseqüentemente, a escassez, em termos de volume e custos, tendem a diminuir; a alocação de água é menor para a agricultura e maior para a zona urbana, aumentando as oportunidades de reúso e a redução da disponibilidade de pagar pela importação de água.

Draper et al. (2003) aplicam o modelo CALVIN para otimização do complexo sistema de água que abastece a região metropolitana da baía de São Francisco, o Vale Central e o sul da Califórnia, com os objetivos de:

- identificação da capacidade econômica;
- avaliação da disponibilidade de pagar pela água;
- identificação das possibilidades de transferência de água;
- integração da operação para os diversos usos;
- avaliação dos dados e ajustes;
- demonstração dos avanços nas técnicas de modelagem; e
- definição da melhor solução, refinamento e teste por simulação.

Os resultados foram comparados com outros modelos amplamente usados na Califórnia, mostrando que o CALVIN apresenta resultados confiáveis, práticos e conclusivos no que diz respeito à operação, à alocação e aos planos e políticas de água.

Para minimizar os conflitos de uso da água entre Israel e a Autoridade Palestina, Becker e Zeitouni (1998) sugeriram um mecanismo de alocação por meio de mercado de água, visando ao benefício econômico e com base na teoria de que a taxaço de um produto com um preço abaixo do real pode resultar numa escassez artificial e vice-versa.

Uma das principais fontes de água potável disponível para o estado de Israel é a água subterrânea que supre em torno de 50% do potencial anual do País. Na faixa de Gaza, essa é a única fonte e vem sendo usada sem controle, causando declínio no nível de água do aquífero e intrusão de água do mar, resultando num incremento de 60% nos níveis de salinidade. Estima-se que entre 75% e 80% do consumo de água nas regiões do West Bank e faixa de Gaza são alocados para a irrigação de grãos, sendo o residencial o segundo consumidor mais relevante.

O componente residencial é considerado fixo e dependente do tamanho da população. A demanda agrícola é derivada do valor do produto marginal (que é o valor do grão produzido por metro cúbico marginal de água). O valor marginal do produto foi calculado para culturas representativas e reflete a demanda por água em preços diferentes, sob condições específicas de crescimento, em cada região. Quando não existe cooperação, as

alocações são determinadas pelas quantidades de suprimento em cada região. Então cada usuário maximiza os ganhos líquidos do uso da água dando um suprimento fixo. Nessas condições, a diferença entre o preço da água em Israel e o praticado no West Bank e na faixa de Gaza é grande o suficiente para indicar que existem benefícios potenciais na re-alocação de água entre as partes. Segundo Becker e Zeitouni (1998), a alocação ótima pelo mercado regional de água seria obtida pela maximização dos benefícios do uso da água para as regiões em conjunto, sem considerar a pré-alocação dos direitos de água em cada região.

Como conclusão, os autores sugerem que a água deve ter um preço para cobrir os custos de bombeamento e adução e que os agricultores devem receber incentivos econômicos, para cultivar culturas de alto retorno, que possam ser economicamente justificadas.

Em Melbourne, uma cidade com aproximadamente três milhões de habitantes, a água tratada é vendida por atacado, pela Melbourne Water Corporation, para três empresas de fornecimento de água no varejo. Visando a liberar de forma mais econômica e eficiente a água dos grandes reservatórios para as empresas distribuidoras, Zhou et al. (2000) propuseram um modelo para estimar o consumo diário com 24 horas de antecipação, tomando-se como base os dados de demanda passados e a previsão do tempo.

O consumo diário é considerado a soma do consumo básico e consumo sazonal. O consumo básico é estimado mediante o ajuste, segundo uma equação polinomial, nos dados diários dos meses de menor consumo de água. A variação sazonal do consumo de água leva em conta a previsão das condições de temperatura do ar, evaporação e precipitação, as quais são incorporados no modelo na forma do índice de precipitação antecedente. O modelo apresentou um coeficiente de regressão da ordem de 89,6% e um desvio padrão de aproximadamente + 8%, considerado aceitável.

Jenkins e Lund (2000) propõe um modelo que integra a análise de confiabilidade do suprimento urbano de água e a minimização dos custos de sua operacionalização em anos secos. O modelo é aplicado no distrito de água East Bay, Califórnia, que vivenciou secas nos períodos de 1976 a 1977 e de 1988 a 1992. A estrutura do modelo combina dois submodelos: rendimento do abastecimento de água e gestão de escassez hídrica. O submodelo de rendimento aplica a equação de balanço hídrico do reservatório, enquanto o de gestão de escassez busca a minimização dos custos das alternativas selecionadas para a gestão desses períodos.

Vujica et al. (1983) apresentam estratégias da gestão das secas na Namíbia, que tomaram como base restrições no consumo de água, obtidas mediante estrutura tarifária diferencial e campanha pública ativa. A estrutura tarifária diferencial determina que o

consumo mínimo necessário para uma residência é de 30 m<sup>3</sup>/mês. Entre 30 m<sup>3</sup>/mês e 40 m<sup>3</sup>/mês, o valor da tarifa é dobrado e entre 40 m<sup>3</sup>/mês e 200 m<sup>3</sup>/mês, a tarifa corresponde a duas vezes e meia a tarifa normal. De acordo com os autores, dois fatores contribuíram para o insucesso da tarifa diferencial: o custo básico da água, 34 centavos/m<sup>3</sup>, não era alto o suficiente para encorajar o racionamento do uso e as penalidades pelo consumo excessivo não afetaram o orçamento familiar. Além disso, muitos residentes possuíam suas contas de água pagas por seus empregadores.

Com o objetivo de avaliar o impacto das mudanças climáticas no escoamento superficial da bacia do rio Pinios, na Grécia central, área com cultivo intensivo, Mimikou et al. (2000) utilizaram dois cenários GCM (General Circulation Models) de mudanças climáticas HadCM2 e UKHI (UK Meteorological Office High Resolution Model), cuja diferença é ser o primeiro um modelo transiente. A avaliação dos impactos da mudança climática nos recursos hídricos baseou-se na aplicação do modelo de balanço hídrico mensal WBUDG de Mimikou e Kouvopoulos (1991, apud MIMIKOU et al., 2000), calibrado com uma série histórica hidrometeorológica de 36 anos. Foram geradas sinteticamente séries de precipitação e temperatura do ano 1996 a 2050. Ambos os cenários forneceram resultados consistentes, e o cenário HadCM2 apresentou mudanças mais significativas que o cenário UKHI. Constatou-se elevado decréscimo do escoamento superficial mensal durante o verão, em virtude da redução da precipitação média anual, também sugestionada. Esses resultados assemelham-se a outros de grande relevância desenvolvidos em outra região, na Grécia.

Zierl (2001) desenvolveu o modelo WAWAHAMO (Wald Wasser Haushalts-Modell), que computa os principais componentes do balanço hídrico, objetivando quantificar o nível de estresse das secas sobre a vegetação das florestas na Suíça. O modelo leva em conta a distribuição da precipitação e o volume de retenção diária de água no solo, para a determinação do índice anual de seca, ADI. O WAWAHAMO é validado com a aplicação em vários locais diferentes e sua principal vantagem é o uso de variáveis facilmente disponíveis em estações climáticas. Algumas melhorias, no entanto, devem ser alcançadas, pois a simplicidade utilizada para simular os processos de água no solo torna-o fraco para utilização em regiões áridas, onde esse processo é muito importante. Outro incremento é a separação do solo em camadas, em função do fluxo de água.

## **2.6 A política de defesa civil**

A Política Nacional de Defesa Civil - PNDC tem como objetivo a minimização de desastres e o restabelecimento da situação de normalidade, cumprindo o estabelecido na

Constituição Federal, inciso XVIII , artigo 21, que prevê a competência da União para planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas.

Os instrumentos da PNDC são o Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC, o Fundo Especial para Calamidades Públicas -FUNCAP e os planos diretores, esses nos contextos federal, estadual e municipal.

O SINDEC tem como estrutura institucional o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastre – CENAD, composto pelos sistemas de monitoramento, alerta e alarme, resposta, auxílio e atendimento à população, e prevenção e reconstrução de desastres. Ao SINDEC se agrega o Conselho Nacional de Defesa Civil - CONDEC, a secretaria (SEDEC), os órgãos estaduais (CEDECs), municipais (COMDECs) e comunitários (NUDECs) de defesa civil.

O FUNCAP é o instrumento financeiro que se encontra inativo por decisão do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, que entende que o sistema pode recorrer a outros mecanismos previstos na Constituição Federal.

De acordo com a EIRD/ONU (2004) espera-se que a governabilidade, em termos de compromissos políticos e institucionais fortes, tornem as medidas de redução de risco uma prioridade política. Essas medidas produzem melhores resultados quando envolvem a participação direta das pessoas com maiores possibilidades de estarem expostas às ameaças.

Vendruscolo e Kobiyama (2007) analisam a interface entre a política Nacional de Defesa Civil e a Política Nacional de Recursos Hídricos e apontam como mais perceptível a fase de prevenção de risco, por meio dos instrumentos da política de recursos hídricos: outorga, cobrança e planos. Os planos de recursos hídricos, mais especificamente, os planos diretores de bacia, apresentam a maior sintonia, ao abranger os aspectos da prevenção, preparação e resposta ao desastre e reconstrução. Estando mais próximos do âmbito local, os planos de bacias devem apresentar estudos de riscos, aspectos do desenvolvimento institucional, de recursos humanos, científico e tecnológico, estudos sobre os desastres, monitoramento climático, alerta e alarme, que se integram às etapas de prevenção das emergências. Devem abranger, ainda, sugestões para reconstrução após a ocorrência do desastre.

Consoante esses autores (2007), apesar da prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos serem um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, não há no Conselho Nacional dos Recursos Hídricos uma representação específica da Defesa Civil, somente do Ministério da Integração.

O Sistema Estadual de Defesa Civil – SEDC e o Conselho Estadual de Defesa Civil foram instituídos pelo Decreto No. 28.391, de 13 de setembro de 2006, como forma de se adequar às regras previstas no Decreto Federal No. 5376, de 17 de fevereiro de 2005.

Os objetivos do Sistema Estadual de Defesa Civil do Ceará são: articular, coordenar e gerenciar as ações de defesa civil no plano estadual e priorizar e apoiar às ações preventivas, de preparação para emergências e desastres, respostas e reconstrução de cenários.

O SEDC tem a seguinte estrutura:

- órgão superior - Conselho Estadual de Defesa Civil - COEDEC;
- órgão central - Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - CEDEC;
- órgãos municipais - Coordenadorias Municipais de Defesa Civil - COMDEC'S;
- órgão de apoio - Órgãos Públicos Federais e Secretarias Setoriais em nível estadual, com respectivas vinculadas, Assembléia Legislativa, Tribunal de Justiça, Ministério Público, empresas privadas convidadas e ONG'S.

O Conselho Estadual de Defesa Civil - COEDEC é composto por representantes das secretarias setoriais do governo estadual, da Casa Militar, da Marinha, do Exército, da Aeronáutica, das universidades e das ONG'S, sendo presidido pelo Secretário da Ação Social.

O decreto nº. 28.656, de 26 de fevereiro de 2007, reorganizou o sistema estadual, alterando a estrutura do COEDEC, incluindo as representações da Casa Civil e das Procuradorias Gerais do Estado e de Justiça, e excluindo as das universidades e ONG'S. O conselho é presidido pelo comandante geral do Corpo de Bombeiros, visto que a Defesa Civil passa a ser de competência da Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social.

O decreto de 2007 cria ainda um órgão regional, as Coordenadorias Regionais de Defesa Civil – COREDEC's e um órgão de apoio, os Núcleos de defesa Civil – NUDEC's.

Dentre outras competências do COEDEC, destacam-se: aprovar normas, procedimentos, políticas e diretrizes de ação governamental de defesa civil; aprovar os critérios para declaração e homologação de situação de emergência ou estado de calamidade pública; deliberar sobre ações de cooperação internacional de interesse do Sistema Estadual de Defesa Civil; e propor critérios técnicos para análise e aprovação de obras e serviços destinados a prevenir riscos, minimizar danos e recuperar áreas degradadas por desastres.

A Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC tem a seguinte competência:

- coordenar e supervisionar as ações de defesa civil;
- elaborar e implementar planos, programas e projetos de defesa civil;

- em caso de situação de emergência, estado de calamidade pública, ou na iminência de sua ocorrência, requisitar servidores e recursos materiais de órgãos ou entidades integrantes do SEDC, recursos financeiros e bens necessários à eficácia de seu desempenho, obedecida à legislação vigente;

- promover a capacitação dos recursos humanos para as ações de defesa civil, em articulação com órgãos internacionais, federais e estaduais especializados;

- propor à autoridade competente a homologação de situação de emergência ou de estado de calamidade pública, observando os critérios estabelecidos pelo Conselho Nacional de Defesa Civil – CONDEC e COEDEC;

- providenciar a distribuição e o controle dos suprimentos necessários ao abastecimento em situações de desastres;

- coordenar, no que couber, o controle do manuseio e transporte de produtos perigosos, bem como do seu armazenamento provisório.

- às Coordenadorias Municipais de Defesa Civil - COMDEC's compete:

- elaborar planos de prevenção visando atuação imediata e eficiente, para evitar ou reduzir os riscos e perdas a que está exposta a comunidade, em consequência de desastres;

- realizar campanhas educativas, com a finalidade de propagar nas comunidades as noções de defesa civil e sua organização;

- notificar imediatamente a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil quaisquer situações de perigo e ocorrências anormais graves referentes à defesa civil, independentemente de providências implementadas;

- desencadear as ações de defesa civil em casos de situação de emergência ou estado de calamidade pública;

- remeter à Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, diante da ocorrência de desastres, relatório circunstanciado detalhado, com avaliação da situação.

As ações desenvolvidas pelos COMDEC'S serão operacionalizadas em regime de colaboração recíproca com o Estado, respeitando a autonomia municipal de modo que a sua coordenação ficará ao encargo do órgão local de defesa civil.

A decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública é da competência do prefeito Municipal, após a elaboração do Relatório de Avaliação de Danos – AVADAN, por parte da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil – COMDEC.

De acordo com o AVADAN, o decreto municipal identificará os locais ou áreas afetadas e, respectivamente estabelecerá quais os efeitos que sobre eles incidirão o prazo de

vigência. O decreto deverá ser imediatamente remetido à Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC.

Os eventos anormais e adversos, mesmo que não caracterizem situação de emergência ou estado de calamidade pública, serão notificados à CEDEC pela Notificação Preliminar de Desastre – NOPRED, referendada pela COMDEC.

A homologação da situação de emergência ou estado de calamidade pública será de competência do Governador do Estado, válida por no máximo 90 dias, podendo ser prorrogada até completar 180 dias. A decretação pelo município, não obriga o estado a sua homologação.

Na região do alto Jaguaribe 23 municípios possuem COMDEC, à exceção do município de Orós. Com relação aos Núcleos de defesa Civil – NUDEC's, esses encontram-se formados apenas no município de Fortaleza.

## **2.7 Monitoramento de secas por meio de índices climatológicos**

O monitoramento de secas através de índices climatológicos tem apresentado-se como ferramenta de grande utilidade na gestão dos recursos hídricos, principalmente em regiões semi-áridas. Diversos índices foram desenvolvidos e adaptados de acordo com as condições específicas regionais, dentre os quais se destacam: o Palmer Drought Severity Index – PDSI, (Palmer, 1965), Rainfall Anomaly Index – RAI (ROOY, 1965), Bhalme & Mooley Drought Index – BMDI, (BHALME et MOOLEY 1979), Herbst Severity Index – HSI, Herbst et. al (1966), Lamb Rainfall Departure Index – LRDI, índice de GIBBS & MAHER (1967) e o Índice de Aridez – IA (Thornwaite, 1948).

O Palmer Drought Severity Index – PDSI, (Palmer, 1965) avalia a disponibilidade de água em dada região, comparando-a com o valor climaticamente requerido ou apropriado para essa região, levando-se em conta as médias históricas de precipitação, evapotranspiração, recarga de água no solo e escoamento superficial. É um dos índices mais utilizados e mundialmente reconhecidos para quantificação de secas, voltado principalmente para as secas agrícolas.

A diferença entre a precipitação observada ( $P_i$ ) e a requerida ( $P_c$ ) representa uma medida razoavelmente direta da diferença hídrica entre o mês em questão e a normal climatológica. Quando essa diferença é apropriadamente ponderada ( $K$ ), o valor resultante ( $Z$ ) pode ser comparado para diferentes locais e épocas.

$$P_c = aETP_i + bPR_i + gPRO_i + dPL_i \quad (8)$$

em que:  $a = ETR/ETP$ ;  $b = R/PR$ ;  $g = RO/PRO$ ;  $d = L/PL$ , ETR – evapotranspiração real; ETP – evapotranspiração potencial; R – recarga real de água no solo; PR – recarga potencial de água no solo; RO- escoamento real; PRO – escoamento potencial; L – perda real de água no solo, PL - perda potencial de água no solo.

O desvio da precipitação é dado por:

$$D = P_i - P_c \quad (9)$$

O índice de anomalia da umidade é dado pela equação:

$$Z = \bar{K}D \quad (10)$$

em que o  $\bar{K}$  é o fator de ajuste climático médio mensal dado por:

$$\bar{K}_j = \left( 1,5 \cdot \log \left( \frac{k_j + 2,8}{\bar{D}_j} \right) + 0,50 \right) \quad (11)$$

em que:  $\bar{D}_j$  é a média dos valores absolutos de D para o mês j, e  $k_j$  é dado por:

$$k_j = \frac{\overline{ETP}_j + \bar{R}_j + \overline{RO}_j}{(\bar{P}_j + \bar{B}_j)} \quad (12)$$

Sucessivos índices Z negativos são combinados e produzem a equação final do PDSI:

$$PDSI_j = 0,897 PDSI_{j-1} + \frac{Z_j}{3} \quad (13)$$

Em virtude da disponibilidade dos dados necessários para o cálculo do índice de Palmer, que demandam um longo período de observação, e a necessidade de regionalização das constantes empíricas envolvidas, diversos autores elaboraram adaptações a esse índice.

Um exemplo é o Bhalme & Mooley Drought Index – BMDI (BHALME et MOOLEY 1979,1980) é uma variação do índice de PALMER. Baseia-se no cálculo do índice de umidade e é determinado conforme apresentado a seguir:

$$Hi, j = \frac{100(Ni, j - \bar{N}j)}{Sj} \quad (14)$$

em que:  $Hi, j$  = índice de umidade;  $Ni, j$  = precipitação atual do mês j, no ano i;  $\bar{N}j$  = precipitação média do mês j;  $Sj$  = desvio padrão da precipitação do mês j.

A média dos valores mais elevados do índice de umidade negativo acumulado é computada e agrupada em categorias, o que permite classificar a intensidade da escassez hídrica.

O Rainfall Anomaly Index – RAI (ROOY, 1965) permite comparar as condições atuais de precipitação com os valores históricos, avaliando a distribuição espacial de uma seca de acordo com sua intensidade. Para tanto, a metodologia faz uso da seguinte equação:

$$RAI = 3 \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias positivas,} \quad (15)$$

$$RAI = 3 \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right], \text{ para anomalias negativas.} \quad (16)$$

em que:  $N =$ ;  $\bar{N} =$ ;  $\bar{M} =$ ;  $\bar{X} =$ ;

A média dos valores mais elevados do índice de umidade negativo acumulado é computada e agrupada em categorias, o que permite classificar a intensidade da escassez hídrica.

O Herbst Severity Index – HSI, Herbst et. al (1966) é útil na análise de secas históricas ao comparar a série de precipitação mensal histórica com os valores atuais, determinando a duração, a severidade e também o início e fim de um período seco. Os meses são classificados como secos, quando o deficit de precipitação permanece acima do deficit médio daquele mês. O cálculo do HSI obedece as seguintes equações:

$$NEF_{ij} = (N_{i,j-1} - N_{j-1}) \cdot W_j + N_{j,i} \quad (17)$$

em que:

$NEF_{ij}$  = precipitação efetiva no ano  $i$ , mês  $j$ ;

$N_{i,j-1}$  = precipitação no ano  $i$ , mês  $j - 1$ ;

$\bar{N}_{j-1}$  = precipitação média do mês  $j - 1$ ;

$W_j$  = peso do mês  $j$ ;

$N_{j,i}$  = precipitação no ano  $i$ , mês  $j$ .

O peso pode ser expresso através da seguinte expressão:

$$W_j = 0,1 \left( 1 + \frac{N_j}{\frac{1}{12}MJN} \right) \quad (18)$$

em que:

MJN – precipitação média anual.

Calculam-se os deficits mensais médios a partir das diferenças negativas entre as precipitações mensais médias correspondentes. O início potencial da seca é confirmado caso seja confirmada a ocorrência de um deficit.

A condição para início da seca é obtida com a determinação de doze volumes incrementais  $x$ , definido pela interpolação seguinte, caso se confirme a desigualdade:

$$\sum_{n=1}^{12} DJ \gg MMMN + (n-1)x \quad (19)$$

em que:

DJ - deficit anual;

$$x = \frac{MJD - MMMN}{11} \quad (20)$$

MJD – deficit anual médio;

MMMN – máxima precipitação mensal média.

Após a confirmação da condição de seca, iniciam-se os testes para as condições relativas ao seu fim potencial. A seca é considerada encerrada caso um ou mais meses subseqüentes ao mês em que se detectou um início de seca não atenda a desigualdade descrita há pouco.

O índice de severidade da seca é calculado como:

$$ISS = IIS \times D \quad (21)$$

em que: IIS – índice de intensidade de seca anual médio e D – duração da seca. IIS é o percentual entre o deficit anual e o deficit anual médio.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (CEARÁ, 1991) objetivando estudar de forma mais detalhada possível as secas ocorridas no Estado do Ceará, mais especificamente na bacia do rio Jaguaribe, adotou a metodologia de Herbst et. al (1966). Dentre os resultados obtidos observa-se que:

- nos postos pluviométricos de longa duração (1913-1988), cerca de 80% dos postos apresentaram secas severas máximas no período de 1947-1960, coincidindo, pois, com o período de ocorrência das famosas grandes secas de 1951 e 1958;

- índices de severidade de seca 25% e 50% acima da média foram constatados em vários períodos, nos quais se incluem os anos de grandes secas históricas: 1915, 1919, 1931, 1932, 1942, 1951, 1953, 1958, 1966, 1968, 1970 e 1972.

Lamb et al., 1986 desenvolveram o Lamb Rainfall Departure Index - LRDI, que consiste no ajuste dos desvios médios da precipitação de diversos postos pluviométricos de uma dada região à distribuição normal de probabilidade, conforme o seguinte:

$$LRDI = \frac{1}{t_j} \sum_{i=1}^{t_j} \frac{N_{i,j} - \bar{N}_i}{S_i} \quad (22)$$

em que;  $N_{i,j}$  = precipitação no ano  $j$  do posto  $i$ ;  $\bar{N}_i$  = precipitação média anual do posto  $i$ ;  $S_i$  = desvio padrão anual do posto  $i$ ;  $t_j$  = número de postos com precipitação no ano  $j$ .

Freitas (1996) desenvolveu um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas no Estado do Ceará com base nos seguintes índices meteorológicos: Rainfall Anomaly Index (RAI), Bhalme & Mooley Drought Index (BMDI), Herbst Severity Index (HSI) e Lamb Rainfall Departure Index (LRDI). A aplicação desses índices, em todos os postos do estado, permitiu a identificação, avaliação da severidade e determinação da duração dos períodos secos.

A Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME calcula o índice de aridez – IA (Thornwaite, 1948) em 119 estações pluviométricas do estado do Ceará, com base na série histórica de precipitação de 1975 a 2002, em estações que têm pelo menos 20 anos de dados. Esse índice é calculado segundo a seguinte equação:

$$IA = 100 X \frac{Pr}{ET_0} \quad (23)$$

em que:  $Pr$  = precipitação (mm);  $ET_0$  - evapotranspiração potencial (mm).

A evapotranspiração potencial em cada posto é estimada como sendo 70% da evaporação média climatológica do tanque classe A fornecida pelo INMET, em sete estações meteorológicas: Fortaleza, Acaraú, Morada Nova, Barbalha, Campos Sales, Juazeiro do Norte

e Tauá. Para os demais postos são utilizados os valores da estação mais próxima. Os valores são agrupados em classes, conforme o Quadro 02.

Quadro 02– Classificação climatológica segundo o Índice de Aridez.

<b>Índice de Aridez</b>	<b>Classificação</b>
< 20	Árido
$20 < IA < 50$	Semi-árido
$50 < IA < 65$	Subúmido seco
$65 < IA < 100$	Subúmido úmido
> 100	Úmido

Fonte: FUNCEME, acesso em 12/10/07.

## 2.8 O uso e o acesso à água para abastecimento humano

Luna (2007) relacionou o consumo per capita ideal proposto por pesquisadores e instituições e os consumos médios observados em função da dificuldade de acesso.

O consumo de água ideal mínimo para manter as necessidades domésticas básicas da população - dessedentação, preparação de alimentos, higiene pessoal e doméstica - a um nível adequado de saneamento é o seguinte:

- 70 l/hab/dia a 100 l/hab/dia - PLIRHINE;
- 20 l/hab/dia, com a fonte hídrica situada a uma distância máxima de 1km, segundo a Avaliação Global de Abastecimento de Água e Saneamento - WHO, UNICEF;
- 20 l/hab/dia: Department for International Development – DFID (2000);
- 20 l/hab/dia a 40 l/hab/dia, sem incluir água para cozinhar, tomar banho e fazer a limpeza básica: Banco Mundial e Organização Mundial de Saúde;
- 50 l/hab/dia, valor adotado para o que se definiu como Basic Water Requirements - BWR (GLEICK, 1996);
- 100 l/hab/dia, em regiões moderadamente desenvolvidas, situadas em zonas áridas (BEEKMAN, 1999); e
- 30 l/hab/dia a 100 l/hab/dia, para populações não ligadas diretamente à rede de distribuição (FUNASA, 2006).

Os governos estadual e federal divulgam, que os carros-pipas, que atendem as populações nordestinas em época de seca, distribuem em média 20 l/hab/dia.

## 2.9. Experiências com a construção de cisternas e barragens subterrâneas.

### 2.9.1 Barragens Subterrâneas

Segundo COSTA (1998), a primeira barragem subterrânea de que se tem notícia no Ceará, e uma das pioneiras no Brasil, foi construída pelo DNOCS, em 1965, no depósito aluvial do rio Trici, com o objetivo de contribuir para o abastecimento d'água da cidade de Tauá, no Ceará, não se tendo conhecimento da metodologia utilizada nem da atual situação da obra. Referências de barragens subterrâneas na década de 30 são descritas em áreas agrícolas na Calábria e Sicília, Itália, e na região do rio Los Sauces, na Argentina (BNWPP, 2001).

COSTA (1998) enumera as seguintes vantagens de execução de barragens subterrâneas, em termos de reserva de água, dentre as inúmeras, comparando-as com as barragens superficiais, quando a demanda exigida é compatível com o volume passível de ser acumulado no depósito subterrâneo:

- não há perdas de áreas superficiais por inundação, podendo ser utilizada a própria calha úmida para plantio (subirrigação);
- há maior proteção da água contra a poluição bacteriana superficial, pois a água fica armazenada na subsuperfície;
- apresentam menor perda por evaporação e as perdas por infiltração em fraturas do embasamento são muito reduzidas, pois além das diferenças de carga hidráulica a montante da barragem serem muito menores do que nos grandes volumes de água armazenados na superfície, o fluxo através do meio poroso é muito lento, obedecendo a lei de Darcy;
- representam maior facilidade de construção, pois não exige grande espessura de parede e nem ombreiras laterais no vale, apresentando grande estabilidade contra a erosão e nenhum risco de desmoronamento;
- apresentam baixo custo de construção;
- são de rápida execução, podendo ser construídas em um ou dois dias, quando a operação é mecanizada, utilizando a mão-de-obra local;
- inexistência de onerosos esquemas de tratamento, manutenção, operação, consumo de energia elétrica e outros gastos comuns aos barramentos superficiais.

De acordo com BNWPP (2001), a capacidade de acumulação de água de uma barragem subterrânea está associada proporcionalmente à presença de vazios no interior da aluvião e varia conforme as características do solo. Essa capacidade, na região do agreste pernambucano, chegou até a 20%, nos solos mais promissores, como também a muito baixa,

nos solos mais argilosos. Outro fato decisivo para essa quantificação é o alcance da acumulação da água no sol, que depende da sua caracterização física, da declividade do terreno e do leito rochoso.

Considerando o caso típico de uma barragem de médio porte da região de Mutuca, Pernambuco, com profundidade média do manto de aluvião de 4,0m, largura média de 50,0m, alcance longitudinal de 500m e coeficiente de armazenamento de 10%, a capacidade possível de acumulação é em torno de 10.000 m<sup>3</sup>, que corresponde a uma disponibilidade média diária de 30m<sup>3</sup>. Com relação à qualidade da água, no citado município, as barragens implantadas em planos solos e solos litólicos apresentam água mais salobra do que as implantadas em solos aluviais.

Costa (1998) sugere as seguintes recomendações, para execução e monitoramento técnico de barragens subterrâneas:

- considerando que a evaporação alcança até 0,5m de profundidade, o depósito aluvial deve possuir na “calha viva” do curso pelo menos 1,5m de espessura. a aluvião deve ser constituída predominantemente de areia;
- a pesquisa da área estudada deve ser feita ao final de uma estiagem, ou próximo ao início de um novo período chuvoso;
- manter um controle trimestral da qualidade da água, através da análise físico-química, manter poços de bombeamento, que permitam a renovação anual da água.

Durante o Programa de Combate à Seca de 1998, a Empresa de Assistência Técnica Rural do estado do Ceará construiu nos municípios de Tamboril e Monsenhor Tabosa, no sertão Central, 68 barragens subterrâneas. Essas barragens irrigam, em média, área de 2ha, destinadas ao plantio de capim, frutas e hortaliças. Ao longo dos anos, essa atividade continua sendo desenvolvida, sem, no entanto, haver monitoramento das barragens construídas.

A Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará - SRH executa, em parceria com o Banco Mundial, o Programa de Desenvolvimento Hidroambiental – PRODHAM, que promove a adoção de práticas hidroambientais e de conservação dos solos no âmbito das microbacias. Visa a recuperar áreas degradadas posicionadas nas cabeceiras das bacias hidrográficas, desacelerando os processo erosivos e de assoreamento de cursos e mananciais de água, desencadeados na quadra invernal e as perdas de solo nas altas vertentes da bacia. O PRODHAM atua também no setor agropastoril, proporcionando a reservação de água Po meio das barragens subterrânea e aplicando técnicas mais racionais, equilibrada e sustentada,

com a participação da população local, de utilização dos recursos naturais disponíveis, em longo prazo.

A FUNCEME construiu barragens subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Forquilha, em Quixeramobim, a fim de monitorar o aquífero e verificar a funcionalidade das barragens. Principalmente em razão de problemas construtivos, as barragens não cumpriram sua função de reter água, e elevaram a salinidade dos solos.

Foster et Tuinhof (2005) analisaram a estratégia técnica e os benefícios sociais e econômicos oriundos do armazenamento de água através de barragens subterrâneas, focando a experiência da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, no agreste e sertão desse estado. Durante os anos 90 uma grande quantidade de barragens subterrâneas foi construída, as quais podem ser divididas em três categorias:

- de pequena estrutura com até 3m de profundidade, escavadas manualmente, revestidas com membrana plástica e incorporadas a poço amazonas com anel de concreto. foram construídas por frentes de serviços em programas de emergência, sem acompanhamento técnico e monitoramento de sua performance;
- com estrutura similar a anterior, sem uso de membrana impermeável e sem poços, estando sua execução a cargo de ONGs, com acompanhamento técnico; e
- barragens com até 10m de profundidade, em áreas de aluvião bem espessa, escavadas mecanicamente, revestidas com membrana plástica e incorporadas à poços amazonas com anéis de concreto de maior diâmetro. São locadas com critério técnico, tecnicamente monitoradas e construídas com o objetivo de atender a irrigação em pequena escala em áreas onde já existe tradição nessa atividade.

Para se avaliar a performance dessas obras foi avaliado um grupo com 151 barragens dentre as 500 examinadas. Desse grupo, 19 destinadas a irrigação em pequena escala, situadas nos municípios de São Caetano, Ouricuri e Mutuca foram submetidas a avaliação socioeconômica. Das 151 barragens visitadas, 37% estavam inativas, sem possibilidade de uso pela comunidade, 13% estavam em boas condições, mas pouco usadas em razão da disponibilidade de água nas barragens superficiais e os 50% restantes estavam sendo utilizados pelo trinômio suprimento doméstico, consumo animal e irrigação manual, em pequena escala.

Os autores concluíram, que os benefícios das barragens subterrâneas em termos de melhoria da qualidade de vida da comunidade é muito significativa, devido ao aumento da qualidade e variedade dos alimentos que podem ser produzidos. Têm também importante

papel na dessedentação de animais e na produção de pastagem nas estações secas, mesmo quando a água se apresenta levemente salinizada.

Barragens de maior porte, como as construídas no município de Mutuca podem sustentar a irrigação de pequena escala durante a estação seca e gerar renda. A colheita de três safras por ano foi possível nessa área. Na região de Ouricuri, é possível se estimular a irrigação, o que não ocorre em S. Caetano.

Para se obter um impacto positivo da construção de barragens subterrâneas, outros fatores precisam ser incentivados, como provisão de energia, investimento financeiro e assistência técnica. O acesso ao mercado para escoamento da produção agrícola é uma importante consideração. Verifica-se que a construção ocorrida nos programas emergenciais não levou em consideração o critério de seleção da locação mais adequada.

Na avaliação de Foster et Tuinhof (2005) o custo de construção de uma barragem de aproximadamente 4m de profundidade e 40m de comprimento, associada a poço de grande diâmetro e escavação mecanizada está perto de US\$ 1.895,00.

A análise sócio-econômica das barragens (ver resumo no Quadro 03) que atendem a irrigação em pequena escala durante a estação seca, demonstra que o capital investido pode geralmente ser recuperado em poucos anos de operação. Salienta-se que essa avaliação foi restrita devido a:

- falta de dados confiáveis de longo período;
- seis das 19 barragens não estavam sendo utilizadas, por se tratar de um ano hidrologicamente normal; e
- Mutuca apresenta as melhores condições de armazenamento de água subterrânea e mais experiência com agricultura irrigada.

### 2.9.2 Cisternas

Embora de caráter vulnerável, pois não é capaz de suprir as necessidades hídricas de uma atividade produtiva, as cisternas se propõem a manutenção do consumo doméstico básico por períodos de escassez de chuva não superiores a seis meses.

O Tribunal de Contas da União – TCU (BRASIL, 2006) analisou a atuação da Oscip Associação Programa Um Milhão de Cisternas – AP1MC, uma parceria entre o Governo Federal e ASA, Articulação no Semi-Árido Brasileiro, em nove estados da região semi-árida brasileira. Os recursos federais alocados desde o início do programa são os seguintes: R\$ 24,5 milhões, R\$ 63,6 milhões e R\$ 68,7 milhões, respectivamente nos anos

2003, 2004 e 2005. Esse montante é oriundo de doações de entidades nacionais e internacionais, fundos, recursos ordinários e contribuições públicas.

Quadro 03 - Análise custo-benefício para barragens subterrânea no município de Mutuca \*.

Parâmetro	Investimento (US\$)	Detalhamento dos Benefícios Anuais (US\$)			Total Benefício Anual (US\$)
		Economia de Tempo	Produção Animal	Produção Agrícola	
Valor médio (19 barragens)	3.413,00	70,00	702,00	3.216,00	3.988,00
Valor médio (13 barragens)	4.410,00	102,00	1.025,00	4.701,00	5.828,00
Valor médio (8 barragens c/culturas irrigadas)	5.034,00	83,00	877,00	7.614,00	8.574,00
Valor máximo por barragem		644,00	3.760,00	20.550,00	

\* Preços para condições locais em março de 2001, convertido a taxa de 1US\$ - R\$ 2,0.

Fonte: Foster et Tuinhof (2005).

Foram realizadas visitas a 28 (vinte e oito) municípios e pesquisa junto às populações, mediante o preenchimento de questionários. Os resultados da pesquisa foram:

- quadro de pessoal insuficiente;
- indicadores de desempenho insuficientes para medir os aspectos relevantes da operacionalização das ações. Os indicadores atuais são: número de cisternas construídas e número de famílias capacitadas, em relação ao total previsto;
- falha no Sistema de Informações Gerenciais do Projeto. Um exemplo é o cadastramento de um mesmo CPF duas vezes, sendo cada um, em fontes de recursos financeiros diferentes;
- alto grau de articulação entre as diversas entidades que compõem a ASA e participantes do Programa;
- falta de padronização para o tratamento de sugestões, críticas e denúncias e para a correção de problemas identificados.

Falhas foram identificadas na sistemática da distribuição, na manutenção e tratamento da água das cisternas.

A distribuição deve obedecer à seguinte regra básica: atender a famílias com renda familiar *per capita* menor ou igual a meio salário mínimo, dando prioridade a famílias, cujo chefe é mulher, com familiares portadores de necessidades especiais, com crianças de

zero a seis anos, com maior número de crianças em idade escolar, e com idosos. Verificou-se que a renda familiar é pouco considerada, pois com base nos questionários, apenas 41% consideram a renda na escolha das famílias; 12% das famílias entrevistadas nos trabalhos de campo não se enquadram nos critérios do bolsa-família, constatando-se ainda a possibilidade da ocorrência de práticas clientelista na distribuição.

Verifica-se que a média das rendas *per capita* e a média dos IDH-Ms dos municípios contemplados, não demonstram que há priorização dos municípios mais carentes. O atendimento depende da existência de entidades da sociedade civil nas localidades.

As distâncias às fontes de água nem sempre são levadas em conta e ocorre a vinculação do recebimento das cisternas à contribuição dos benefícios.

No que concerne à manutenção das cisternas e à qualidade da água armazenada, ocorre a falta ou o mau uso de hipoclorito; a criação de peixes pequenos ou piabas, como forma de limpar a água; o abastecimento da cisterna com água proveniente de carro-pipa e, ainda, o uso da água em outras atividades, incapacitando o atendimento em todo o período de estiagem.

De acordo com os resultados apresentados no questionário 65,45% admitiram ter mais saúde, 24,54% mais dinheiro, e 70% mais tempo.

O relatório do TCU recomenda: a viabilização de projetos para a melhoria das condições das casas, já que para as cisternas armazenarem  $16\text{m}^3$ , é necessário um tamanho mínimo do telhado de  $40\text{m}^2$ , e que chova em torno de 461mm; o incentivo ao desenvolvimento de atividades produtivas para o semi-árido; adoção de soluções alternativas de abastecimento, que se mostrem mais vantajosas e a melhoria da capacitação e treinamentos.

A se pesquisar junto às instituições envolvidas com os programas de implantação de cisternas, conclui-se que não há registrado número exato de cisternas construídas no estado do Ceará. Para se reforçar essa afirmação, um dos pontos negativos apontados pelo relatório do TCU foi a falha no sistema de informações gerenciais do projeto, onde é possível o cadastramento de um mesmo CPF duas vezes, sendo, cada um, em fontes de recursos financeiros diferentes.

De acordo com a Articulação no Semi-Árido Brasileiro - ASA (ASA, 2007), foram executadas pelo programa, no período de junho de 2003 a janeiro de 2006, na região do alto Jaguaribe, 2.384 cisternas, distribuídas de acordo com o Quadro 04.

Quadro 04 – Cisternas implantadas pela ASA na região do alto Jaguaribe.

Municípios	No. de Cisternas	Municípios	No. de Cisternas
Acopiara	175	Jucás	122
Altaneira	95	Nova Olinda	117
Antonina do Norte	89	Parambu	181
Araripe	117	Potengi	114
Arneiroz	49	Quixelô	135
Assaré	113	Saboeiro	80
Campos Sales	117	Salitre	114
Cariús	140	Santana do Cariri	117
Catarina	47	Tarrafas	15
Faria Brito	96	Tauá	121
Icó	140	Várzea Alegre	90

Fonte. (ASA, 2007).

## 2.10 A análise regional sob a óptica de indicadores

O tamanho do PIB *per capita* de um país ou de uma região vinha sendo largamente usado para avaliar o bem-estar de suas populações. Verificou-se, porém, que a evolução das condições de vida não envolve apenas o aspecto econômico, daí a busca por medidas socioeconômicas mais abrangentes, que incluam outras dimensões fundamentais para a qualidade de vida. Entre as medidas criadas estão o índice de desenvolvimento humano - IDH (HAQ; SEN, 1990) e o índice de GINI.

O índice de GINI mede o grau de desigualdade na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar *per capita*. Seu valor varia de zero quando não há desigualdade (a renda de todos os indivíduos tem o mesmo valor) a 1 quando a desigualdade é máxima (apenas um detém toda a renda da sociedade e a renda de todos os outros indivíduos é nula).

O IDH é obtido pela média aritmética simples de três subíndices referentes às dimensões: expectativa de vida ao nascer, escolaridade e PIB *per capita*. Essas três variáveis são expressas em uma escala que varia de 0 a 1, dividida em três categorias:

- baixo desenvolvimento humano - IDH menor que 0,500;
- médio desenvolvimento humano - IDH entre 0,500 e 0,799;

- alto desenvolvimento humano - IDH de 0,800 ou mais.

O índice municipal de alerta - IMA (CEARÁ, 2004) é criado com a finalidade de disponibilizar, principalmente sob a forma de previsões, informações confiáveis pertinentes às áreas de meteorologia, RH, produção agrícola e meio ambiente, de modo a permitir a adoção antecipada de ações voltadas a soluções temporárias e permanentes dos problemas decorrentes das irregularidades climáticas, nas localidades afetadas por esses eventos. É um indicador-síntese, construído a partir de 12 indicadores: produtividade agrícola por hectare, produtividade agrícola por habitante, percentual da área colhida com agricultura de subsistência, perda de safra, percentual de famílias que recebem Bolsa-Família em relação ao total de famílias inscritas, número de vagas do Seguro Safra destinadas ao município para cada grupo de 100 habitantes rurais, média de precipitação pluviométrica, desvio normalizado das chuvas, escoamento superficial, índice de distribuição de chuvas, índice de aridez e taxa de cobertura de abastecimento urbano de água.

O Banco do Nordeste do Brasil realizou pesquisa de campo em 1.551 municípios distribuídos em todos os estados da região Nordeste, inclusive Minas Gerais, visando à elaboração de indicadores municipais, que diagnosticassem a vulnerabilidade regional.

Esse estudo originou o Atlas de Sustentabilidade (BNB, 2005), que relacionou os seguintes fatores como influentes na vulnerabilidade:

- elevado nível de concentração fundiária, que induz à uma aglutinação de pessoas em minifúndio, provocando super-exploração sobre a base de recursos naturais;
- instabilidade climática;
- forma de exploração das atividades agropecuárias; e
- eliminação da cobertura vegetal natural.

O indicador municipal utilizou indicadores e fontes, preferencialmente, do IBGE e relativos ao ano 2000. Os valores foram convertidos em R\$ de 1999. Foi determinado para cinco dimensões - econômica, demográfica, social, ambiental e institucional, - abrangendo cada uma, os seguintes componentes:

- a) dimensão econômica - desempenho da agropecuária, formalização do mercado de trabalho, produtividade geral, importância dos empregos formais no turismo;
- b) dimensão demográfica - dinâmica do crescimento demográfico, contribuição ao crescimento demográfico;
- c) dimensão social - IDH saúde, IDH educação e IDH renda. No caso da renda, o índice é ponderado pelo complemento do índice de Gini;

- d) dimensão ambiental - pressão antrópica do uso da terra rural e urbana, saneamento (coleta de esgoto e lixo);
- e) dimensão institucional - qualidade institucional (participação, qualidade financeira e gerencial).

A síntese dos indicadores é feita mediante o recurso da padronização em índices, de acordo com o seguinte:

$$I_j = \left( \frac{X_{i,j} - X_m}{X_M - X_m} \right) \quad 0 \leq I_j \leq 1 \quad (24)$$

em que:  $X_{i,j}$  = valor numérico de um indicador qualquer (i) relativo a um município (j);  $X_m$  = menor valor numérico no universo do indicador considerado;  $X_M$  = maior valor numérico no universo do indicador considerado.

Os municípios são classificados e agrupados em arquétipos, de acordo com as dimensões avaliadas.

Campos (in: BRASIL, 1995b) classificou os indicadores de vulnerabilidade para as bacias hidrográficas do estado do Ceará, tanto com relação ao potencial hídrico móvel, (insuficiência na capacidade de armazenamento, crescimento da demanda por água, sobre exploração da águas subterrâneas, coeficiente de variação dos deflúvios anuais, atendimento às demandas em anos normais, atendimento às demandas em anos secos, sustentabilidade no atendimento às secas), quanto com relação ao potencial hídrico localizado (ciclo máximo anual contínuo de umidade do solo). A bacia do Alto Jaguaribe foi identificada como a bacia de maior vulnerabilidade às secas no Ceará.

Sullivan et al., (2002), elaboraram o índice de pobreza hídrica (IPH), que tem como base a seguinte equação:

$$IPH = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_u U + w_{ma} MA}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_{ma}} \quad (25)$$

em que: R = recurso, ou seja disponibilidade superficial e subterrânea de água; A = acesso, distância a fonte de água para uso doméstico; C = capacidade da população em gerenciar os recursos hídricos; U = uso da água nos diferentes aspectos; MA = alocação de água para as necessidades do meio ambiente.

Cada um desses componentes é normalizado, variando de 0 a 100, assim como o índice. O maior valor corresponde à melhor situação e o menor à pior. Os pesos proporcionam

ênfazer os componentes que precisam ser incrementados ou que são alvos de políticas adotadas. O IPH foi determinado para regiões na África do Sul, Sri-Lanka e Tanzânia.

Luna (2007) determinou o IPH para a bacia do rio Salgado, no Ceará encontrando os piores índices nos municípios de Umari e Jardim e os melhores em Juazeiro do Norte e Barbalha.

### 2.11 O índice de sustentabilidade

A determinação do índice de sustentabilidade (ASCE, 1998) tem como objetivo avaliar dentre alternativas de concepção de um sistema, sejam elas empreendimentos, projetos, planos, qual a mais sustentável, auxiliando, assim, no processo de tomada de decisão. Relacionam os indicadores eficiência, confiabilidade e vulnerabilidade, que medem o desempenho destas alternativas ao longo de um período determinado. Durante esse período, eventos indesejáveis podem ocorrer e acarretar o não-cumprimento das funções para as quais o sistema se propôs, configurando uma situação de falha.

O índice de sustentabilidade é determinado de acordo com a equação seguinte:

$$IS = C.R.(1 - VRT) \quad (26)$$

em que: IS = sustentabilidade; C = confiabilidade; R = resiliência e VRT = vulnerabilidade relativa total.

A confiabilidade equivale à fração de períodos satisfatórios na série analisada. A vulnerabilidade indica a fração de déficit máximo no atendimento ao objetivo proposto, e a resiliência é a capacidade de recuperação do sistema.

As equações (27), (28), (29) permitem o cálculo dos indicadores:

$$C = \frac{\text{número períodos satisfatórios}}{\text{total de períodos}} \quad (27)$$

$$R = \frac{\text{núm. vezes período satisfatório segue período insatisfatório}}{\text{número de períodos insatisfatórios}} \quad (28)$$

$$VRT = \frac{\text{déficit máximo no atendimento}}{\text{Atendimento proposto}} \quad (29)$$

Rêgo e Vieira (2004) determinaram o índice de sustentabilidade do açude Figueiredo, no estado do Ceará, buscando avaliar sua capacidade em manter, ao longo de um

período pré-determinado, as demandas as quais ele objetiva suprir. Utilizando-se o *software* Simulação de Reservatórios - SIMRES (CAMPOS; STUDART, 1999), séries de vazões regularizadas mensais pelo açude foram simuladas, o que possibilita a determinação das falhas, dos deficits e dos períodos regulares de fornecimento.

O Quadro 05 apresenta o índice e os indicadores encontrados, em função da garantia de atendimento das demandas.

Quadro 05 - Indicadores e índice de sustentabilidade do açude Figueiredo, Ceará.

ÍNDICES	GARANTIA ANUAL		
	67%	80%	90%
Resiliência	0,159	0,162	0,170
Confiabilidade	0,871	0,927	0,966
Vulnerabilidade relativa	0,57	0,46	0,32
Índice de Sustentabilidade	0,06	0,08	0,11

Fonte: Rêgo e Vieira (2004)

### 3. A ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 Características Principais

A região hidrográfica do alto rio Jaguaribe, situada no sudoeste do estado do Ceará, inicia-se nas cabeceiras dos rios Trici e Carrapateiras, no município de Tauá, drenando uma área de 24.636 km<sup>2</sup> e abrangendo 23 municípios, onde se distribui uma população estimada para o ano 2000 de 509.225 habitantes.

O rio Jaguaribe nesta região possui extensão aproximada de 325km. A hidrografia composta unicamente por rios intermitentes conta ainda com os rios Trussu, Puiu, Jucás, Bastiões e Carius, dentre outros.

O relevo da região é composto por serras baixas, apresentando-se acidentado em certos trechos e suavemente acidentado ou aplainado em outros. A vegetação é caracterizada principalmente pela presença da caatinga arbórea densa e caatinga herbácea arbustiva. Ao longo dos cursos de água encontra-se a mata ciliar ou de galeria.

O uso e ocupação do solo apresentam-se no Quadro 06, elaborado de acordo com Ceará (2002b).

Quadro 06 - Uso e ocupação do solo na região do alto Jaguaribe.

<b>Segmento de Uso</b>	<b>Ocupação (%)</b>
Área irrigada	0,1
Caatinga densa	23,24
Caatinga arbustiva	39,3
Açudes	1,0
Área agrícola	4,96
Solo exposto	0,79
Área antropizada	17,29
Macrófita/sedimentos	0,03
Mata ciliar	1,4
Área urbana	0,06
Não identificadas	11,7

Fonte: Ceará (2002b).

Com relação às características geoambientais, apresentadas na Figura 03 se destacam o sertão meridional, sertão do Salgado, sertão de Iguatu e a chapada do Araripe.

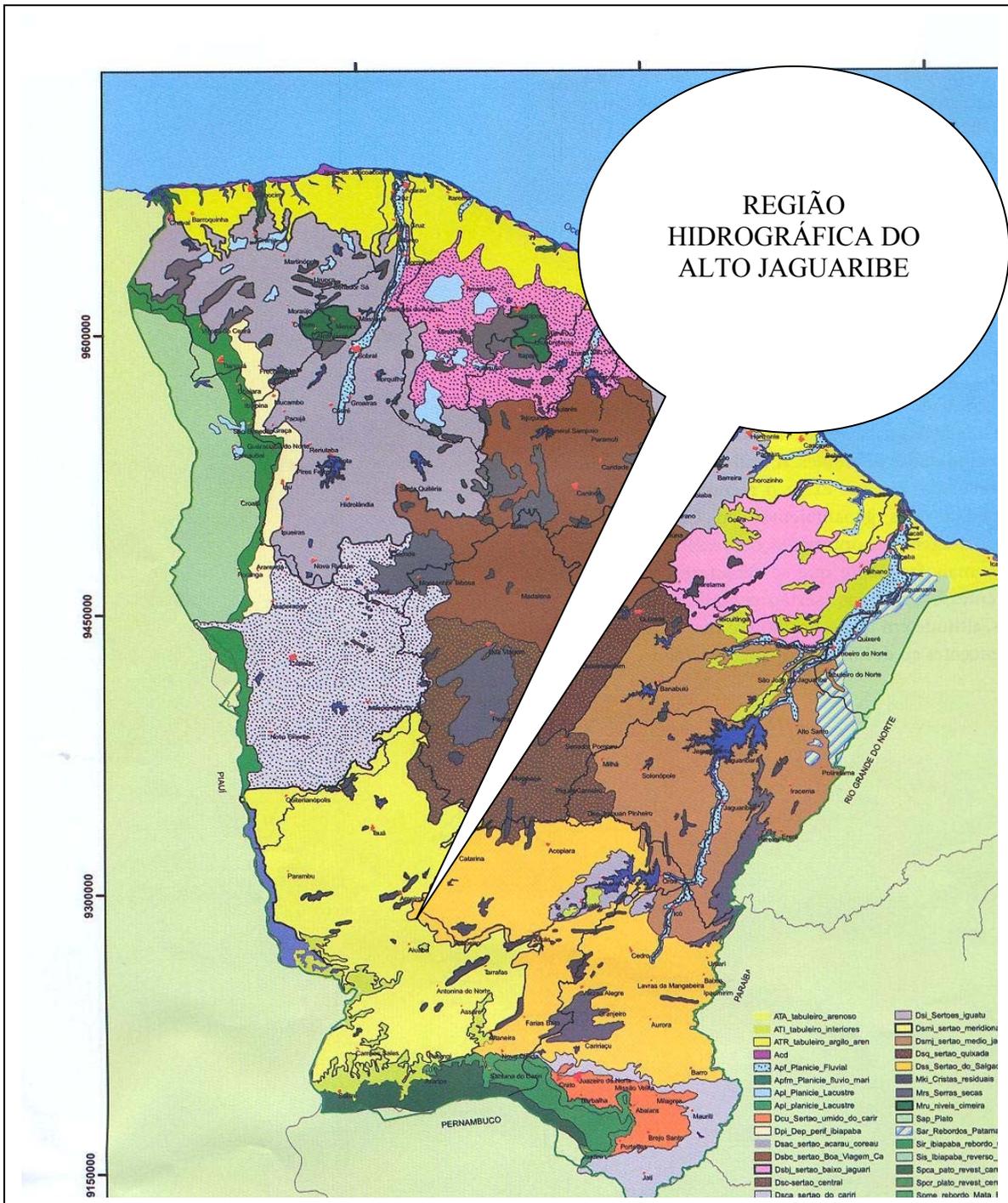


Figura 03 – Características geoambientais do estado do Ceará.

Fonte: FUNCEME, (2008).



O açude Orós, o segundo maior em capacidade de acumulação no estado, com 1,96 bilhões de m<sup>3</sup>, embora localizado no alto Jaguaribe, destina a maior parte de suas águas ao atendimento das regiões do médio Jaguaribe, baixo Jaguaribe, Salgado (canal Icó – Lima Campos) e Região Metropolitana de Fortaleza, nesse último caso, quando da operação do Canal do Trabalhador.

A Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM mantém 5 estações fluviométricas, na região, dentre elas, três possuem séries de vazões afluentes diárias mais consistentes: Arneiroz, Cariús e Iguatu. O Quadro 08 resume a identificação dessas seções e seus principais dados estatísticos.

### **3.3 O potencial hídrico subterrâneo**

Pobre em recursos hídricos subterrâneos, a superfície da área que abrange a região do alto rio Jaguaribe conta com zonas sedimentares na serra Grande, divisa com o Piauí, na chapada do Araripe, divisa com Pernambuco e em pequenas bacias nos municípios de Iguatu e Quixelô.

Segundo Barbosa (2000), tomando como base o Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, a vazão potencializada (ou seja, a máxima vazão explorável dos poços construídos) de água subterrânea estimada para a bacia do Alto Jaguaribe é de 11,4 hm<sup>3</sup>/ano no substrato cristalino e 18,8 hm<sup>3</sup>/ano no sedimento, totalizando 30,2 hm<sup>3</sup>/ano e correspondendo a 6% da disponibilidade em todo o estado naquele ano. Já a vazão explorada resultou em 2,5 hm<sup>3</sup>/ano no substrato cristalino, e 7,3 hm<sup>3</sup>/ano no sedimento, totalizando 9,8 hm<sup>3</sup>/ano, o que corresponde a 5,2% da disponibilidade em todo o estado.

A análise estatística dos poços no cristalino realizada por Barbosa (2000) resultou numa profundidade média de 61,51 m (desvio-padrão de 16,9m), vazão média igual a 2,26 m<sup>3</sup>/h (desvio-padrão de 3,56 m<sup>3</sup>/h) e nível dinâmico médio de 39,46 m (desvio-padrão igual a 17,32 m). Para os poços no sedimento os resultados foram: profundidade média de 72,80 m (desvio-padrão de 30,84 m), vazão média igual a 11,47 m<sup>3</sup>/h (desvio-padrão igual a 31,39 m<sup>3</sup>/h) e nível dinâmico médio igual a 42,51 m (desvio-padrão de 21,22 m).

Quadro 07 – Açudes operados pela COGERH e DNOCS na bacia do Alto Jaguaribe.

<b>Açude</b>	<b>Município</b>	<b>Rio/Riacho</b>	<b>Capacidade (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vazão Regularizada garantia de 90% (m<sup>3</sup>/s)</b>
Arneiroz II	Arneiroz	Jaguaribe	197.060.000	1,47
Benguê	Aiuaba	Umbuzeiro	19.560.000	0,13
Caiçaras *	Tauá		17.000.000	0,11**
Canoas	Assaré	S. Gonçalo	69.250.000	0,32
Do Coronel	Antonina do Norte	Lajes	1.770.000	0,01**
Favelas	Tauá	Favelas	30.100.000	0,21
Faé	Quixelô	Faé	23.400.000	0,29
Forquilha II	Tauá	Carrapateiras	3.400.000	0,01
Muquém	Cariús	Muquém	47.643.000	0,48
Orós	Orós	Jaguaribe	1.960.000.000	15,77
Parambu	Parambu	Puiu	8.530.000	0,05**
Pau preto	Potengi	Quinqueleré	1.770.000	0,01**
Poço da Pedra	Campos Sales	Da conceição	52.000.000	0,38
Quincoé	Acopiara	Quincoé	7.130.000	0,12
Rivaldo de Carvalho	Catarina	Condado	19.520.000	0,07
Trici	Tauá	Trici	16.500.000	0,14
Trussu	Iguatu	Trussu	301.000.000	1,64
Valério	Altaneira	Valério	2.020.000	0,01**
Várzea do boi	Tauá	Carrapateiras	51.910.000	0,31
<b>Total</b>			<b>2.829.563.000</b>	<b>21,22</b>

Fontes: COGERH (1999) e \* www.dnocs.gov.br, [consultado em 18/11/05]. \*\* Estimada

Quadro 08 – Principais características das estações fluviométricas na região do alto Jaguaribe.

<b>Estação</b>	<b>Rio</b>	<b>Código de identificação</b>	<b>Coordenadas</b>		<b>Vazões médias (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>CV</b>
			<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>		
Arneiroz	Jaguaribe	3602	06° 19' 26,9"	40° 09' 42"	7,44	1,41
Cariús	Cariús	3613	06° 32' 4,7"	39° 29' 59,9"	13,40	1,06
Iguatu	Jaguaribe	3616	06° 22' 20,8"	39° 17' 36,9"	30,10	1,32

FONTES: CPRM, 2005.

### **3.4 Características e principais indicadores sociais, econômicos e ambientais**

A região do alto Jaguaribe é formada pelos municípios de Acopiara, Aiuaba, Altaneira, Antonina do Norte, Araripe, Arneiroz, Assaré, Campos Sales, Cariús, Catarina, Farias Brito, Iguatu, Jucás, Nova Olinda, Orós, Parambu, Potengi, Quixelô, Saboeiro, Salitre, Santana do Cariri, Tarrafas e Tauá.

Bar-El (2002) cita como de importância para o desenvolvimento econômico do interior do Ceará a criação de unidades de desenvolvimento econômico regional, as quais seriam um instrumento de coordenação para a população no plano local e de integração com o nível regional e estadual. Classifica na região do alto Jaguaribe, de acordo com as potencialidades, Iguatu como cidade secundária, e Tauá e Campos Sales, como centros terciários.

A população é predominantemente rural, destacando-se como atividades econômicas a agricultura e a pecuária. A participação do PIB do setor industrial sobre o PIB total, no ano 2003, em termos médios, foi de apenas 18%. A demanda hídrica de abastecimento humano na região foi estimada para o ano 2000 na ordem de 0,353 m<sup>3</sup>/s, (CEARÁ, 2004b).

A prática da agricultura de subsistência é bastante comum, bem como a agricultura de sequeiro nas margens dos grandes reservatórios. Com relação à agricultura irrigada, destacam-se na região as áreas irrigadas públicas de Barro Alto (945 ha), em Iguatu e Jucás, Várzea do Boi (326 ha) e Cachoeirinha (31ha), no município de Tauá, Jucás I e II (90ha), em Jucás. A irrigação privada soma 1.235 ha (CEARÁ, 2004b)

Características socioeconômicas da região podem ser avaliadas no Quadro 09. No Quadro 10 apresentam-se os valores do índice de desenvolvimento humano municipal – IDHM, no ano 2000 e do indicador municipal de sustentabilidade do BNB (2005), de acordo com os arquétipos estabelecidos.

O Quadro 11 permite a avaliação da evolução do índice municipal de alerta - IMA nos anos 2004 a 2007, pela classificação dos 184 municípios do estado. Verifica-se o alto grau de alerta, no qual se encontravam os municípios do alto Jaguaribe no ano 2007 e também a permanência, durante os anos avaliados, dos seguintes municípios dentre os 20 mais vulneráveis do estado: Tauá, Saboeiro, Acopiara, Araripe, Arneiroz, Campos Sales e Catarina.

Quadro 09 – Principais características socioeconômicas dos municípios da região do alto Jaguaribe.

Município	População 2000 (*)	Taxa escolarização ensino médio	Tx de mortal. Infantil/1000 nascidos vivos	Médicos/1000 hab	Tx cobertura abastec. de água	% Bolsa família p/famílias cadastradas (**)	PIB per capita 2003	PIB Setor Industrial / PIB Total (%) 2003
Acopiara	47.137	21,37	28,35	1,50	44,15	79,7	1.619,71	15,33
Aiuaba	14.452	21,12	26,87	1,06	18,38	82,13	1.335,48	17,5
Altaneira	5.687	24,37	15,21	1,63	59,38	76,9	1.439,17	11,83
Ant. do Norte	6.509	27,53	15,87	0,83	69,82	63,37	1.560,88	24,05
Araripe	19.606	17,18	28,20	1,78	38,16	76,19	1.473,70	8,18
Arneiroz	7.538	36,12	43,01	1,44	33,18	33,83	1.559,42	17,97
Assaré	20.882	16,67	25,81	1,44	42,69	72,9	1.684,51	22,89
Campos Sales	25.566	30,12	25,25	2,47	56,66	74,67	1.743,09	20,19
Cariús	18.444	23,31	33,46	2,22	24,03	69,77	1.437,64	17,8
Catarina	15.547	15,21	18,52	0,29	40,74	75,45	1.112,26	14,42
Farias Brito	20.315	29,69	19,51	1,38	27,83	59,35	1.469,89	20,97
Içó	62.521	20,94	34,56	1,23	46,18	60,54	1.673,95	21,58
Iguatu	85.615	46,91	25,52	2,57	69,31	61,16	3.166,64	25,4
Jucás	22.632	31,62	24,54	1,84	50,50	81,4	1.671,25	25,76
Nova Olinda	12.077	27,78	29,81	2,09	56,99	49,49	1.759,77	31,11
Orós	22.023	21,07	24,91	1,45	57,88	70,83	3.444,32	10,08
Parambu	32.302	12,92	19,93	0,54	41,63	78,77	1.545,17	13,94
Potengi	9.138	6,90	8,20	1,14	49,51	53,55	1.431,04	17,03
Quixelô	15.596	34,78	30,93	2,12	32,03	58,77	1.844,40	13,33
Saboeiro	16.226	21,31	21,13	1,75	28,51	74,04	1.287,02	13,5
Salitre	13.925	0,00	33,43	0,96	24,59	78,71	1.547,88	12,92
Santana do Cariri	16.847	12,91	30,86	1,02	35,66	72,73	2.176,22	29,72
Tarrafas	9.213	19,69	16,95	0,80	26,01	6,18	1.401,33	11,33
Tauá	51.948	32,30	25,47	1,21	51,61	64,55	1.780,33	15,10

Fonte: Adaptado de IPECE, 2006. (\*) Adaptado de IPECE, 2005. (\*\*) Adaptado de PECE et al., 2006.

Quadro 10 – Índice de desenvolvimento humano – IDH e indicador municipal de sustentabilidade.

Município	IDH-M	Indicador Municipal de Sustentabilidade (arquétipos) *				
		Dimensão				
		Econômica	Demográfica	Social	Ambiental	Institucional
Acopiara	148	10	1	7	7	2
Aiuaba	178	8	3	7	7	3
Altaneira	173	8	4	7	7	1
Ant. do Norte	125	4	4	5	6	4
Araripe	165	8	3	5	7	2
Arneiroz	163	4	3	7	9	3
Assaré	172	8	3	5	7	4
Campos Sales	39	8	3	5	6	2
Cariús	95	8	3	3	7	2
Catarina	169	8	1	7	9	3
Farias Brito	132	7	3	6	7	1
Icó	135	10	3	7	7	2
Iguatu	12	4	3	1	10	3
Jucás	151	8	3	6	6	2
Nova Olinda	78	4	3	5	6	2
Orós	103	8	3	5	6	1
Parambu	126	8	3	3	7	1
Potengi	154	4	3	5	9	4
Quixelô	179	8	2	5	9	3
Saboeiro	180	8	3	7	7	3
Salitre	181	8	3	5	7	4
Santana do Cariri	131	8	3	5	7	2
Tarrafas	175	2	2	7	7	4
Tauá	32	8	3	3	9	2

\*Econômica: 2 - Produtores; 4 – Massa econômica emergente; 7 – Rendimento a desejar; 8 – Grave vazio econômico; 10 – Economia inertes. Demográfica: 1 – Grandes perdedores: muito negativo para taxa de contribuição ao crescimento na década e muito negativo ou negativo para taxa de crescimento anual da população; 2 – Massa declinante: negativo para taxa de contribuição ao crescimento na década e para taxa de crescimento anual da população; 3 – Maioria silenciosa: baixo para taxa de contribuição ao crescimento na década e para taxa de crescimento anual da população; 4 – Massa crescente: baixo para taxa de contribuição ao crescimento na década e médio para taxa de crescimento anual da população. Social: 1- Mais bem sucedidos: alto para saúde e educação e alto ou médio para renda e aqueles com médios para saúde com alta para educação e alta ou média para renda; 3 – Educação a resolver: alta para a saúde, baixa ou muito baixa para educação e em qualquer grupo para a renda; 5 – Educação incipiente: médio para saúde, baixo ou muito baixo para educação e em qualquer grupo para renda; 6 – Saúde comprometida: baixo ou muito baixo para saúde, alto ou médio para educação e em qualquer grupo para renda; 7 – Desprovidos: baixo ou muito baixo para saúde, alto ou médio para educação e em qualquer grupo para renda. Ambiental: 6 – Cenário em construção: baixo para o saneamento, muito baixo para pressão urbana e baixo e muito

baixo para pressão sobre o uso de terras rurais; 7 – Vastidão a explorar: muito baixo para o saneamento, muito baixo para pressão urbana e baixo e muito baixo para pressão sobre o uso de terras rurais; 9 – Agrícola opressivo: muito baixo para o saneamento, muito baixo para pressão urbana e alto e médio para pressão sobre o uso de terras rurais; 10 – Rumo a urbe descompensada: baixo e muito baixo para saneamento, baixo para pressão urbana e baixo e muito baixo para pressão sobre o uso de terras rurais. Institucional: Qualidade: 1 – Alta; 2 – Média; 3 – Baixa; 4 - Muito baixa.

Quadro 11- *Ranking* do Índice Municipal de Alerta nos anos 2004, 2005 e 2006.

<b>Município</b>	<b>IMA -2004</b>	<b>IMA -2005</b>	<b>IMA -2006</b>	<b>IMA -2007</b>
Acopiara	67	169	6	21
Aiuaba	102	105	22	88
Altaneira	135	134	119	101
Antonina do Norte	26	158	34	34
Araripe	58	156	7	17
Arneiroz	20	181	5	29
Assaré	37	155	75	39
Campos Sales	28	173	8	15
Cariús	106	176	52	32
Catarina	69	128	2	16
Farias Brito	94	175	142	62
Icó	52	130	66	49
Iguatu	116	124	54	106
Jucás	122	113	38	44
Nova Olinda	97	143	35	90
Orós	24	167	53	108
Parambu	63	67	58	93
Potengi	65	139	20	50
Quixelô	54	140	50	76
Saboeiro	4	178	9	35
Salitre	101	149	12	26
Santana do Cariri	77	150	48	55
Tarrafas	113	54	74	66
Tauá	5	172	18	11

Fonte: Adaptado de IPECE et al. 2005, 2006 e 2007.

### **3.5 O estresse hídrico nos cenários propostos pelo WAVES**

Para a estimativa do índice de estresse hídrico ig90 nos cenário de 2001 a 2025, propostos pelo WAVES, Araújo et al, 2004 determinam inicialmente, as estimativas de oferta e de demanda por município.

### 3.5.1 Estimativa da oferta

O escoamento superficial (Qrunoff) foi estimado por município pelo modelo WASA (GUENTNER et al., 1999) com base em dados históricos de vazões monitoradas pela Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais – CPRM. Os dados observados no período de 1960 a 1998 são ajustados levando-se em conta as mudanças climáticas previstas nos modelos utilizados.

A disponibilidade dos reservatórios, em termos de garantia de 90% é determinada pelo método experimental Monte Carlo (CAMPOS, 1999), que permite calcular o rendimento  $\eta = Q_{90}/ Q_{runoff}$ . O rendimento, considerado constante, proporciona juntamente com a previsão de escoamento superficial futuro, a determinação da vazão regularizada pelos reservatórios com 90% de garantia para o período.

A vazão subterrânea explorada é estimada segundo Barbosa (2000) e considerada constante.

O Quadro 12 apresenta a disponibilidade superficial e subterrânea determinada para os municípios da região do alto Jaguaribe. Esses valores são referentes ao cenário de mudança climática obtido pelo modelo ECHAM4 (ROECKNER et al., 1996), que se mostra como mais representativo para a região.

### 3.5.2 Estimativa da demanda

A estimativa do uso da água para atendimento da demanda futura dos diversos setores - abastecimento humano, irrigação, indústria, dessedentação de animais e turismo - é obtida do Modelo de Uso da Água no Nordeste - NoWUM (DÖLL et al., 2002). Os cálculos, elaborados no âmbito do Programa WAVES, para os cenários de polarização dos investimentos na região metropolitana de Fortaleza e de desenvolvimento dos centros urbanos regionais, descrevem-se a seguir.

#### a) Abastecimento humano

O volume de água retirada dos mananciais para abastecimento humano considera o consumo *per capita* da população conectada em função do valor da tarifa e da renda e da não conectada como igual a 50 l/habxdia. As perdas consideradas no sistema de produção e distribuição são de 20%. É adotado um crescimento constante de 6% a.a no preço da água, levando-se em conta ainda, a elasticidade preço da água e a elasticidade renda da demanda. Os cenários incluem mudanças nas taxas do produto doméstico bruto *per capita* por cenário.

Quadro 12 - Disponibilidade superficial e subterrânea dos municípios da região.

Município	Superficial Q90( hm3/ano)	Subterrânea Explorada (hm3/ano)	
		Q sed	Qcrist
Acopiara	1,189	0,000	0,148
Aiuaba	6,276	0,000	0,138
Altaneira	0,404	0,000	0,030
Antonina do Norte	0,355	0,000	0,000
Araripe	2,670	0,000	0,109
Arneiroz	2,186	0,000	0,198
Assaré	24,185	0,000	0,158
Campos Sales	16,838	0,000	0,138
Cariús	7,934	0,000	0,079
Catarina	0,600	0,000	0,010
Farias Brito	1,293	0,000	0,049
Icó	63,396	0,806	0,233
Iguatu	133,359	4,883	0,040
Jucás	6,344	0,000	0,069
Nova Olinda	0,200	0,000	0,049
Orós	11,602	0,000	0,119
Parambu	3,542	0,000	0,287
Potengi	3,500	0,000	0,089
Quixelô	29,077	2,064	0,010
Saboeiro	1,584	0,000	0,030
Salitre	0,200	0,000	0,059
Santana do Cariri	0,400	0,352	0,010
Tarrafas	0,200	0,000	0,000
Tauá	23,856	0,000	0,682

Fonte: Adaptado de Araújo et. al. (2004)

O uso *per capita* para conectados é calculado em função do preço da água e da renda média (PIB per capita) de acordo com a equação abaixo:

$$V_{j+1} = [(\epsilon_{p,j+1} * r_{p,j+1} + \epsilon_{i,j+1} * \Pi_{i,j+1}) + 1] * V_j \quad (30)$$

em que:  $V_{j+1}$  - volume consumido per capita conectado no ano  $j+1$ ;  $\epsilon_p$  - elasticidade preço no ano  $j+1$ ;  $\epsilon_i$  - elasticidade renda no ano  $j+1$ ;  $r_p$  - variação no preço no ano  $j+1$ ;  $\Pi_i$  - variação na taxa do PIB per capita no ano  $j+1$ ;  $V_j$  - volume consumido per capita conectado no ano.

O NOWUM usou um decréscimo linear na elasticidade preço de 1996 a 2025, começando com  $-0,55$  em 1996 (BNB/PBLM, 1997) e terminando com  $-0,3$  (valor médio para Europa e EUA). A elasticidade renda é constante e igual a  $0,7$ .

#### b) Uso Industrial

Como algumas operadoras não possuem dados de consumo industrial, a retirada de água dessa categoria de usuário (RI) toma como base o produto interno industrial bruto (IPECE, 1998), acrescido de um fator de correção ( $c$ ), que permite determinar a retirada com padrões similares aos medidos. Esse fator igual a  $0,554$  é calculado como:

$$c = \frac{\sum \text{forn..p / industria(operadora)} + \text{forn.COGERH} + \text{auto} - \text{surprimentoIndustrial}}{RI} \quad (31)$$

As retiradas são estimadas, tomando-se como base o consumo típico de indústrias da Alemanha, de acordo com a equação abaixo:

$$RI[i][m] = IGDPb[i][m] WUIb \quad (32)$$

em que RI - retirada total industrial por município ( $m^3/mês$ ); IGDPb - produto interno industrial bruto por tipo de indústria (US\$ 1995); WUIb - volume médio de água consumido ( $m^3/1000US$ , 1995). A eficiência do uso da água é igual a  $0,8$ .

No cenário futuro o uso industrial é função do preço da água:

$$V_{j+1} = [(\epsilon_{p,j+1} * r_{p,j+1}) + 1] * V_j \quad (33)$$

em que:  $V_{j+1}$  - volume consumido no ano  $j+1$ ;  $\epsilon_p$  - elasticidade preço no ano  $j+1$ ;  $r_p$  - variação no preço no ano  $j+1$ , igual a  $6\%$  a.a, equivalente a taxa assumida pela CAGECE para consumo humano. A elasticidade preço decresce linearmente entre 1997 e 2025, de  $-0,74$ , valor para a região Nordeste do Brasil, a  $-0,4$ , valor típico na Europa.

#### c) Turismo

A retirada de água para atendimento das atividades ligadas ao turismo é estimada como:

$$RT [i][m] = n^{\circ} \text{turista (turista/mês)} \times \text{estadia média (mês)} \times \text{consumo (m}^3\text{/mês/turista)} \quad (34)$$

em que RT - retirada total para turismo, por município ( $m^3/mês$ ); estadia média de 5 dias; consumo médio de  $300$  l/turista/dia e para peregrinos de  $100$  l/turista/dia .

O potencial turístico dos municípios é classificado pela EMBRATUR e a eficiência na distribuição e operação da água igual a  $0,8$ . No cenário futuro, em ambos os cenários de

desenvolvimento regional, o fator de crescimento do número de turistas é igual a 3 e o consumo de água permanece constante e igual a 300 l/turista/dia.

#### d) Irrigação

O uso da água para irrigação é determinado pelo método CROPWAT (FAO, 1992), cujo consumo, para uma determinada, cultura segue a equação abaixo:

$$Ic = \sum_{i=1}^n Kc,i Ep,i - Peff,i \quad (35)$$

em que  $Ic$  – retirada de água;  $i$  – ciclos de 10 dias;  $n$  – número de ciclos dentro do período de cultivo;  $Kc$  – coeficiente da cultura;  $Ep$  – evapotranspiração potencial (mm/dia) e  $Peff$  – precipitação efetiva.

O consumo total das áreas irrigadas é calculado como:

$$RI = Ic * area[i][k] \quad (36)$$

em que:  $area[i][k]$  – área plantada com a cultura  $k$  ( $m^2$ ).

As áreas irrigadas presentes (1996/ 1998) são obtidas da COGERH e SRH e Censo Agrícola do IBGE. No cenário de 25 anos vindouros o NOWUM estimou crescimentos diferenciados nos dois cenários de desenvolvimento regional. No cenário de concentração dos investimentos na zona costeira (RSI), é assumido o fato de que todos os projetos públicos de irrigação previstos para serem implantados em 1998 se concretizam. No cenário de descentralização das ações (RSII), considera-se que somente um quarto dos projetos de irrigação públicos planejados é implantado e o crescimento da irrigação privada é inferior ao crescimento no outro cenário (RSI). A área total irrigada no ano 1996/98 cresce em 25 anos a um fator de 4,5, cenário RSI e 2,0, no cenário RSII.

Com relação ao tipo de cultura, 50% das novas áreas irrigadas nos municípios mantêm as mesmas culturas. Já os 50% restantes crescem de acordo com o previsto por expertos da área, no qual a produção de frutas, vegetais e algodão é incrementada; feijão, milho e capim permanecem constantes e arroz e açúcar decrescem. No Apêndice apresentam-se os percentuais de culturas irrigadas, em relação ao total cultivado, os atuais e os previstos. O NOWUM considera uma eficiência para irrigação de 0,7 no cenário futuro, incremento esse oriundo das mudanças tecnológicas.

A estimativa do uso da água fornecida pelo NoWUM (DÖLL *et al.*, 2002), para atendimento da demanda futura (ano 2025), nos dois cenários de desenvolvimento regional se apresentam no Quadro 13.

### 3.5.3 O índice de estresse hídrico

O índice de estresse hídrico é determinado de acordo com a equação (6). Os Quadros 14 e 15 apresentam, no âmbito do cenário de mudanças climáticas obtidos pelo modelo ECHAM4 (ROECKNER *et al.*, 1996), os valores do ig90, ano a ano, para ambos os cenários de desenvolvimento regional.

Quadro 13 - Demandas de água nos cenários de desenvolvimento regional, ano 2007.

Município	Retirada de água – Ano 2025 (m <sup>3</sup> )	
	Cenário RSA	Cenário RSB
Acopiara	2.340.099	2.783.992
Aiuaba	1.130.899	1.506.556
Altaneira	451.780	606.679
Antonina do Norte	626.635	800.423
Araripe	1.079.855	1.282.194
Arneiroz	638.404	904.357
Assaré	2.514.692	2.805.305
Campos Sales	1.066.740	1.390.958
Cariús	1.217.856	1.473.989
Catarina	635.276	887.725
Farias Brito	1.128.620	1.323.753
Icó	33.088.659	34.345.045
Iguatu	24.456.336	13.758.370
Jucás	1.399.574	1.706.942
Nova Olinda	975.002	1.153.142
Orós	8.539.305	8.959.226
Parambu	2.009.445	2.542.924
Potengi	726.533	914.895
Quixelô	2.686.391	2.924.732
Saboeiro	938.469	1.220.866
Salitre	599.696	894.388
Santana do Cariri	3.037.117	3.339.922
Tarrafas	706.296	873.270
Tauá	3.483.694	4.106.039
Total	95.479.379	92.507.699

Fonte: Adaptado de Döll *et al.*, 2002.

Quadro 14 - Variações anuais do Índice de estresse hídrico, ig90 - cenário de desenvolvimento regional – RSA.

Município	ANO																								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Acopiara	4,90	2,92	0,93	4,00	2,93	2,03	10,40	1,39	11,13	2,38	0,20	3,28	2,15	7,57	2,14	3,57	7,28	2,26	0,94	2,14	0,64	2,76	0,94	3,99	1,99
Aiuaba	0,61	0,23	0,07	0,41	1,37	0,39	5,06	0,28	4,58	0,08	0,04	0,25	0,88	0,52	0,09	0,17	1,45	0,25	0,04	0,36	0,18	0,74	0,16	0,19	0,11
Altaneira	3,11	1,55	0,98	0,61	1,23	1,21	7,88	1,77	14,14	11,56	0,16	6,42	1,67	7,39	0,56	2,66	19,20	3,17	1,05	2,21	0,61	4,20	8,32	5,21	4,98
Ant. do Norte	2,15	3,13	0,47	1,69	3,80	2,25	73,99	2,41	41,50	0,54	0,20	2,22	4,64	1,75	1,05	1,16	6,68	2,40	0,62	5,55	3,53	17,09	1,53	1,05	1,05
Araripe	0,50	0,79	0,19	0,76	0,54	1,29	5,65	0,73	5,99	0,34	0,03	2,18	3,32	0,63	0,38	0,81	3,92	1,24	0,10	1,26	0,80	1,57	1,11	2,12	0,55
Arneiroz	1,20	0,06	0,04	0,09	0,39	0,49	0,75	0,07	1,56	0,05	0,03	0,06	0,25	0,79	0,07	0,10	0,70	0,15	0,11	0,05	0,09	0,12	0,05	1,92	0,10
Assaré	0,76	0,45	0,10	0,12	0,33	0,25	3,76	0,27	7,67	0,29	0,02	0,61	0,32	0,50	0,06	0,16	2,79	0,38	0,06	0,21	0,08	0,93	0,42	0,26	0,18
Campos Sales	0,17	0,28	0,04	0,13	0,28	0,19	2,77	0,17	1,52	0,03	0,01	0,10	0,29	0,06	0,07	0,05	0,21	0,09	0,02	0,30	0,23	0,57	0,04	0,03	0,03
Cariús	0,37	0,06	0,03	0,08	0,23	0,14	1,01	0,07	2,32	0,06	0,02	0,10	0,20	0,60	0,05	0,13	1,00	0,19	0,06	0,09	0,07	0,23	0,11	0,42	0,13
Catarina	1,50	1,44	0,41	3,65	1,91	0,67	5,46	0,83	6,26	0,50	0,14	0,95	0,62	5,72	2,03	3,31	1,49	0,97	0,69	1,01	0,36	3,10	0,97	3,13	2,24
Farias Brito	0,89	0,91	0,80	1,16	0,98	1,01	3,20	1,08	4,77	2,05	0,10	6,47	1,82	1,62	0,57	2,57	7,73	1,79	0,37	1,58	0,45	2,23	4,08	4,43	1,85
Icó	1,12	0,32	0,16	0,52	0,49	0,31	0,63	0,18	0,71	0,15	0,09	0,30	0,27	0,52	0,22	0,39	0,59	0,36	0,24	0,29	0,16	0,45	0,31	0,51	0,24
Iguatu	0,35	0,08	0,04	0,13	0,27	0,18	0,52	0,10	0,73	0,09	0,03	0,17	0,26	0,67	0,10	0,26	0,83	0,31	0,15	0,18	0,11	0,43	0,24	0,65	0,24
Jucás	0,74	0,09	0,04	0,12	0,39	0,23	1,24	0,09	2,73	0,06	0,02	0,08	0,23	0,56	0,06	0,11	0,70	0,16	0,05	0,06	0,07	0,15	0,07	0,26	0,09
Nova Olinda	1,67	1,88	2,05	3,49	2,27	2,81	5,52	2,58	7,35	3,75	0,34	11,14	5,67	3,22	2,20	6,51	11,70	4,24	0,99	5,13	1,99	5,69	9,27	11,08	4,44
Orós	1,32	0,25	0,09	0,33	0,44	0,29	0,58	0,16	0,65	0,12	0,05	0,24	0,26	0,47	0,13	0,29	0,56	0,31	0,18	0,23	0,15	0,39	0,25	0,47	0,20
Parambu	2,44	5,13	0,33	1,62	4,09	2,82	6,08	2,36	5,73	0,23	0,18	0,83	3,35	0,83	0,58	0,39	2,63	1,47	0,31	3,78	4,78	4,73	0,36	0,28	0,29
Potengi	0,55	0,66	0,12	0,30	0,62	0,59	4,78	0,50	4,52	0,21	0,03	0,67	0,99	0,55	0,17	0,28	2,40	0,80	0,11	0,83	0,60	1,95	0,50	0,42	0,31
Quixelô	0,08	0,07	0,02	0,15	0,09	0,09	0,20	0,03	0,30	0,03	0,01	0,06	0,10	0,24	0,20	0,13	0,16	0,06	0,04	0,10	0,04	0,11	0,03	0,17	0,08
Saboeiro	0,57	0,07	0,03	0,09	0,34	0,21	1,01	0,07	2,33	0,05	0,02	0,07	0,20	0,45	0,05	0,09	0,57	0,13	0,04	0,05	0,06	0,13	0,05	0,22	0,07
Salitre	1,87	1,79	1,62	4,49	2,63	2,87	6,54	2,95	6,23	1,81	0,18	7,00	6,96	1,80	3,78	6,63	5,58	3,47	0,34	3,85	1,54	3,93	4,82	8,28	1,25
Sant. do Cariri	2,09	2,44	2,78	4,90	2,87	3,51	4,63	2,96	5,07	3,36	0,60	6,59	5,53	3,25	3,70	5,66	6,37	4,13	1,28	5,19	3,15	4,90	6,06	7,66	3,48
Tarrafas	4,90	2,25	0,58	0,60	1,11	0,81	22,54	1,29	90,07	3,17	0,09	5,16	1,63	5,21	0,33	1,42	33,53	2,89	0,48	1,27	0,42	3,38	3,62	2,48	1,66
Tauá	1,93	0,10	0,06	0,14	0,60	0,79	1,14	0,11	2,29	0,09	0,05	0,10	0,38	1,15	0,10	0,15	1,00	0,23	0,17	0,07	0,15	0,17	0,08	2,61	0,14

Quadro 15 - Variações anuais do Índice de estresse hídrico, ig90 - cenário de desenvolvimento regional - RSB.

Município	ANO																								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Acopiara	5,25	3,17	1,03	4,51	3,34	2,36	12,43	1,65	13,80	2,94	0,24	4,24	2,79	10,18	2,86	4,94	10,32	3,15	1,37	3,14	0,94	4,29	1,47	6,36	3,16
Aiuaba	0,68	0,26	0,09	0,50	1,69	0,49	6,73	0,37	6,40	0,11	0,06	0,37	1,31	0,82	0,14	0,27	2,44	0,40	0,07	0,62	0,32	1,37	0,30	0,36	0,20
Altaneira	3,75	1,90	1,22	0,79	1,59	1,59	10,69	2,33	19,55	15,85	0,22	8,96	2,30	10,39	0,78	3,76	27,40	4,44	1,50	3,15	0,86	6,05	11,98	7,49	7,19
Ant. Norte	2,44	3,61	0,56	2,05	4,66	2,79	95,27	3,03	54,65	0,71	0,26	2,98	6,13	2,38	1,41	1,59	9,29	3,26	0,86	7,73	4,90	24,17	2,17	1,48	1,49
Araripe	0,54	0,87	0,21	0,87	0,62	1,51	6,81	0,86	7,35	0,42	0,04	2,74	4,14	0,80	0,48	1,03	5,10	1,59	0,13	1,66	1,03	2,09	1,49	2,85	0,72
Arneiroz	1,36	0,07	0,04	0,11	0,50	0,65	1,07	0,09	2,30	0,08	0,04	0,10	0,38	1,36	0,11	0,17	1,32	0,26	0,22	0,09	0,18	0,24	0,11	4,19	0,19
Assaré	0,80	0,47	0,10	0,13	0,36	0,28	4,19	0,30	8,72	0,33	0,02	0,70	0,37	0,59	0,07	0,19	3,36	0,46	0,07	0,26	0,10	1,15	0,52	0,33	0,22
C. Sales	0,19	0,32	0,04	0,16	0,34	0,24	3,67	0,22	2,11	0,03	0,02	0,14	0,42	0,10	0,10	0,07	0,35	0,15	0,04	0,52	0,42	1,08	0,08	0,06	0,06
Cariús	0,41	0,06	0,03	0,10	0,27	0,17	1,22	0,09	2,88	0,07	0,02	0,12	0,26	0,78	0,07	0,18	1,32	0,25	0,08	0,11	0,09	0,31	0,15	0,56	0,18
Catarina	1,70	1,67	0,48	4,56	2,42	0,88	7,65	1,12	9,29	0,71	0,21	1,51	0,94	9,72	3,34	5,83	2,76	1,68	1,31	1,95	0,67	6,45	2,00	6,90	4,44
Farias Brito	0,96	0,99	0,88	1,30	1,11	1,16	3,78	1,26	5,77	2,46	0,12	7,98	2,21	2,02	0,71	3,25	9,91	2,25	0,48	2,04	0,58	2,93	5,36	5,82	2,43
Icó	1,14	0,33	0,16	0,53	0,51	0,32	0,65	0,19	0,74	0,16	0,10	0,32	0,29	0,55	0,24	0,42	0,63	0,39	0,26	0,32	0,17	0,49	0,34	0,56	0,26
Iguatu	0,25	0,05	0,03	0,08	0,16	0,10	0,28	0,05	0,36	0,05	0,01	0,08	0,13	0,30	0,05	0,12	0,36	0,14	0,06	0,08	0,05	0,18	0,10	0,26	0,10
Jucás	0,80	0,10	0,05	0,13	0,46	0,27	1,53	0,11	3,54	0,08	0,03	0,12	0,31	0,79	0,08	0,16	1,07	0,24	0,08	0,10	0,10	0,26	0,11	0,45	0,15
Nova Olinda	1,81	2,06	2,27	3,98	2,60	3,27	6,63	3,02	9,05	4,57	0,41	13,94	6,98	4,09	2,74	8,35	15,23	5,38	1,29	6,69	2,58	7,56	12,32	14,71	5,91
Orós	1,34	0,26	0,09	0,34	0,46	0,30	0,61	0,17	0,69	0,12	0,06	0,26	0,28	0,51	0,15	0,31	0,61	0,34	0,20	0,26	0,17	0,43	0,28	0,52	0,22
Parambu	2,67	5,73	0,38	1,90	4,89	3,44	7,70	2,98	7,56	0,30	0,24	1,15	4,66	1,21	0,83	0,58	4,12	2,24	0,49	6,13	7,87	8,11	0,63	0,49	0,51
Potengi	0,62	0,76	0,14	0,36	0,75	0,72	6,06	0,63	5,85	0,26	0,04	0,89	1,29	0,73	0,23	0,37	3,28	1,08	0,15	1,13	0,82	2,72	0,70	0,58	0,44
Quixelô	0,08	0,08	0,02	0,16	0,09	0,10	0,22	0,04	0,33	0,03	0,01	0,07	0,11	0,27	0,23	0,14	0,19	0,07	0,04	0,12	0,05	0,13	0,03	0,20	0,09
Saboeiro	0,63	0,08	0,04	0,11	0,41	0,26	1,31	0,09	3,20	0,06	0,03	0,10	0,28	0,68	0,07	0,13	0,94	0,20	0,07	0,09	0,11	0,24	0,10	0,41	0,14
Salitre	2,18	2,17	2,03	5,97	3,55	4,00	9,79	4,28	9,84	2,87	0,27	12,27	11,89	3,30	6,80	12,48	10,91	6,67	0,68	7,84	2,98	8,61	10,65	19,33	2,61
Sant. Cariri	2,18	2,57	2,95	5,26	3,10	3,83	5,11	3,27	5,68	3,77	0,67	7,55	6,34	3,77	4,29	6,63	7,51	4,88	1,52	6,21	3,76	5,92	7,36	9,37	4,22
Tarrafas	5,44	2,54	0,66	0,70	1,31	0,97	27,89	1,57	114,20	4,01	0,11	6,66	2,08	6,80	0,43	1,88	44,69	3,79	0,64	1,69	0,55	4,59	4,92	3,37	2,27
Tauá	2,06	0,11	0,07	0,16	0,68	0,91	1,34	0,13	2,78	0,11	0,06	0,12	0,49	1,52	0,14	0,20	1,39	0,32	0,25	0,10	0,22	0,26	0,12	4,06	0,21

### 3.6. O acesso à água em épocas de secas

A distribuição de água por unidades móveis, o popularmente conhecido carro-pipa, é rotineira na região do alto Jaguaribe. O processo inicia-se com a solicitação à Defesa Civil estadual, mediante o preenchimento do Relatório de Avaliação de Danos – AVADAN, a qual, após avaliação *in loco* autoriza o atendimento.

Alguns municípios são atendidos pela Defesa Civil estadual, outros pelo Exército, não sendo possível avaliar qual o critério para a divisão das atividades. Em alguns casos, o processo se inicia pelo estado, passando posteriormente ao governo federal. Esse fato é mais um agravante na enorme dificuldade de obtenção e tratamento dos dados, principalmente do Exército.

O exército atendeu, na região do alto Jaguaribe, no segundo semestre de 2001, vinte municípios, dez deles também assistidos pela Defesa Civil, distribuindo cerca de 97.000m<sup>3</sup> de água, com um custo variando de 1,90 R\$/m<sup>3</sup> a 8,48 R\$/m<sup>3</sup> e um custo total de R\$ 1,16 milhões de reais (RÊGO *et al.*, 2005).

Casos extremos, como o ocorrido no município de Campos Sales em 2003, foram identificados, quando sedes municipais com sistemas de abastecimento público implantados recorrem também ao abastecimento complementar com carro-pipa, em virtude do colapso das respectivas fontes hídricas. O caso de Campos Sales levou a Secretaria dos Recursos Hídricos à implantação da adutora do poço PP-04, já mencionada.

Não somente em secas interanuais, mas também nos anos em que se observa que a precipitação pluviométrica ocorreu pouco abaixo da média histórica, a distribuição por meio das unidades móveis ocorre, como é o caso de 2007.

Segundo o Relatório de Avaliação da Quadra Chuvosa de 2007 (FUNCEME, 2007), a precipitação de fevereiro a maio foi considerada normal, com valores pouco abaixo da média histórica (-12,0 %). As chuvas foram distribuídas irregularmente no tempo, com registro de veranicos prolongados e, no espaço, com chuvas irregulares em quase todos os municípios do Ceará. A Figura 05 mostra a distribuição das chuvas em todo o estado, bem como o desvio em relação ao padrão observado, podendo-se constatar que a região em estudo, além de precipitações reduzidas, apresentou as maiores variabilidades.

Em 2007, Nova Olinda e Santana do Cariri foram os dois primeiros municípios da região do alto Jaguaribe a decretar estado de calamidade pública, ambos em 31 de maio. O

Exército, por meio da Operação Pipa e com o apoio administrativo dos conselhos de defesa civil locais, atendeu na região aos municípios de Acopiara, Aiuaba, Antonina do Norte, Arneiroz, Assaré, Campos Sales, Catarina, Icó, Iguatu, Nova Olinda, Parambu, Salitre e Tauá. Embora planejado, o atendimento aos municípios de Altaneira, Farias Brito e Tarrafas não foi executado.

Segundo o Exército, em 2007, foi atendida nos municípios há pouco relacionados, uma população de 126.750 pessoas, residindo a uma distância média da fonte de 21.46 km, tendo-se percorrido, no total, 148.998 km. Os custos relacionados não foram divulgados.

Coube à Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - CEDEC executar a distribuição de água nos demais municípios da região, cujos principais indicadores mensais apresentam-se no Quadro 16.

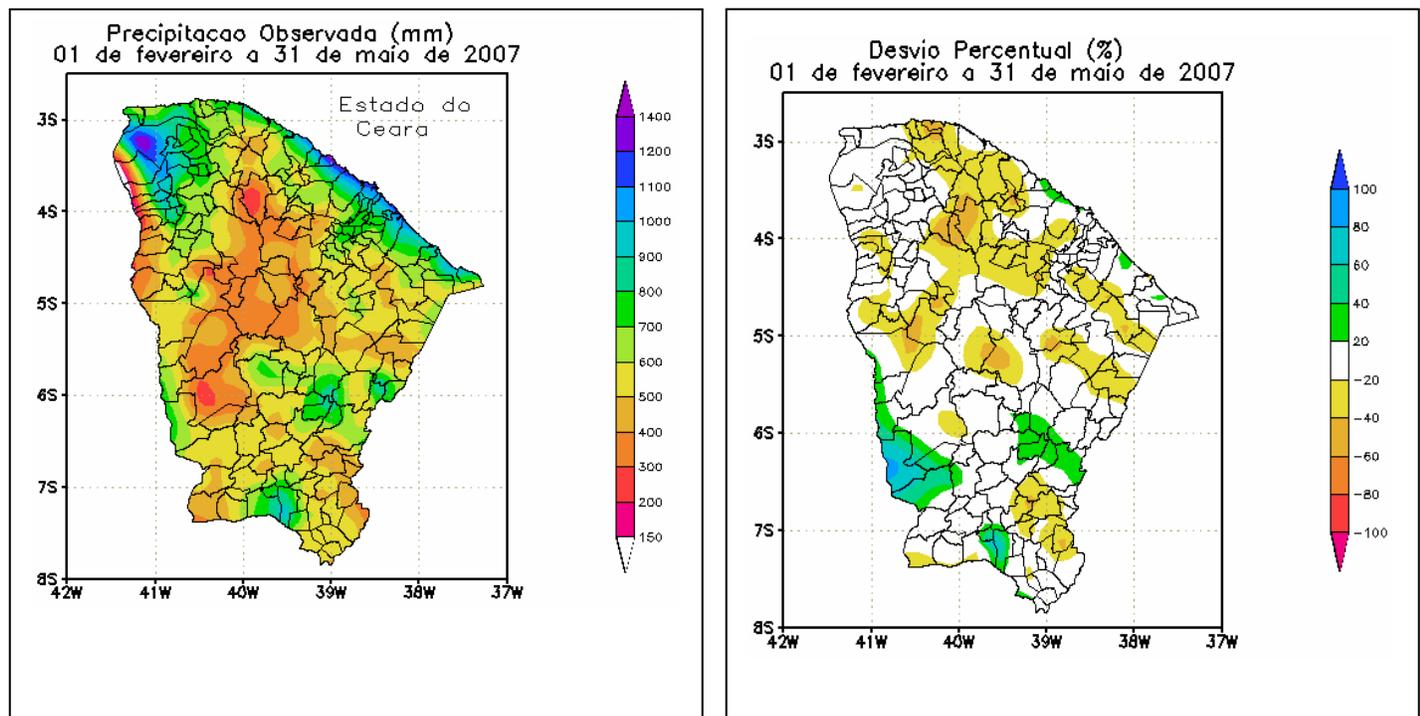


Figura 05 – Precipitação total observada em 2007.

Fonte: Adaptado de FUNCEME (2007).

Quadro 16 – Características do sistema de abastecimento móvel no ano de 2007.

<b>Município</b>	<b>No. Pessoas beneficiadas</b>	<b>Volume d'água distribuído (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo médio (L/hab/dia)</b>	<b>Distância percorrida (Km)</b>
Cariús	950	287	10,07	666
Potengi	1390	497	11,92	1.266
Orós	770	420	18,18	1.330
Quixelô	65	21	10,77	102
Saboeiro	2505	1.274	16,95	7.301
Santana do Cariri	1565	721	15,36	4.442
Total	7.245	3.220	13,87 *	15.107

Fonte: Adaptado de CBM/CEDEC, 2007. (\*) Valor médio.

Melhoria no sistema é a desinfecção da água distribuída com hipoclorito de cloro. Já as cisternas, construídas com o objetivo de armazenar água de chuva, funcionam na maioria das vezes como reservatório para a água transportada.

A distribuição da água acontece por meio de rotas e o controle mediante do ticket de abastecimento, cujo exemplar se apresenta na Figura 01A, em anexo.

Outra constatação para a população da região é a dificuldade de acesso à água, que pode ser avaliada pela distância média percorrida pelas unidades móveis, da fonte hídrica ao consumidor. Ao se analisar os dados coletados, que apresentam boa representatividade no universo de distribuição de água efetuada tanto pelo Exército, quanto pela Defesa Civil, verifica-se na Tabela 01, que não houve evolução no sentido de uma melhor distribuição de água dentro da bacia hidrográfica, e que o consumo *per capita* não chega ao valor 20l/hab/dia.

Tabela 01 – Principais características do sistema móvel de distribuição de água (2001 a 2007).

<b>Ano</b>	<b>No. Municípios avaliados</b>	<b>No. Famílias atendidas</b>	<b>Consumo per capita médio (L/hab/dia)</b>	<b>Média ponderada das distâncias a fonte (km)</b>
2000	8	5.651	-	21,93
2001	11	18.881	12,57	24,92
2002	15	15.285	17,16	23,60
2003	14	19.151	8,89	24,24
2004	15	23.602	15,06	29,37
2005	3	7.255	9,09	20,18
2006	16	15.022	13,50	17,55
2007 (*)	20	27.477	18,89	20,37

Fonte: Adaptado de CBM/CEDEC e (\*) Exército Brasileiro.

As Figuras 06 e 07 apresentam as distribuições do número de famílias atendidas nos anos 2001 e 2006, pela Defesa Civil, em função das distâncias percorridas. Conclui-se em função do exposto, ser necessária a otimização dos roteiros da distribuição de água das unidades de abastecimento móvel.

### 3.6.1 O caso do Município de Tauá

Em virtude da dificuldade de obtenção de dados seleciona-se o município de Tauá, onde, por pesquisa “in loco” junto à Defesa Civil municipal, é possível se avaliar a logística de abastecimento das unidades móveis, no ano de 2007 e sugerir melhorias.

Tauá contava no ano de 2007 com 15 roteiros da distribuição de água, atendendo a uma população de 34.026 habitantes, em 417 localidades e sedes distritais. O custo mensal da operação é de R\$ 120.205,40, que equivale a R\$/km 2,66. A rota mais dispendiosa tem como fonte hídrica o açude Caiçara, no distrito de Carrapateiras, abastecendo a uma população de 2.692 pessoas, com um percurso mensal de 3.344 km. A distribuição de água ocorreu nos meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro, totalizando R\$ 601.027,00. Essa distribuição é na realidade a complementação do programa iniciado em 2006, que ocorreu nos meses de setembro a dezembro.

Um fato a salientar é o tamanho, em termos populacionais, das comunidades que se encontram em atendimento: sede do distrito de Santa Teresa e do distrito de Marruás, com 2.500 e 825 habitantes respectivamente; as localidades de Lagoa do Eufrasino, no distrito Inhamuns, Cachoeirinha, no distrito Barra Nova e Bonifácio, no distrito Marrecas, com aproximadamente 600 habitantes, em cada uma.

A Tabela 02 resume os dados principais do abastecimento de água no município, com os quais é possível elaborar o mapa da Figura 08, que apresenta os roteiros, localidades atendidas e respectivas fontes hídricas.

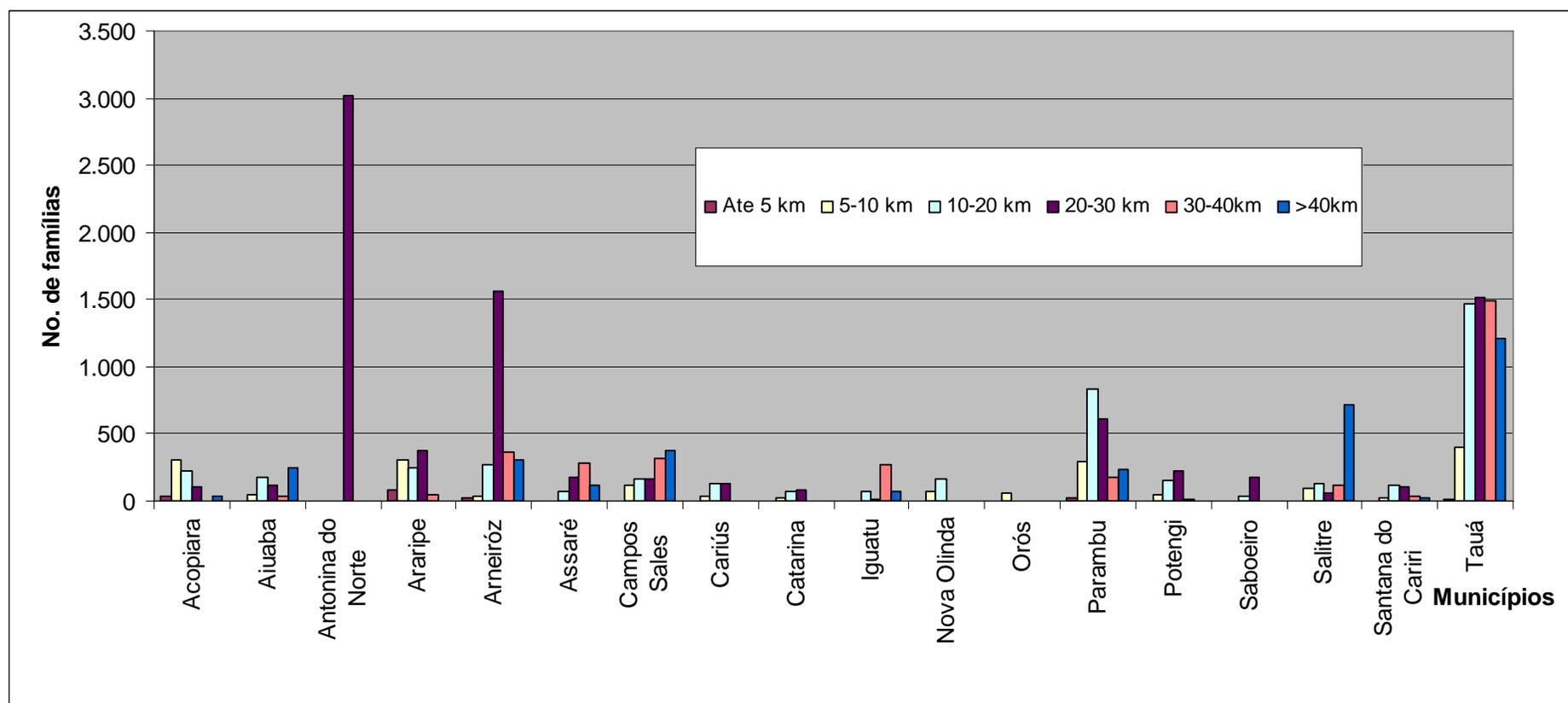


Figura 06 – Distribuição do número de famílias atendidas em função da distância à fonte hídrica, no ano 2.001.  
Fonte: CEDEC (2007).

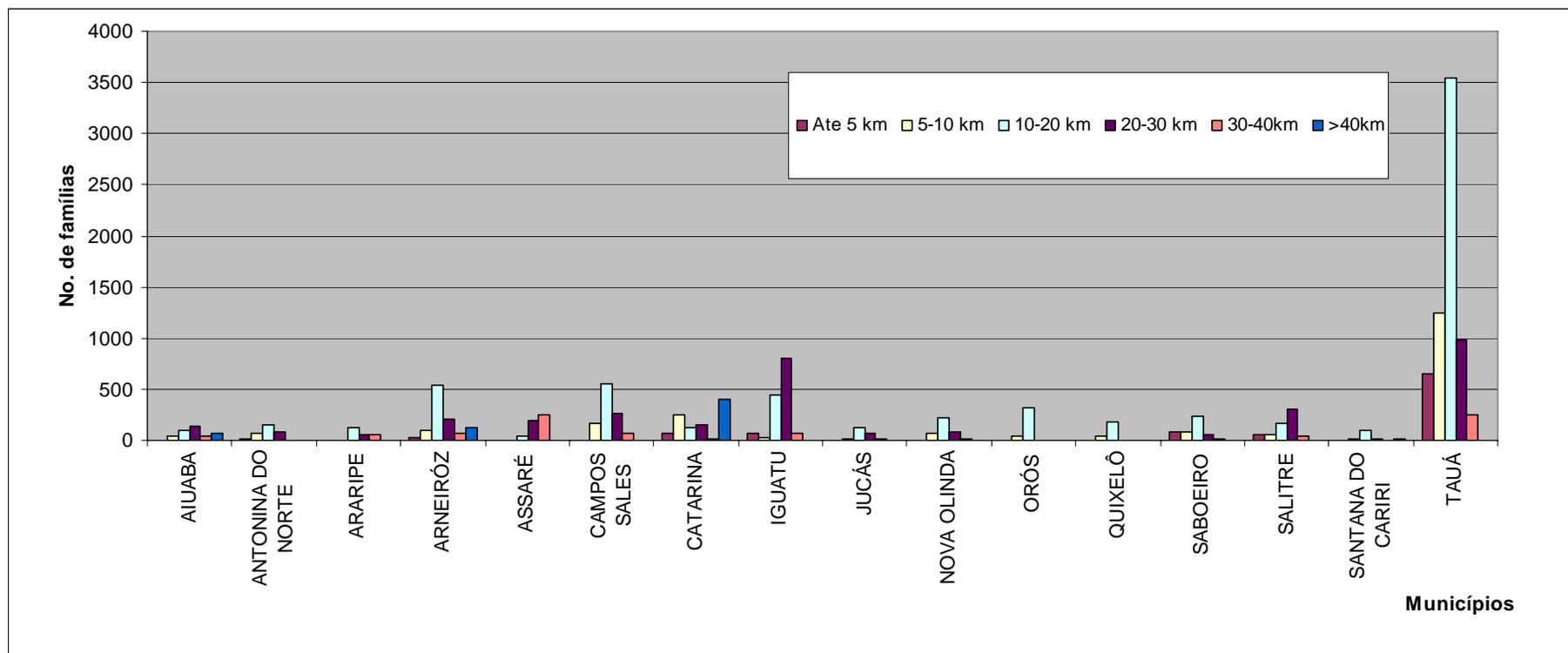


Figura 07 - Distribuição do número de famílias atendidas em função da distância à fonte hídrica, no ano 2006.

Fonte: CEDEC (2007).

Tabela 02 - Principais características do sistema móvel de abastecimento de água no município de Tauá, ano 2007.

Roteiro	Distrito	No. Habitantes	Volume distribuído (m <sup>3</sup> )	Consumo per capita (l/hab/dia)	Distância média à fonte (km)	Custo Total Mensal (R\$)	Km/Mês	R\$/m <sup>3</sup>	R\$/km
1	Marruás	4.165	994	8,0	12	8.043,84	3.024	8,1	2,66
2	Marruás	1.410	511	12,1	19	8.091,72	3.042	15,8	2,66
3	Carrapateiras	2.616	903	11,5	12	7.964,04	2.994	8,8	2,66
4	Marruás	1.317	406	10,3	29	8.671,60	3.300	21,4	2,63
5	Carrapateiras	1.540	532	11,5	17	7.527,80	2.830	14,2	2,66
6	Inhamuns	2.445	651	8,9	17	7.780,50	2.925	12,0	2,66
7	Sede	1.829	651	11,9	17	8.357,72	3.142	12,8	2,66
8	Sede	1.680	595	11,8	19	8.355,06	3.141	14,0	2,66
9	Santa Teresa	2.264	777	11,4	15	7.700,70	2.895	9,9	2,66
10	Barra Nova	2.620	749	9,5	15	7.993,30	3.005	10,7	2,66
11	Santa Teresa	2.905	805	9,2	21	8.259,30	3.105	10,3	2,66
12	Marrecas	2.941	1.064	12,1	11	8.097,04	3.044	7,6	2,66
13	Marrecas	1.795	791	14,7	14	7.807,10	2.935	9,9	2,66
14	Trici	2.692	707	8,8	17	8.895,04	3.344	12,6	2,66
15	Carrapateiras	1.807	791	14,6	9	6.660,64	2.504	8,4	2,66
Total		34.026	10.927			120.205,40	45.230		

Com relação aos anos anteriores, de 1999 a 2006, segundo dados do CEDEC e do ministério da Defesa, o abastecimento ocorreu da seguinte forma:

- no ano de 1999 foi abastecida uma população de 38.000 pessoas, durante 4 meses, em 2000 esse número foi reduzido para 6.890, com duração aproximada de 5 meses;
- em 2001, o abastecimento teve duração de 9 meses e atendeu a 24.570 habitantes; já em 2002 e 2003, foram beneficiadas 16.850 pessoas por um período respectivo de 5 e 3 meses;
- no ano de 2004, os dados obtidos não registraram o município de tauá;
- em 2005, 30.620 pessoas foram beneficiadas, por um período estimado de 4 meses; e
- em 2006 o número elevou-se para 33.356 habitantes, por um período de 4 meses.

A duração anual do programa de abastecimento por unidades móveis nem sempre é um indicador de que a situação hídrica se normalizou, muitas vezes o que ocorre é o atraso no repasse ou a suspensão das verbas destinadas à sua realização.

O gráfico da Figura – 09 apresenta os custos anuais com o sistema móvel da distribuição de água no município de Tauá, a preço corrente dos referidos anos.

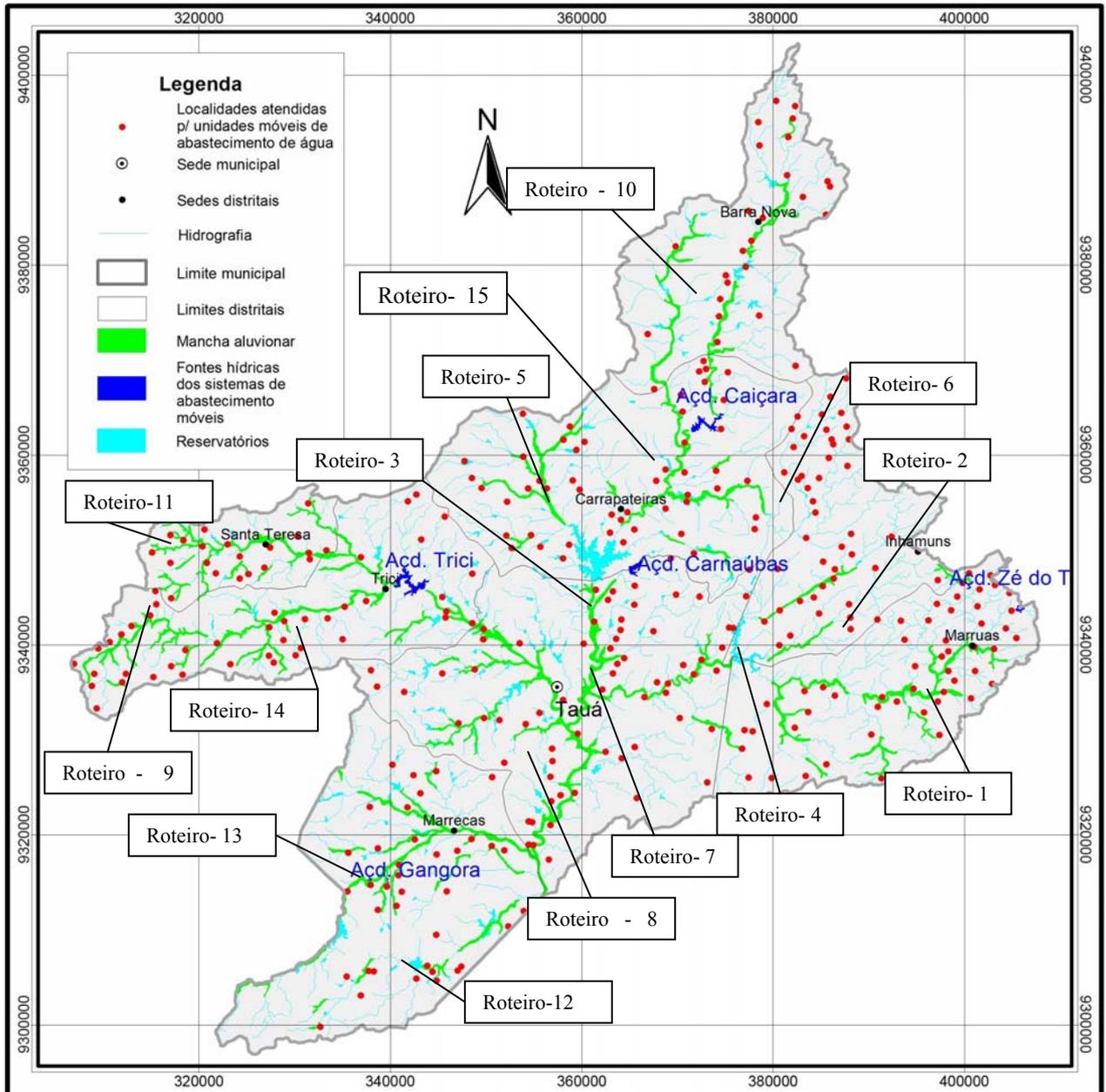


Figura 08 – Localização geográfica das fontes hídricas e comunidades atendidas pelo sistema móvel da distribuição de água.

Fonte: CPRM (2007); FUNCEME (2007); Defesa Civil de Tauá (2008).

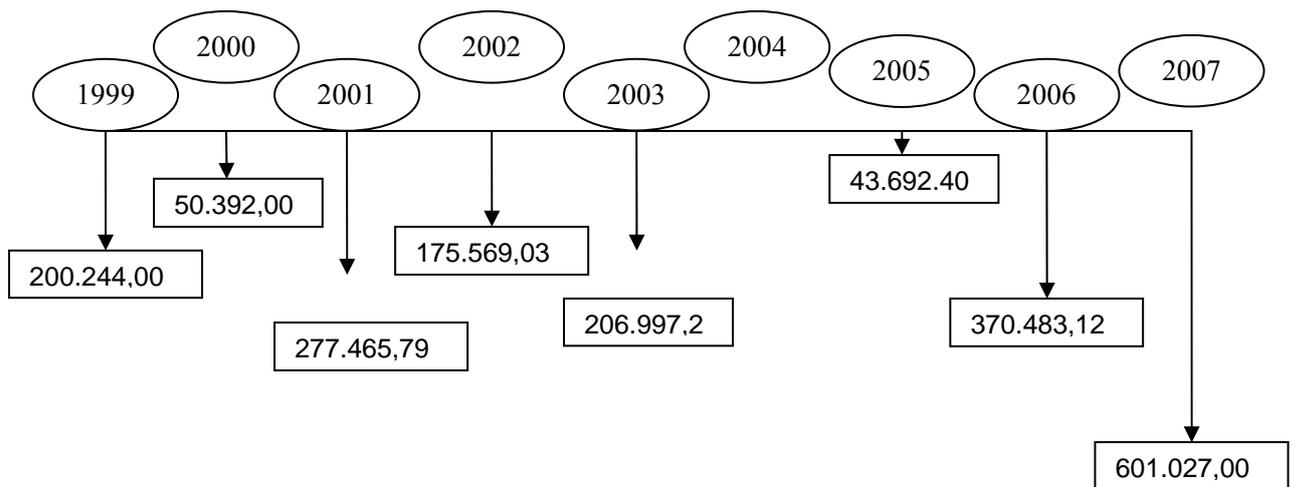


Figura 09 – Custo anual do sistema móvel da distribuição de água no município de Tauá.

Fonte: CEDEC (2007); Exército Brasileiro (2001, 2007).

## 4. MODELOS DE GERENCIAMENTO DAS SECAS

### 4.1 Modelo clássico

Segundo Rêgo et al. (2005) durante a seca de 2001, o Ceará implantou um novo modelo assistencial às populações diretamente afetadas pelas secas, que consistia na eliminação das frentes de trabalho, indenização dos produtores por perda da safra e instituição de programas de educação (ABC do Sertão, conveniado com o então Programa de Alfabetização Solidária do Governo Federal) e capacitação em tecnologia de convivência com o semi-árido.

Os programas de indenização por perda da safra Bolsa-Renda e Seguro-Renda, concederam no segundo semestre de 2001 benefícios mensais de R\$ 60,00 e R\$ 90,00, respectivamente. Os beneficiários seriam produtores cuja renda *per capita* mensal fosse inferior a um terço do salário mínimo, com os condicionantes de manutenção dos dependentes na faixa etária dos 7 a 14 anos matriculados na escola, e de prestação de serviços comunitários durante 16 horas semanais. Em outubro de 2001, o Governo Federal instituiu a Bolsa- Renda/Alimento (R\$ 15,00 por família), para atendimento às populações dos aglomerados urbanos de 71 municípios atingidos pelas secas (RÊGO et al., 2005).

Considera-se como exemplar da política adotada classicamente em períodos de secas, as ações governamentais implementadas na seca de 2001, que em resumo, se constituem em:

- programas de distribuição de cesta básica;
- abastecimento de água através de carro-pipa;
- distribuição de Bolsa-Renda;
- indenização por perda de safra, em função da área plantada e do índice de perdas observado (Seguro Safra); e
- participação dos produtores em programas de educação e capacitação em tecnologia de convivência com o semi-árido.

Uma ação da seca de 2001, já apresentada em capítulo anterior, que foi a experiência com o mercado de água através do plano “Águas do Vale”, não constitui uma política clássica, pois não foi consolidada.

A cronologia do desencadeamento das ações governamentais atende aproximadamente ao seguinte:

- no mês de dezembro, a Fundação Cearense de Meteorologia - FUNCEME divulga, publicamente, o primeiro prognóstico para as chuvas da quadra invernal de

fevereiro a maio do ano seguinte e recomenda o acompanhamento permanente dos boletins de previsões diárias do tempo e de análises e tendências climáticas semanais;

- no final de janeiro, a FUNCEME emite o segundo prognóstico, confirmando ou não a tendência apontada no primeiro e sugere que a Empresa de Assistência Técnica Rural do Ceará – EMATERCE repassasse as informações aos produtores rurais, por meio de seus escritórios regionais;

- é criado o comitê gestor constituído pelos titulares das então Secretarias de Desenvolvimento Rural, Planejamento e Trabalho e Ação Social e, no âmbito da primeira, o grupo Tarefa da Seca, GTSECA;

- as prefeituras municipais declaram estado de calamidade pública ou situação de emergência;

- as declarações municipais são reconhecidas pelo ministério da Integração;

- o governo estadual e o Exército iniciam o programa de abastecimento de água através de carros-pipa;

- no mês de junho, iniciam-se a distribuição de cestas básicas e o cadastramento, pela Secretaria de Desenvolvimento Rural, dos pequenos produtores rurais atingidos pela estiagem;

- o cadastro elaborado é submetido à aprovação dos Conselhos Municipais de Desenvolvimento Sustentável – CMDSS;

- tem início o Programa de Indenização por Perda de Safra e o Programa de Educacional ABC do Sertão;

- em outubro o governo Federal instituiu o Programa Bolsa Renda/Alimento, em atendimento as populações dos aglomerados urbanos;

- com o agravamento da situação climatológica no segundo semestre do ano, é possível que novos municípios sejam incluídos nos programas assistenciais; e

- o ciclo se reinicia em dezembro, quando a FUNCEME divulga o primeiro prognóstico para as chuvas da quadra invernal do ano seguinte.

A Figura 10 apresenta um fluxograma das atividades ora relacionadas.

## 4.2 O modelo de 2005

Em 1987, o governo do Ceará inovou em relação ao programa de emergência, ao adotar um esquema de participação de grupos comunitários municipais, os GACs. A idéia era que o estado ampliaria o processo de descentralização, com as comunidades

responsabilizando-se pela identificação, execução e prestação de contas dos projetos de criação de emprego.

Outra mudança era a criação de uma Câmara Técnica de Contingência e Convívio com o Semi-Árido no âmbito do Conselho Estadual de Desenvolvimento Rural – CEDR. O mesmo seria feito no âmbito dos Conselhos Municipais de Desenvolvimento Sustentável – CMDS, absorvendo as funções dos atuais CONDECs.

Um princípio fundamental a seguir é a seleção das obras e do melhoramento de infra-estrutura de acordo com o interesse e uso comunitário e social, jamais em estabelecimentos privados. No caso de benefícios a particulares, em estabelecimentos agrícolas, seria organizado em programa especial de crédito, no âmbito do PRONAF, em condições adaptadas ao programa de contingência.

Sob a ótica de 1987, foi proposto pela Secretaria de Agricultura e Pecuária o Programa Estadual de Contingência e Redução da Pobreza no Semi-Árido (CEARÁ, 2005), que tem como objetivo, dentre outros, a redução permanente da vulnerabilidade social e econômica às crises provocadas pelas secas mediante a implementação das seguintes ações:

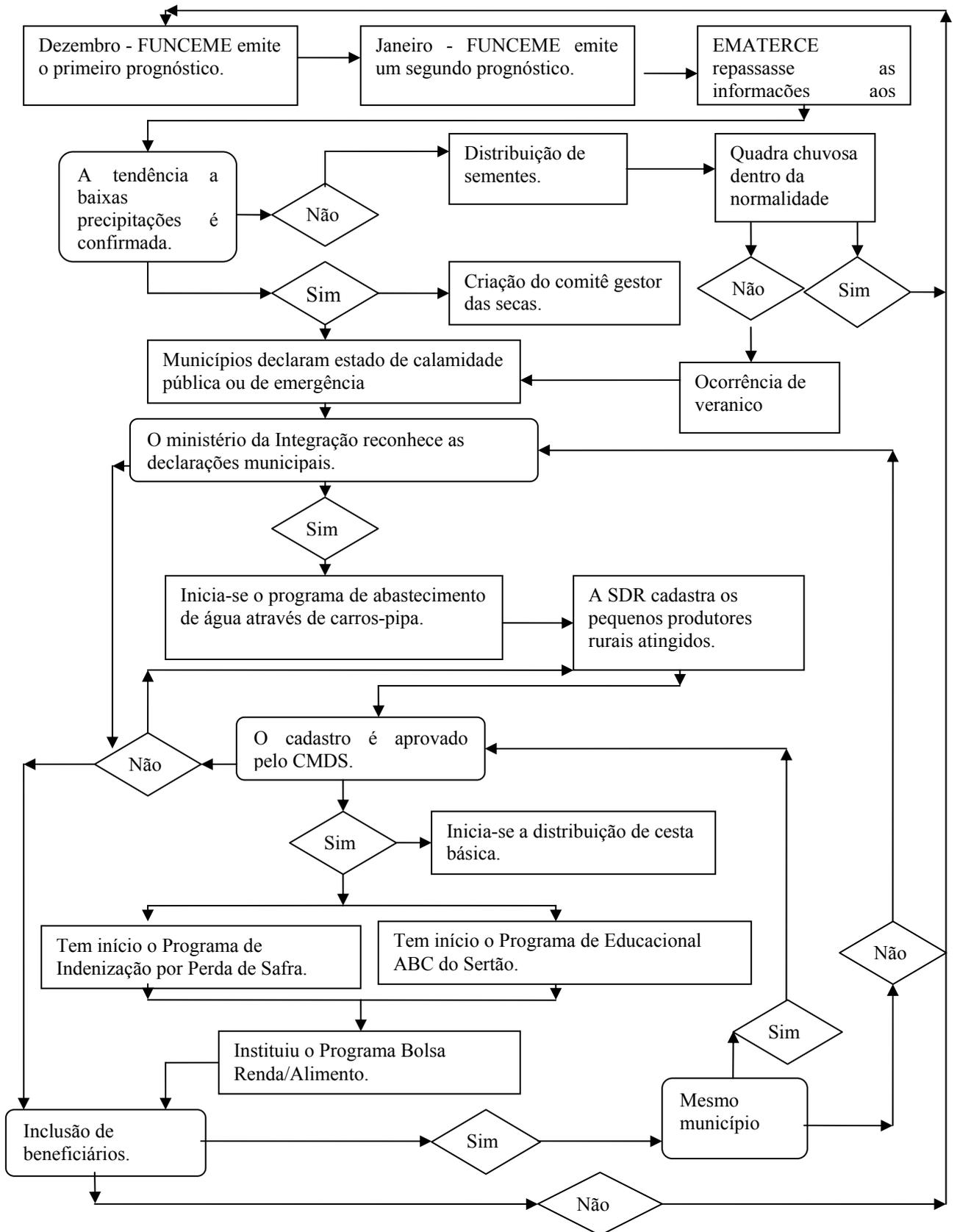


Figura 10 - Fluxograma das ações governamentais, elaborado de acordo com dados da seca de 2001.

- organização de um manual de um plano emergencial;
- capacitação dos gestores e responsáveis pela execução do plano no contexto do estado e de cada município;
- monitoramento e avaliação para corrigir as principais distorções e melhorar os resultados pretendidos;
- implementação descentralizada do programa de contingência, através das comunidades, contribuindo para reduzir os custos e a burocracia, aumentando a capacidade de realização e a autonomia das comunidades, reforçando a democracia política local;
- planejamento participativo nos níveis estadual, municipal e nas comunidades;
- criação de um fundo estadual de contingência, para contrapartidas de um programa de contingência e ações preventivas ou de alívio das conseqüências das secas;
- execução municipal centrada no Conselho Municipal de Desenvolvimento Sustentável – CMDS. O cadastramento, definição das atividades e das comunidades atingidas, a supervisão e acompanhamento das tarefas, a seleção e credenciamento dos beneficiários, entre outras atividades pertinentes, serão operacionalizadas pela Câmara Técnica da Coordenadoria Municipal com a participação direta das comunidades;
- o grupo de execução regional ficará a cargo das coordenadorias regionais, criadas por agropólo (divisão administrativa estadual vigente no então governo estadual) que manterão sob seu controle físico-financeiro as obras e serviços a serem executados.

É previsto que sejam elaborados planos estaduais e municipais, que definam as diretrizes gerais, os critérios e parâmetros, o esquema organizacional e institucional e a fonte de financiamento. O Plano Estadual e os Planos Municipais deverão contemplar três tipos de componentes:

- abastecimento de água (segurança hídrica) - elaboração do diagnóstico municipal por comunidade; planejamento das rotas dos carros-pipa; análise de opções alternativas; proposta de alternativa preferencial;
- emprego e renda; e
- Assistência social: reforço das equipes de assistência social para melhorar o nível de assistência às populações mais sujeitas à desnutrição e às doenças em casos de seca e do programa de agentes rurais.

Dentro do programa, são delineadas ações de caráter estruturante e imediato, a serem aplicadas em períodos de seca: projeto Água de Beber e projeto Alimentos.

O projeto Água de Beber beneficia aproximadamente 34.200 famílias em todo o estado e é integrado pelos seguintes subprojetos:

- Subprojeto Carros-Pipa: atender ao contingente populacional de 186.558 pessoas, demandante de abastecimento d'água em 56 municípios. Valor: R\$ 3.448.000,00 (três milhões quatrocentos e quarenta e oito mil reais);

- Subprojeto poços rasos nas Aluviões - Instalar 800 sistemas de captação e abastecimento em poços rasos em 2005, em substituição ao abastecimento por carro-pipa, reduzindo-o pela metade. Instalar 50 sistemas de captação e bombeamento para o abastecimento de carros-pipa. Valor: R\$ 4.801.000,00 (quatro milhões oitocentos e um mil reais);

- Subprojeto Poços Profundos - recuperação de 200 e instalação de 100 poços tubulares, construção de 100 poços tubulares profundos e chafarizes, recuperação de 50 bombas e chafarizes, recuperação de 100 cata-ventos, implantação de 50 novos sistemas de bombeamento com uso de cata-ventos, recuperação de 130 dessalinizadores e implantação de 80, recuperação de 160 sistemas fotovoltaicos de bombeamento. Valor: R\$ 8.878.000,00.

O projeto Alimentos, com um custo estimado de R\$ 31.832.000,00 (trinta e um milhões oitocentos e trinta e dois mil reais), contempla os subprojetos Cartão Cidadão e Peixamento de Coleções d'Água. O Cartão Cidadão visa a atender, com um benefício de R\$ 30,00 a R\$ 120,00 durante oito meses, famílias não beneficiadas por nenhum programa social, tanto pelo governo federal, estadual ou municipal. O projeto Peixamento de Coleções d'Água objetiva melhorar a oferta de alimentos e desenvolver a piscicultura extensiva em reservatórios públicos, comunitários e de áreas de assentamento, introduzindo seis milhões de alevinos.

Dentre as ações estruturantes destacam-se:

- Projeto Água Para Produzir - instalar 2000 sistemas de captação para a agricultura irrigada em poços rasos;

- Projeto Oásis do Sertão - fortalecimento a agricultura de base familiar, com o desenvolvimento de atividades produtivas focadas na sustentabilidade, de forma associativa e competitiva;

- Projeto de Ações Sustentáveis no Semi-Árido: com a adoção de atividades e práticas edafo-climáticas que proporcionam a redução dos problemas mencionados, consistindo basicamente na execução de obras hidroambientais estruturantes em microbacias

hidrográficas: barragens subterrâneas mistas, barragens subterrâneas manual, barragens sucessivas, cordões de contorno e terraços em nível;

- Projeto Kit Saneamento: composto por cisterna de placas para captação de águas pluviais, como também banheiro domiciliar (sanitário e sumidouro).

Como segunda etapa do plano de contingência, é proposto o projeto de Apoio ao Desenvolvimento Rural do Semi-Árido Cearense, prevendo dentre outras, alternativas para a agropecuária de sequeiro, aplicação de tecnologias para melhorar a retenção de água no solo e a qualidade dos solos e o zoneamento e riscos climáticos das culturas do semi-árido.

A deflagração das ações do programa de contingência ocorre de acordo com o estágio do sistema de alerta, que é o índice municipal de alerta - IMA (FUNCEME, 2004).

#### **4.3 O modelo de 2007**

No final do ano de 2007, o governo do Estado lançou o Plano de Ações para Convivência com a Seca – PACE, que prevê beneficiar 152 municípios, no período de 2007 a 2009, com custo previsto R\$ 749 milhões, sendo cerca de R\$ 273 milhões do estado, R\$ 468 milhões da União e R\$ 8 milhões dos municípios. Do valor total de recursos, R\$ 180 milhões serão destinados à segurança alimentar, por meio do programa Garantia Safra e R\$ 569 milhões à segurança hídrica.

Em 2007, foram cadastradas no Seguro Safra 172.931 famílias, 30.853 no alto Jaguaribe, cujos benefícios foram recebidos em seis parcelas de R\$ 110,00, sendo cinco pagas pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário e uma pelo governo estadual, resultando num custo total de R\$ 105.203.340,00. A previsão para 2008 é atender em torno de 300.000 famílias.

No grupo de ações de segurança hídrica, destacam-se: Projeto São José, Programa Alvorada, execução de cisternas de placas, de sistemas de saneamento e abastecimento de águas rurais e sistemas de poços com dessalinizador, recuperação de sistemas de poços com dessalinizador, construção e ampliação de açudes, adutoras e canais, elaboração do projeto do Cinturão de Águas do Ceará (transposição dos rios Tocantins e S. Francisco), aquisição de equipamentos para perfuração de poços e para o sistema de radar de monitoramento da precipitação.

Como se pode observar coube à gestão dos recursos hídricos apenas o quinhão referente à aquisição de equipamentos de monitoramento, correspondendo a 1,5% do total dos investimentos em segurança hídrica.

Dentre as ações previstas para a região do alto Jaguaribe, destacam-se as apresentadas no Quadro 17. As metas por município foram definidas de acordo com o índice municipal de alerta - IMA de 2007.

Quadro 17- Plano de Ações para Convivência com a Seca, grupo segurança hídrica, nos municípios do alto Jaguaribe.

Município	Projeto S. José			Poço e Chafariz		Dessalinizador		Cisternas de Placas		Custo Total (R\$)
	Quantidade (ud)	Famílias Atendidas (Ud)	Custo (R\$)	Quantidade (Ud)	Custo (R\$)	Quantidade (Ud)	Custo (R\$)	Quantidade (Ud)	Custo (R\$)	
Acopiara	7	259	617.008,00	4	72.400,00	3	138.000,00	397	575.610,30	1.403.018,30
Aiuaba	6	250	548.997,00	2	36.200,00	2	92.000,00	300	447.743,10	1.124.940,10
Altaneira	3	150	240.000,00	2	36.200,00			100	144.990,00	421.190,00
Ant. do Norte	3	150	240.000,00	2	36.200,00			150	217.485,00	493.685,00
Araripe	4	187	315.950,00	4	72.400,00			196	284.180,40	672.530,40
Arneiroz	3	110	290.750,00	2	36.200,00	2	92.000,00	476	890.068,56	1.309.018,56
Assaré	4	148	367.799,00	2	36.200,00	2	92.000,00	230	333.477,00	829.476,00
Campos Sales	4	174	312.566,00	4	72.400,00			600	857.187,00	1.242.153,00
Cariús	3	137	241.446,00	2	36.200,00			180	260.982,00	538.628,00
Catarina	9	333	690.333,00	4	72.400,00			192	278.380,80	1.041.113,80
Farias Brito	3	150	240.000,00	2	36.200,00			273	395.822,70	672.022,70
Icó	3	150	240.000,00	2	36.200,00			300	447.582,51	723.782,51
Iguatu	3	150	240.000,00	2	36.200,00				-	276.200,00
Jucás	3	150	240.000,00	2	36.200,00			110	159.489,00	435.689,00
Nova Olinda	3	150	240.000,00	2	36.200,00			113	163.838,70	440.038,70
Orós	2	100	180.000,00	1	18.100,00	2	92.000,00	215	320.880,38	610.980,38
Parambu	5	185	488.595,00	2	36.200,00	2	92.000,00	300	359.818,56	976.613,56
Potengi	3	150	240.000,00	2	36.200,00			120	173.988,00	450.188,00
Quixelô	3	150	240.000,00	2	36.200,00			130	188.487,00	464.687,00
Saboeiro	3	138	272.815,00	2	36.200,00			144	208.785,60	517.800,60
Salitre	3	137	273.371,00	2	36.200,00			213	308.828,70	618.399,70
Sant. do Cariri	3	150	240.000,00	2	36.200,00			177	256.632,30	532.832,30
Tarrafas	3	150	240.000,00	2	36.200,00			100	144.990,00	421.190,00
Tauá	11	407	1.019.924,00	4	72.400,00	8	213.000,00	400	579.960,00	1.885.284,00
Total	97	4.215	8.259.554	57	1.031.700	21	811.000	5.416	7.999.208	18.101.462

Fonte: PACE (2007).

## **5.MODELO PROPOSTO**

### **5.1 Diretrizes para uma gestão estratégica das secas**

No Brasil, existem implementadas, por lei federal ou pela própria Constituição Federal, duas políticas, que em ação conjunta incrementariam a eficiência na implantação de um sistema contínuo de mitigação dos efeitos das estiagens. São elas a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Política Nacional de Defesa Civil, a primeira estruturada institucionalmente no Ministério do Meio Ambiente – MMA e a segunda no Ministério da Integração Nacional - MI.

A falha na política nacional de defesa civil, refletindo-se nas políticas estaduais, diz respeito às atividades de prevenção, acentuadas pela indisposição de recursos financeiros. Nominalmente, o Sistema Nacional de Defesa Civil deveria contar com o FUNCAP - Fundo Especial para Calamidades Públicas, que se encontra inativo. Os recursos previstos constitucionalmente ou provindos de medidas provisórias são disponibilizados somente em casos extremos, como de calamidade pública.

A lei federal nº. 9.433/2007 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SINGERH e definindo os instrumentos envolvidos na gestão das águas. Uma das características da PNRH é a participação da sociedade civil na definição de regras para o uso da água. A tomada de decisão na esfera local é essencial para promover um compromisso político diante das políticas adotadas.

No âmbito estadual, a estruturação da política de recursos hídricos avançou muito, deixando aquém a política de defesa civil, que somente em 2006 foi normatizada pelo decreto nº. 28.391.

A política de recursos hídricos tem como órgão superior o Conselho Estadual dos Recursos Hídricos e órgão central a Secretaria dos Recursos Hídricos. O Sistema Estadual de Defesa Civil conta com o Conselho Estadual de Defesa Civil - COEDEC, tendo como órgão central a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC, vinculada à Secretaria de Segurança e Defesa Social e nos municípios as Coordenadorias Municipais de Defesa Civil - COMDEC'S;

Com relação aos eventos críticos, não existe um modelo de gerenciamento de secas propriamente dito, no estado do Ceará, que contemple ações ante, durante e após o evento. A maioria das ações é desencadeada à medida que o quadro climatológico de estiagem vai se configurando, não apresentando a continuidade necessária, para que produzam resultados a longo prazo.

A ampliação da infra-estrutura hídrica, a implementação do Seguro Safra e as atividades desenvolvidas pela FUNCEME, de monitoramento climático e pela COGERH, de monitoramento e alocação negociada com os usuários dos grandes reservatórios, constituem importantes passos.

Em resumo, o modelo da gestão proposto deve abranger, em consonância com as políticas de recursos hídricos, de convivência com o semi-árido e de defesa civil, o seguinte:

- definição de um grupo de trabalho;
- identificação das limitações financeiras e legais
- inventário dos recursos naturais, biológicos e humanos;
- mapeamento dos grupos e áreas de risco;
- identificação das pesquisas necessárias;
- avaliação e incremento da capacidade institucional;
- desenvolvimento tecnológico e monitoramento climático;
- participação da comunidade;
- planejamento a nível distrital;
- governabilidade e fortalecimento das políticas;
- desenvolvimento de programas educacionais;
- divulgação para a sociedade.

## **5.2 Estrutura organizacional**

Para viabilizar a implementação da gestão de secas necessita-se do aparato institucional, técnico-científico, financeiro e legal.

A Defesa Civil, perante a sociedade e na percepção do atual governo estadual, é o órgão de socorro às vítimas de eventos críticos, cheia ou estiagem, estando inclusive vinculada, na nova estrutura institucional, à Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social, sob o comando do Corpo de Bombeiros Militar.

Para que o Sistema Estadual de Defesa Civil cumpra um dos seus objetivos, de minimizar os desastres, é necessário uma atuação mais incisiva na prevenção e planejamento para esses eventos e mais próxima da população atingida.

A nível municipal os COMDEC's, formados por membros da sociedade civil, estão intimamente ligados ao poder local. É necessária a instituição de entidades com maior

representação local, mais autônomas, que busquem ainda, maior interação com o comitê de bacia hidrográfica, as comissões de usuários e demais associações comunitárias. Essa unidade poderia se constituir nos núcleos comunitários de defesa civil NUDEC's, já previstos na estrutura organizacional da Defesa Civil.

Por outro, lado a garantia de fornecimento de água prevista na lei 9.433/2007 é de competência do Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, que tem como órgão mor, no estado, a Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH. Cabem portanto à SRH, o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, no que diz respeito também aos abastecimentos alternativos de água em épocas de seca, fato esse acentuado pela necessidade contínua de abastecimento das populações interioranas, por meio das unidades móveis.

Dentro do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, os comitês de bacia têm papel fundamental em decorrência da sua participação colegiada. Nem sempre os comitês têm a proximidade para atender aspectos mais específicos dos anseios dos usuários de água. O comitê do alto Jaguaribe, por exemplo, é formado por 23 municípios, cada qual com peculiaridades específicas.

A Gerência Regional da COGERH, situada em Iguatu, abriga em seu quadro institucional um gerente, um assessor técnico, um coordenador do núcleo da gestão, um coordenador do núcleo técnico e mais quatro funcionários de nível médio e superior, considerado suficiente para o atendimento de suas funções e ineficiente para o atendimento de ações a seguir propostas.

O planejamento do abastecimento móvel, que muitas vezes tem como fonte hídrica açudes operados pela COGERH, não tem a participação direta dessa instituição.

A presença local e regional do estado como executor das ações é de suma importância. A governabilidade, e não o assistencialismo, é citada como um ponto forte de norteamo e encorajamento das populações, principalmente as mais carentes. Atualmente a entidade estadual que presta grande apoio às comunidades rurais locais é a EMATERCE.

Sugere-se que sejam instaladas unidades de apoio ao desenvolvimento econômico regional nos municípios de Iguatu, Campos Sales e Tauá, municípios esses já classificados como centros secundários e terciários respectivamente, que abriguem ainda as Coordenadorias Regionais de Defesa Civil – COREDEC, previstas na nova estrutura da defesa civil estadual e a coordenadoria da SRH destinada ao planejamento e controle das ações de minimização dos

impactos da escassez hídrica. Essa última seria representada regionalmente por núcleos, que teriam ainda a função de apoio à EMATERCE e à Gerencia Regional da COGERH.

A criação de um braço regional da SRH se justifica pela necessidade de implementação e acompanhamento das seguintes ações:

- monitoramento climático;
- divulgação do monitoramento e das ações em execução;
- avaliação de situações de risco;
- planejamento e acompanhamento da execução das obras de caráter emergenciais;
- implementação e acompanhamento das atividades de mitigação das secas previstas no plano de combate à desertificação, com ênfase na educação ambiental;
- acompanhamento e otimização do abastecimento das unidades móveis;
- acompanhamento da execução e avaliação do impacto das obras estruturantes; e
- avaliação semestral das atividades executadas.

A estrutura proposta é apresentada na Figura 11.

### **5.3 Embasamento técnico-científico**

A pesquisa tem o principal papel na implementação da estratégia para gestão de secas: o uso da tecnologia na prevenção precoce dos eventos, na minimização das perdas de água e da degradação do solo, na avaliação da capacidade de armazenamento e do comportamento dos aquíferos, e na identificação de sistemas agrícolas sustentáveis. Os procedimentos tecnológicos devem incluir, ainda:

- acesso *on-line* das informações climáticas;
- disponibilização *on-line* dos bancos de dados de todos os sistemas e entidades envolvidas na gestão (Defesa Civil, SRH, COGERH, FUNCEME, EMATERCE, SEAGRI, Exército, etc);
- sistema de suporte a decisão para análise de dados do clima;
- uso de modelos financeiros que ajudem na tomadas de decisão; e
- uso de dados de sensoriamento remoto, modelos e sistemas de informações geográficas para monitorar e acessar espacialmente e temporalmente a extensão e severidade das secas e acompanhar as ações em andamento.

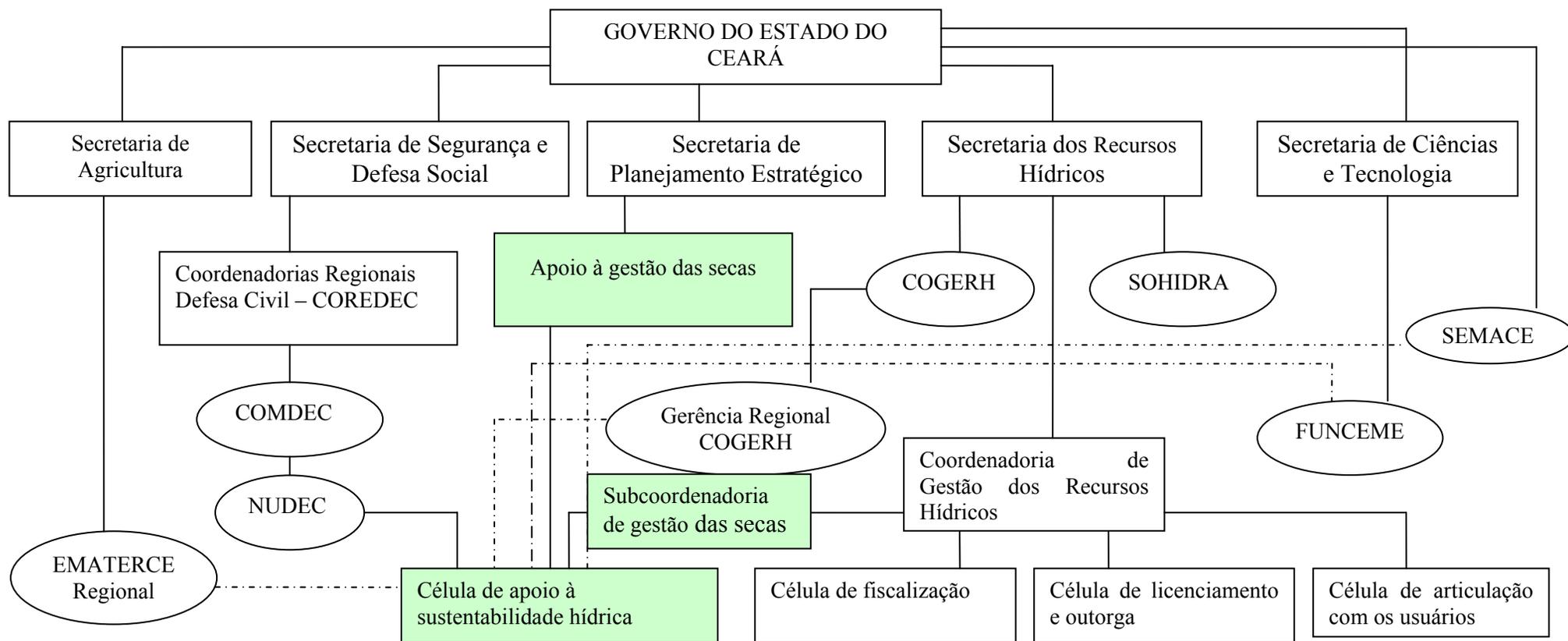
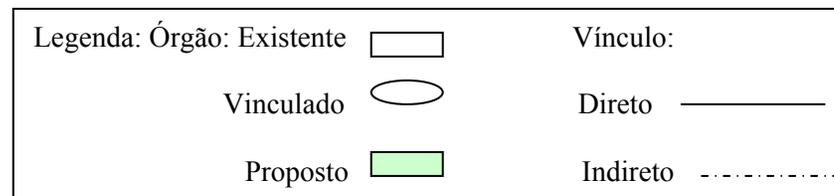


Figura 11 - Estrutura organizacional proposta.



#### **5.4 Aspectos legais**

As dificuldades de implementação de uma política são maiores se ela não for solidamente embasada por meios legais e se seus objetivos não forem claramente apresentados e discutidos junto às populações. As dificuldades aumentam se as mudanças legislativas forem freqüentes. A implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos é mais estável, pois seguiu os ditames de uma lei ordinária, diferentemente da defesa civil, que ocorreu mediante decreto governamental.

Com respeito a legalização financeira para custeio dos investimentos e ações, o Sistema Estadual de Defesa Civil não contempla um fundo específico para ações pertinentes ao sistema. De acordo com o decreto n.º. 28.656, de 26 de fevereiro de 2007, cabe à Secretaria da Fazenda adotar medidas de caráter financeiro, fiscal e de crédito. Essas medidas são claramente destinadas, apenas, a situações de calamidade pública ou de emergência.

Propõe-se a adoção de um fundo para atendimento aos programas de contingência e, também, para os relacionados às ações preventivas.

#### **5.5 Atividades permanentes**

As áreas sujeitas a fenômenos climáticos extremos encontram-se continuamente ou na fase de contingência ou na fase de gerenciamento do risco, desencadeando um contínuo processo de implementação de atividades. O gerenciamento do risco enfatiza a prevenção, mitigação, predição e atividades de alerta precoces, que compõem as atividades permanentes; o gerenciamento da contingência envolve a avaliação dos impactos e a implementação de ações incisivas de resposta, recuperação e reconstrução.

As ações propostas para a fase de gerenciamento do risco são:

- monitoramento climático;
- monitoramento e otimização das reservas superficiais;
- mapeamento das áreas de risco;
- implantação de um plano sistemático de coleta e análise da água bruta e dos efluentes lançados nos corpos hídricos;
- determinação do índice municipal de alerta – IMA prévio, no mês de dezembro, quando os dados climatológicos tomem como base o primeiro relatório de previsão da quadra invernal do ano subsequente (normalmente esse relatório é emitido no final do mês de

dezembro) e os demais (perda de safra, taxa de cobertura de abastecimento urbano de água, etc) valores médios, ou os mais recentemente registrados do ano em questão;

- determinação do índice municipal de alerta – IMA ao final da quadra chuvosa, a partir do qual se avalia a necessidade ou não das ações previstas na fase de contingência;
- gestão da informação com a instalação de um programa permanente de conscientização e divulgação das condições hidroclimáticas e ambientais, os riscos associados e as medidas preventivas;
- atualização do banco de dados do Cadastro de Usuários de Água;
- atualização do banco de dados do Cadastro de Pequenos Produtores Rurais e do diagnóstico agropastoril;
- elaboração de um banco de dados do sistema móvel de distribuição de água, incorporando ações da Defesa Civil e do Exército;
- medidas de Controle nos sistemas públicos de fornecimento de água - instalação de medidores de água, elaboração e atualização do cadastro das unidades componentes dos sistemas; diagnóstico qualitativo e quantitativo da água produzida, manutenção da infra-estrutura hídrica, visando à redução de perdas;
- compatibilização de obras emergenciais e obras estruturantes - essas obras devem ser planejadas de modo a suprir a demanda nos locais, onde o custo com obras emergenciais são elevados e contínuos;
- medidas de redução da demanda - adoção de métodos de irrigação mais eficientes, incentivo ao cultivo de culturas e à criação de animais que demandem menor consumo de água;
- educação ambiental com enfoque no risco e redução de desastres;
- medidas de ampliação da oferta e do acesso à água: ampliação e recuperação da rede de poços, instalação de dessalinizadores, construção de cisternas, chafarizes de estruturas de transferência de água (adutoras), de barragens superficiais e subterrâneas, visando à redução do atendimento por meio de unidades móveis de abastecimento e otimização das rotas de distribuição dessas unidades;
- otimização do abastecimento de água por meio de unidades móveis, com o objetivo de torná-la uma atividade somente da fase de contingência; e
- avaliação semestral das ações, com identificação dos pontos vulneráveis e a proposição de melhorias.

## 5.6 Atividades da fase de contingência

Nessa fase, às atividades executadas durante o gerenciamento do risco, adicionam-se as seguintes:

- revisão dos volumes de água outorgados;
- estabelecimento de cotas de água para os usuários dos sistemas públicos de água, com cobrança de multa;
- medidas de ampliação do acesso à água: extensão do atendimento por meio de unidades móveis de abastecimento de água, com otimização das rotas de distribuição;
- concessão de subsídios financeiros;
- pagamento do seguro safra;
- implantação de programas educacionais e de caráter associativo, com treinamento para desenvolver a capacidade dos agricultores e dos beneficiários do seguro safra para melhor gerenciar o risco, inclusive o risco das secas; e
- avaliação do impacto da seca.

## 5.7 Redução do índice de estresse hídrico

A redução do estresse hídrico está diretamente relacionada à ampliação da oferta, a redução da demanda e, na melhor situação, à conjugação dos dois. O ig90 primeiramente determinado por Araújo et al.(2004) é novamente avaliado, mediante a implementação de ações que se delineiam nos itens seguintes.

### 5.7.1 Ampliação da oferta

Dentre as medidas para ampliação da oferta de água sugeridas, se destacam: a ampliação e recuperação da rede de poços com a instalação de dessalinizadores e chafarizes, construção de cisternas de placa, estruturas de transferência de água (adutoras), barragens superficiais e subterrâneas e otimização de um sistema móvel de distribuição de água.

O parâmetro utilizado para se definir a necessidade ou não de um volume de água a ser ampliado, toma como base as medidas previstas no Plano de Ações para Convivência com a Seca – PACE (CEARÀ, 2007), as vazões disponibilizadas por obras executadas, que não foram computadas no cálculo do ig90 inicial, e pelas estruturas hídricas com previsão de execução futura pela Secretaria dos Recursos Hídricos.

- a) Obras de segurança hídrica do PACE

As ações previstas pelo PACE, para a região do alto Jaguaribe, geram em termos de volumes adicionais de água, os valores apresentados na Tabela 3.

As vazões foram estimadas da seguinte forma:

- no projeto Poço e Chafariz foram adotados, de acordo com as características predominantes no município, as vazões médias de 2,26 m<sup>3</sup>/hora e 11,47m<sup>3</sup>/hora, respectivamente para poços situados em formação geológica cristalina e sedimentar. Esses valores foram encontrados por Barbosa (2000);
- para o Projeto S. José foi estimada uma vazão média de 50l/hab/dia; e
- já as cisternas acumulam um volume anual de 16m<sup>3</sup>.

#### b) Barragens superficiais, adutoras e poços

As obras hídricas executadas na região, como grandes açudes e adutoras, cujas vazões disponibilizadas não foram computadas, quando da determinação do ig<sub>90</sub> por Araújo et al. (2004) são os açudes Faé, em Quixelô e Arneiroz II, em Arneiroz, que regularizam respectivamente com 90% de garantia as vazões de 0.29m<sup>3</sup>/s e 1.47m<sup>3</sup>/s; e ainda a adutora do poço PP-04 e PP-01, com extensão aproximada de 100 km, que abastece as sedes municipais de Campos Sales, Araripe e Salitre, com vazões respectivas de 40,0 l/s, 20,0 l/s e 13 l/s.

Segundo Abreu (2003), o incremento da infra-estrutura de poços previsto nas ações governamentais no período de 2003 a 2006 incrementam a oferta de água subterrânea em 6,31%, valor médio por município.

Existem projetadas para a região as barragens Jucá (Q<sub>90</sub> = 0,12m<sup>3</sup>/s) e Mamoeiro (Q<sub>90</sub> = 0,14m<sup>3</sup>/s), respectivamente nos municípios de Parambu e Antonina do Norte e estudadas as barragens Puiú (Q<sub>90</sub> = 0,27), também em Parambu, Bastiões (Q<sub>90</sub> = 0,96m<sup>3</sup>/s), em Assaré e Farias Brito (Q<sub>90</sub> = 0,66m<sup>3</sup>/s), no município homônimo.

Outra adutora estudada pela SRH tem como fonte hídrica o poço PP-03 no município de Nova Olinda, com vazão estimada em aproximadamente 40l/s. Essa adutora reforçaria o abastecimento humano dos municípios de Nova Olinda e Santana do Cariri.

#### c) Barragens subterrâneas

Conforme se pôde verificar no texto que trata de barragem subterrânea, não existem dados de monitoramento, com relação ao seu comportamento em épocas de estiagem, sejam barragens construídas no Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte ou Minas Gerais. Citam-se

ocorrências positivas, onde o abastecimento humano é garantido e a produção agrícola incrementada. As obras são de baixo custo e as perdas por evaporação, apresentam-se mínimas.

Tabela 03 – Vazões estimadas, disponibilizadas com a implementação das ações de segurança hídrica do PACE.

Município	Poço e chafariz		Cisternas de placas		Projeto S. José - abastecimento humano	
	Quantidade (ud)	Q estimada (m <sup>3</sup> /s)	Quantidade (ud)	Volume Acumulado (m <sup>3</sup> )	No. Famílias	Q estimada (m <sup>3</sup> /s)
Acopiara	4	0,004	397	6.352	259	0,001
Aiuaba	2	0,002	300	4.800	250	0,001
Altaneira	2	0,002	100	1.600	150	0,001
Ant. do Norte	2	0,002	150	2.400	150	0,001
Araripe	4	0,004	196	3.136	187	0,001
Arneiroz	2	0,002	476	7.616	110	0,000
Assaré	2	0,002	230	3.680	148	0,001
Campos Sales	4	0,004	600	9.600	174	0,001
Cariús	2	0,002	180	2.880	137	0,000
Catarina	4	0,004	192	3.072	333	0,001
Farias Brito	2	0,002	273	4.368	150	0,001
Iço	2	0,002	300	4.800	150	0,001
Iguatu	2	0,002	0	0	150	0,001
Jucás	2	0,002	110	1.760	150	0,001
Nova Olinda	2	0,002	113	1.808	150	0,001
Orós	1	0,001	215	3.440	100	0,000
Parambu	2	0,002	300	4.800	185	0,001
Potengi	2	0,002	120	1.920	150	0,001
Quixelô	2	0,002	130	2.080	150	0,001
Saboeiro	2	0,002	144	2.304	138	0,000
Salitre	2	0,002	213	3.408	137	0,000
Sant. do Cariri	2	0,002	177	2.832	150	0,001
Tarrafas	2	0,002	100	1.600	150	0,001
Tauá	4	0,004	400	6.400	407	0,001
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>0,063</b>	<b>5.416</b>	<b>86.656</b>	<b>4.215</b>	<b>0,015</b>

Levando-se em consideração ainda o monitoramento dos poços construídos no aluvião do rio Forquilha (BURTE, 2005) no qual o fornecimento de água é mantido, embora em menores proporções e submetido a um controle dos volumes de água bombeados, se conclui serem as barragens subterrâneas mais uma alternativa de reserva de água em regiões semi-áridas.

A avaliação da capacidade de armazenamento das aluviões e sua interação com os rios é de suma importância, em um estado tão pobre em recursos naturais como o Ceará. A

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM elabora estudo no qual as manchas aluvionares são demarcadas por meio de imagens de satélite. A Figura 12 apresenta as manchas aluvionares no município de Tauá.

Segundo Costa (1998) , uma área aluvionar com extensão longitudinal média de 500m, largura média de 50m, profundidade média do manto aluvionar de 4m e coeficiente de armazenamento de 10% é passível de acumular em uma barragem subterrânea o volume de 10.000m<sup>3</sup>.

Propõem-se como medida de ampliação da oferta hídrica a construção de cinco barragens subterrâneas desse porte, em cada município, onde se supõe a acumulação total de 50.000m<sup>3</sup>/ano.

O volume ofertado final, que inclui os novos volumes obtidos com a execução da infra-estrutura prevista no Plano de Ações para Convivência com a Seca - PACE e da infra-estrutura proposta, se apresenta na Tabela 04 e 05.

#### 5.7.2 Controle da Demanda

As experiências mostram que a redução da demanda é a ferramenta mais efetiva para a mitigação das secas. O parâmetro para se verificar essa redução é o ig90, que deve se manter igual ou inferior a um.

A maior demanda provém da irrigação, que deve ser praticada com nível de eficiência mais elevado, usando-se métodos e culturas menos consumidoras.

A redução da demanda de consumo animal é conseguida com o incentivo da criação de animais como ovinos e caprinos, da fácil adaptação na região, que consomem em média 13% do volume de água consumido por bovinos (DÖLL et al., 2002).

A operação e a manutenção dos sistemas de abastecimento de água, com rigoroso controle, visando à redução de perdas são de grande importância. Os racionamentos devem primar pelo planejamento e divulgação à sociedade. Outra medida é a adoção de fontes hídricas de caráter menos vulnerável para as populações, principalmente as residentes nas sedes municipais e distritais.

A educação ambiental e o conhecimento das estruturas hídricas disponíveis para a população constituem também ferramentas de controle da demanda.

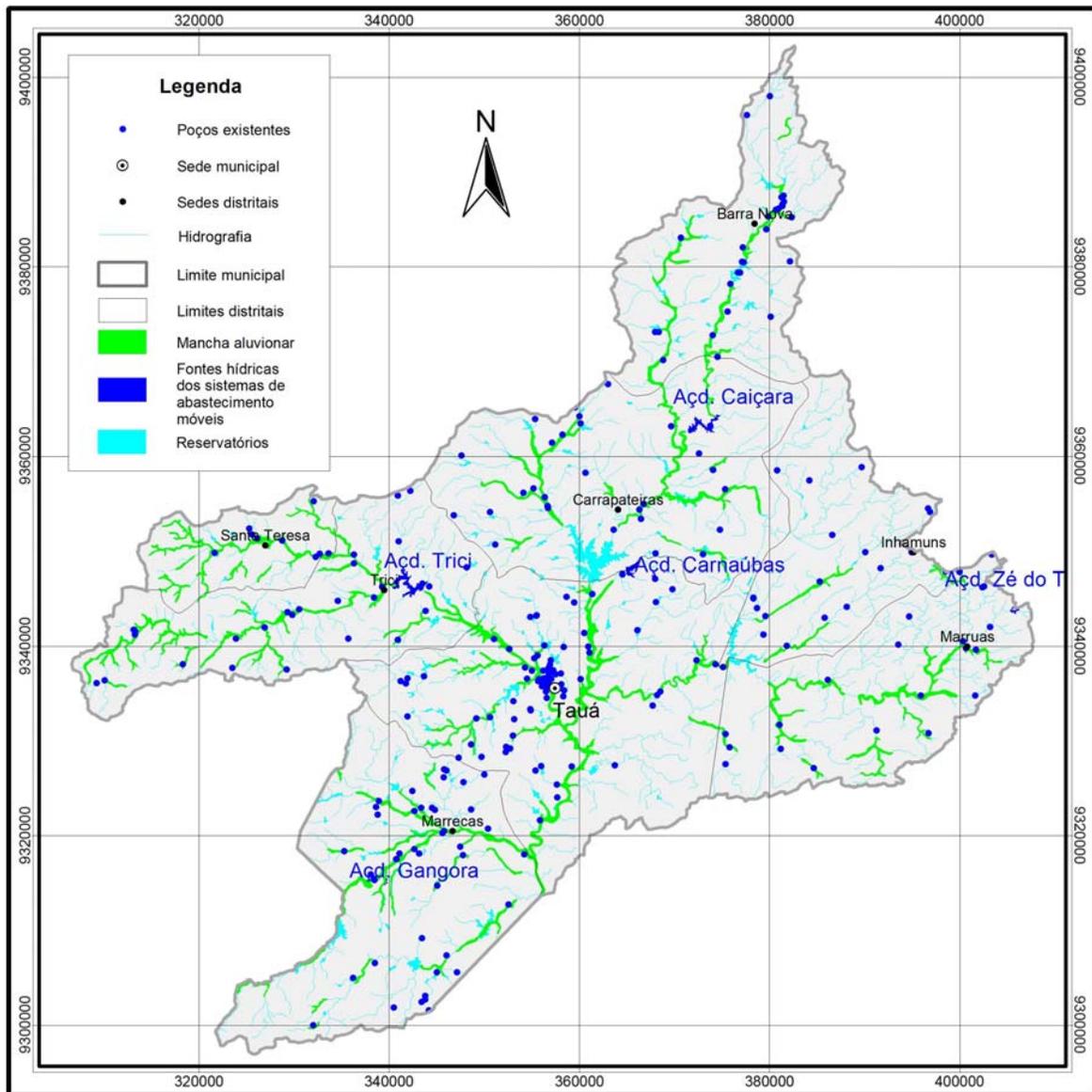


Figura 12 – Aluviões e poços cadastrados no município de Tauá.

Fonte: CPRM (2007); FUNCEME (2008).

Tabela 04 – Oferta estimada com a inclusão da nova infra-estrutura hídrica de água subterrânea e cisternas.

Volume Explorado de Água Subterrânea (hm <sup>3</sup> /ano)		Volume Acumulado (hm <sup>3</sup> /ano)			Volume Total (hm <sup>3</sup> /ano)
Qsed,Mun	QCrist,Mun	Cisternas ASA	Barragem subterrânea	Cisternas PACE	
0,00	0,32	0,003	0,05	0,006	0,3835
-	0,24	0,000	0,05	0,005	0,2984
-	0,12	0,002	0,05	0,002	0,1703
-	0,09	0,001	0,05	0,002	0,1405
0,63	0,27	0,002	0,05	0,003	0,9601
-	0,29	0,001	0,05	0,008	0,3497
-	0,25	0,002	0,05	0,004	0,3090
1,26	0,30	0,002	0,05	0,010	1,6274
-	0,17	0,002	0,05	0,003	0,2234
-	0,19	0,001	0,05	0,003	0,2392
-	0,14	0,002	0,05	0,004	0,1940
0,92	0,27	0,002	0,05	0,005	1,2473
5,28	0,04	0,000	0,05	0,000	5,3692
-	0,16	0,002	0,05	0,002	0,2129
0,71	0,14	0,002	0,05	0,002	0,9052
-	0,17	0,000	0,05	0,003	0,2250
-	0,39	0,003	0,05	0,005	0,4518
-	0,18	0,002	0,05	0,002	0,2339
2,28	0,01	0,002	0,05	0,002	2,3447
-	0,12	0,001	0,05	0,002	0,1694
0,41	0,15	0,002	0,05	0,003	0,6124
1,01	0,01	0,002	0,05	0,003	1,0736
-	0,09	0,000	0,05	0,002	0,1385
-	0,91	0,002	0,05	0,006	0,9661

Tabela 05 - Volumes ofertados, com garantia de 90%, com a inclusão da nova infra-estrutura hídrica de açudes.

Município	Vazão regularizada com 90% de garantia, Q90 em hm <sup>3</sup> /ano.																				
	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019	2020	2022	2023	2024	2025
Acopiara	0,32	0,65	2,39	0,42	0,63	0,05	1,46	0,03	0,76	0,49	0,83	0,11	0,82	0,42	0,11	2,00	0,76	0,54	1,89	0,31	0,78
Aiuaba	1,72	4,76	15,31	2,69	0,66	0,07	3,62	0,09	13,68	4,43	1,09	2,06	11,78	6,52	0,64	27,02	2,83	1,37	6,72	5,66	9,31
Altaneira	0,04	0,13	0,24	0,49	0,23	0,02	0,17	0	0,01	0,06	0,26	0,05	0,92	0,22	0	0,71	0,3	0,18	0,07	0,13	0,15
Ant. Norte	1,4	1	6,81	2,14	0,97	0,05	1,64	0,11	8,35	2,43	1,03	3,32	4,91	5,1	1,02	11,12	1,18	0,44	4,88	6,98	6,99
Araripe	1,25	0,77	3,78	0,9	1,34	0,03	1,02	0,03	2,53	0,35	0,16	1,6	2,58	1,24	0,17	11,48	0,82	0,71	1,04	0,51	2,02
Arneiroz	2,39	74,3	122,1	50,13	9,94	4,48	62,03	1,41	78,14	68,79	15,49	4	60,64	40,59	4,64	35,72	83,8	32,7	72,28	0,73	39,21
Assaré	2,64	4,59	21,75	19,2	6,56	0,5	7,82	0,17	8,28	4,36	7,52	5,51	43,4	17,2	0,9	52,82	13,18	3,22	7,15	11,3	16,74
C. Sales	5,84	3,52	27	7,51	3,46	0,19	5,57	0,48	37,02	9,49	3	14,19	13,27	19,42	4,23	41,97	2,75	1,33	19,07	28,43	27,85
Cariús	2,34	16,53	33,7	12,82	4,55	1,12	15,73	0,48	21,48	15,11	6,66	2,59	26,22	11,93	1,68	27,65	19,78	8,2	16,8	4,68	13,64
Catarina	0,43	0,45	1,59	0,17	0,33	0,11	0,75	0,09	1,26	0,65	0,98	0,1	0,29	0,18	0,4	0,86	0,58	0,18	0,6	0,18	0,24
Farias Brito	15,91	15,97	18,56	13,34	16,04	4,87	15,1	3,24	8,45	2,26	9,8	12,7	34,87	7,91	2,16	65,43	14,29	10,96	5,46	4,96	13,34
Icó	20,9	60,98	137,79	51,71	49,7	52,77	122,64	48,79	135,81	100,28	83,52	64,88	123,77	81,04	61,54	148,02	112,81	83,42	108,33	77,46	98,55
Iguatu	23,52	126,45	285,58	105,58	54,7	34,82	161,06	29,53	196,56	144,24	82,62	45,53	218,73	114,15	40,27	250,09	175,87	93,76	170,64	63,24	134,94
Jucás	1,77	14,92	29,66	11,24	3,23	0,95	13,66	0,38	20,21	14,26	5	2,06	20,22	10,85	1,56	21,69	17,38	6,95	16,11	3,94	11,84
Nova Olinda	0,36	0,32	0,3	0,16	0,29	0,1	0,26	0,08	0,19	0,03	0,11	0,28	0,39	0,11	0,05	1,19	0,18	0,18	0,09	0,06	0,24
Orós	4,02	18,55	44,57	18,4	12,78	13,17	32,17	12,23	38,34	29,48	20,52	15,59	40,62	25,02	14,92	44,72	33,54	22,59	32,72	18,88	28,28
Parambu	2,42	0,33	26,53	4,31	0,76	0,02	2,29	0,09	37,4	9,28	1,06	9,1	13,36	20,47	1,8	26,37	0,7	0,25	21,03	27,3	26
Potengi	0,8	0,67	4,4	1,87	0,87	0,05	1,18	0,07	3,38	1,15	0,67	1,56	4,61	3,24	0,34	9,71	1,14	0,49	2,2	2,63	3,51
Quixelô	29,72	29,17	116,27	15,01	25,51	11,44	69,31	6,28	87,21	43,55	25,95	9,43	10,98	21,49	17,33	92,47	26,61	31,96	133,26	18,67	37,66
Saboeiro	1,73	14,82	28,77	10,6	2,82	0,93	13,04	0,38	20,21	14,11	4,56	2,03	18,14	10,57	1,56	20,18	16,58	6,42	15,99	3,72	11,29
Salitre	0,25	0,26	0,3	0,06	0,16	0,02	0,13	0,03	0,26	0,02	0,02	0,27	0,09	0,02	0,04	1,71	0,09	0,09	0,06	0,01	0,39
Sant. Cariri	0,72	0,6	0,46	0,13	0,47	0,21	0,43	0,16	0,39	0,05	0,09	0,55	0,37	0,13	0,09	2,08	0,2	0,28	0,15	0,06	0,43
Tarrafas	2,63	5,85	23,37	25,39	13,62	0,82	12,33	0,21	6,52	4,39	12,21	4,6	62,61	17,84	0,8	59,28	21,23	9,26	8,55	12,15	19,41
Tauá	1,2	37,21	60,67	26,05	5,41	2,4	31,33	0,75	39	34,52	8,06	2,13	31,49	21,03	2,48	17,8	43,48	17,17	36,6	0,35	20,66

### 5.8 Melhoria do acesso à água

O nível de acesso à água das populações é melhorado mediante a execução das obras de ampliação da oferta, mas essas não são suficientes, em virtude do enorme contingente atendido, para eliminar o sistema de distribuição de água por unidades móveis. Acreditando-se ser essa uma atividade rotineira nos municípios da região, é importante: a) buscar a redução do número de localidades atendidas, b) reduzir a extensão média percorrida do consumidor à fonte, e c) otimizar o sistema, onde se mostram como única alternativa.

Ações para melhoria do nível de acesso e de consumo de água devem ser implementadas mediante a hierarquização das comunidades, levado-se em conta os seguintes critérios:

- ser ou não sede distrital;
- tamanho da população residente; e
- distância da comunidade à fonte hídrica de abastecimento emergencial.

A cada um dos critérios relacionados são atribuídos os pesos P1, P2 e P3, de acordo com a Tabela 06 apresentada a seguir. As comunidades que somam as maiores médias aritméticas dos pesos serão prioritariamente beneficiadas com a ampliação da oferta.

Tabela 06 – Atribuição dos pesos em função das características das comunidades.

<b>Caso</b>					
<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>	
<b>Sede distrital</b>	<b>P1</b>	<b>População residente (hab)</b>	<b>P2</b>	<b>Distância à fonte (km)</b>	<b>P3</b>
Não	0,5	< 200	1	< 5 km	0,5
		200   300	2	5   10	1
		300   400	3	10   15	1,5
Sim	1	400   500	4	15   20	2
		500   600	5	20   25	2,5
		600   1000	6	25   30	3
		> 1000	7	> 30	3,5

Em 2005 a então Secretaria de Desenvolvimento Agrário elaborou o Programa Poços Rasos na Aluvião, que não chegou a ser implementado na sua totalidade. Previa a instalação de

poços profundos na aluvião dos rios e riachos, priorizando as comunidades abastecidas por unidades móveis, visando a redução dessa atividade.

Outra alternativa para otimizar as rotas seria a construção de reservatórios ao longo de adutoras existentes ou a previsão de execução em sistemas projetados, os quais seriam pontos de suprimento das unidades móveis.

Verificou-se ao se analisar os dados que em algumas situações extremas, como em Antonina do Norte, em 2001, e Campos Sales, no ano 2002, a fonte hídrica para o abastecimento móvel se constitui em reservatórios da CAGECE situados na zona urbana municipal.

Com relação ao município de Tauá, sobrepondo-se o mapa com as comunidades atendidas pelos roteiros de distribuição das unidades móveis, sobre as manchas aluvionares e os poços cadastrados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM se elaboram as Figuras 13 a 17, onde é possível sugerir pontos estratégicos para a construção sistemas de abastecimento, cuja fonte hídrica é a água subterrânea, eliminando-se ou reduzindo-se alguns roteiros. Tanto os poços cadastrados como as localidades atendidas pelo sistema de abastecimento móvel estão referenciadas geograficamente.

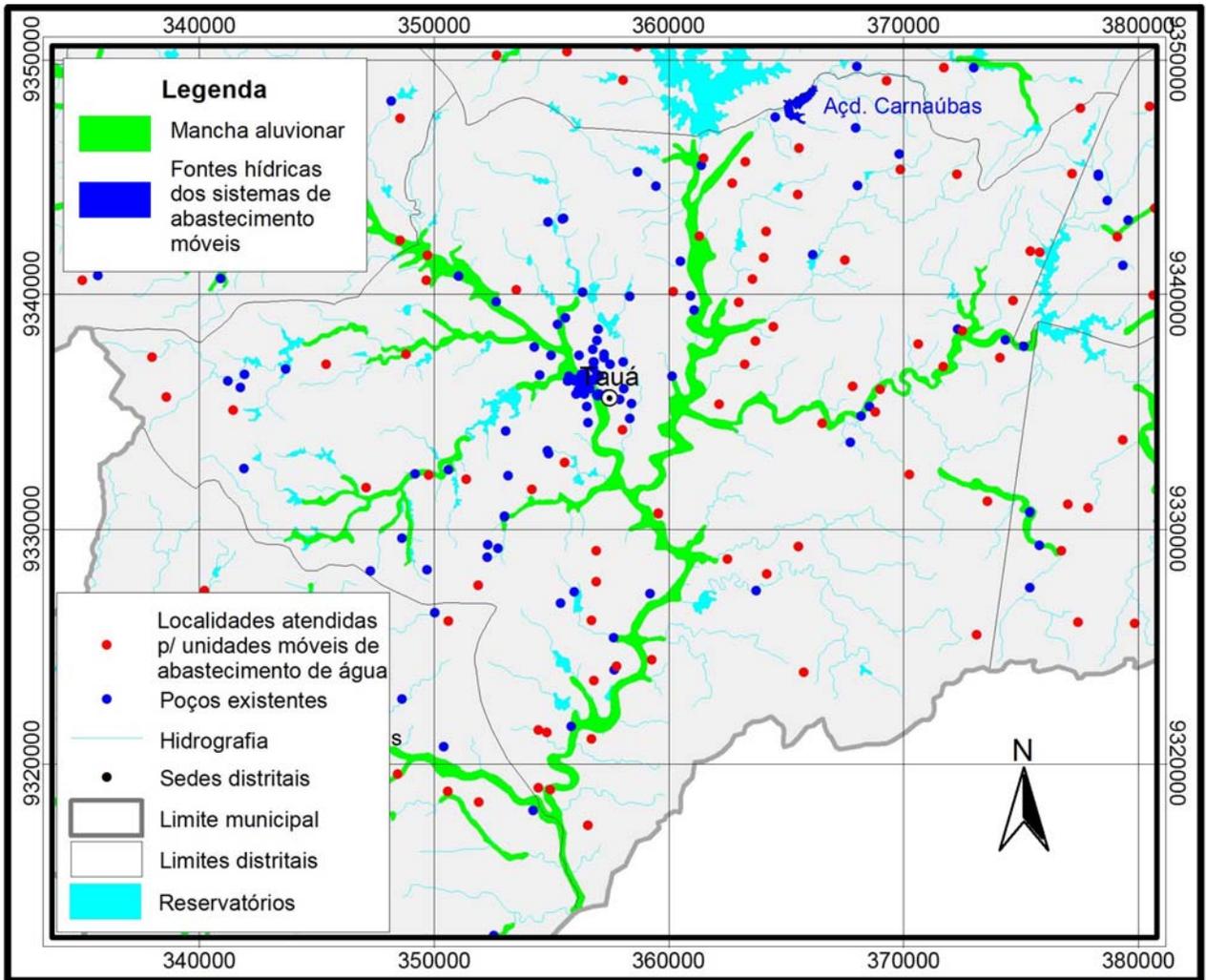


Figura 13 – Distrito-Sede: aluviões, poços cadastrados e comunidades abastecidas por unidades móveis. Fonte: CPRM (2007); FUNCEME (2007); Defesa Civil de Tauá, 2008.

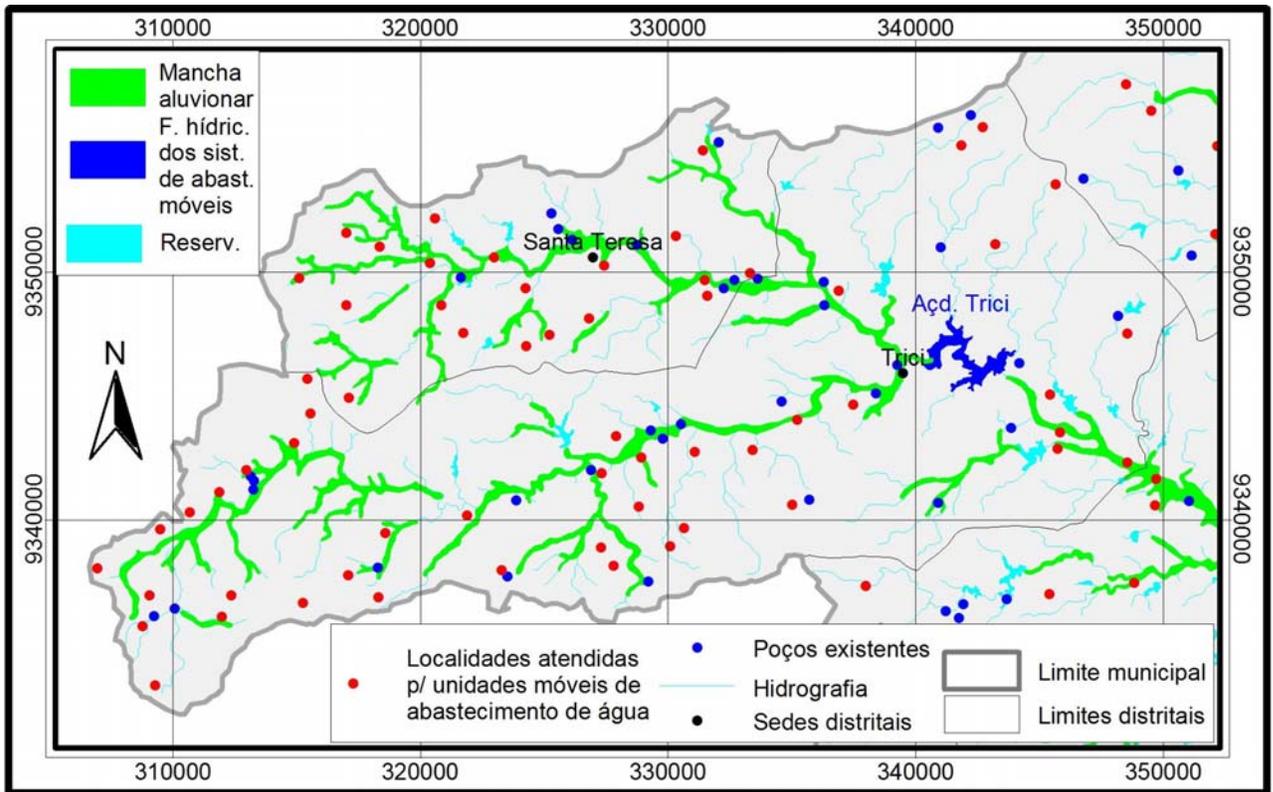


Figura 14 – Distritos Trici e Santa Teresa: aluviões, poços cadastrados e comunidades abastecidas por unidades móveis.

Fonte: CPRM (2007); FUNCEME (2008).

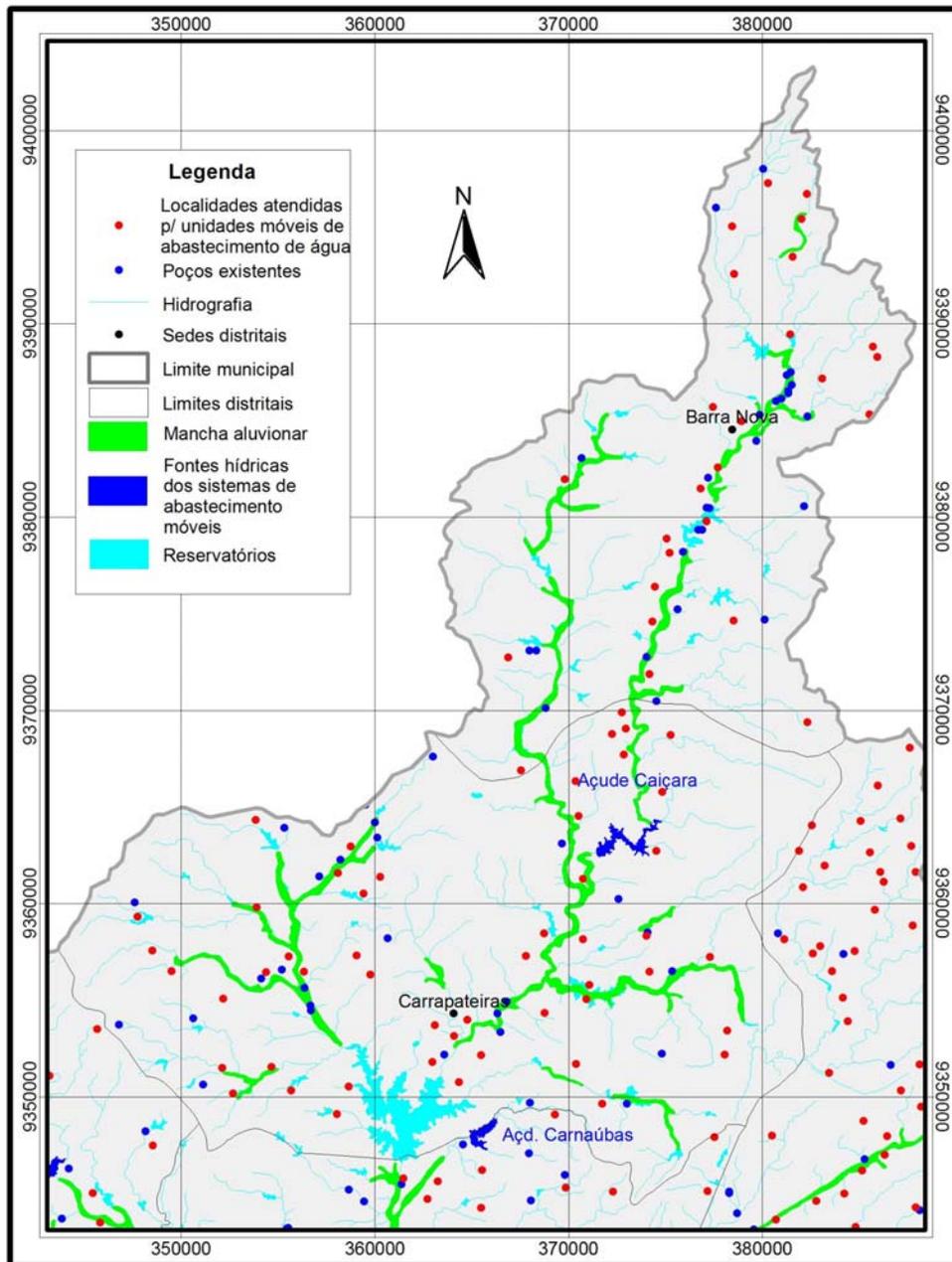


Figura 15 – Distritos Barra Nova e Carrapateiras: aluviões, poços cadastrados e comunidades abastecidas por unidades móveis.

Fonte: CPRM (2007); FUNCEME (2008).

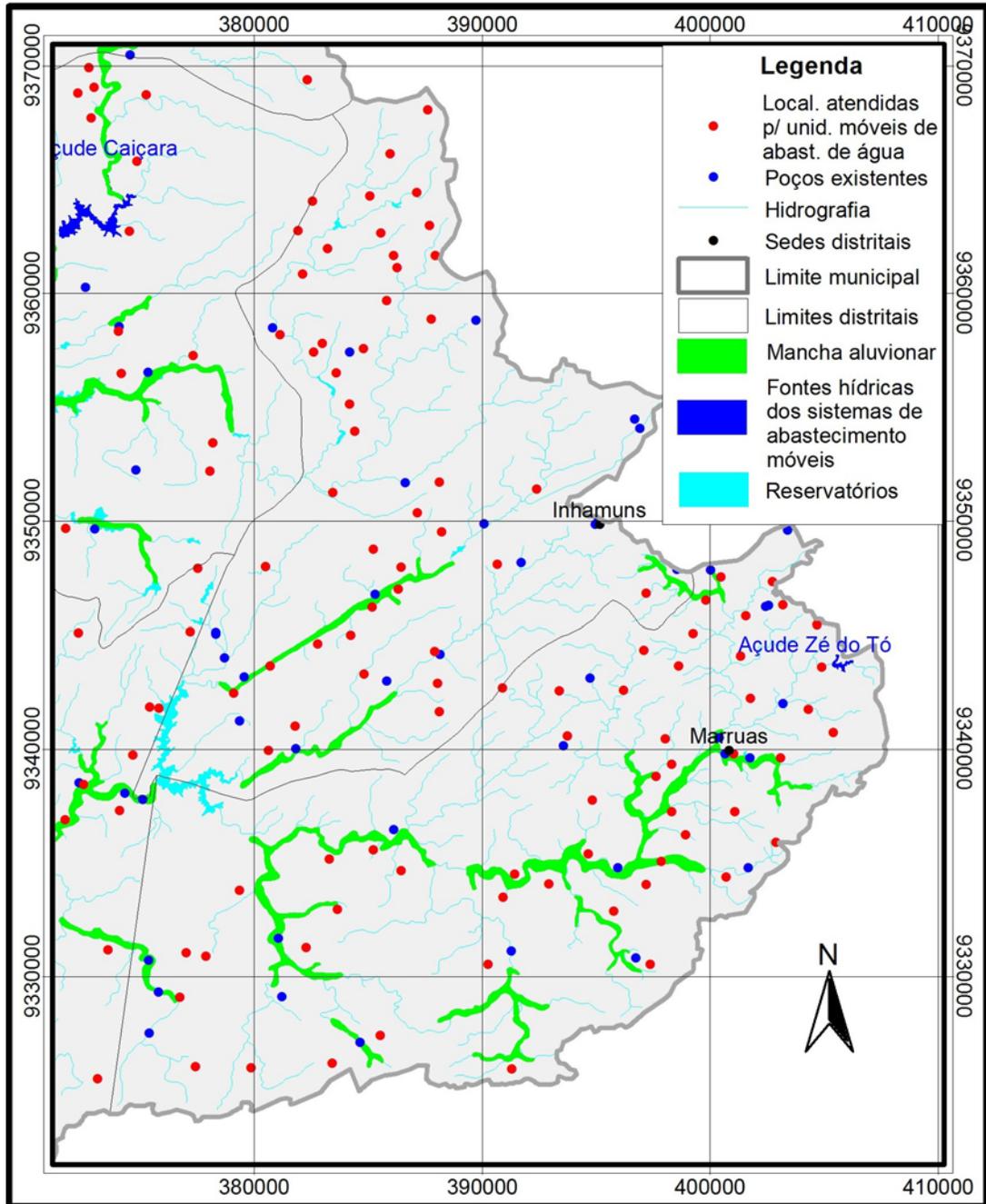


Figura 16 – Distritos Inhamuns e Marruás Sede: aluviões, poços cadastrados e comunidades abastecidas por unidades móveis.

Fonte: CPRM (2007); FUNCEME (2008).

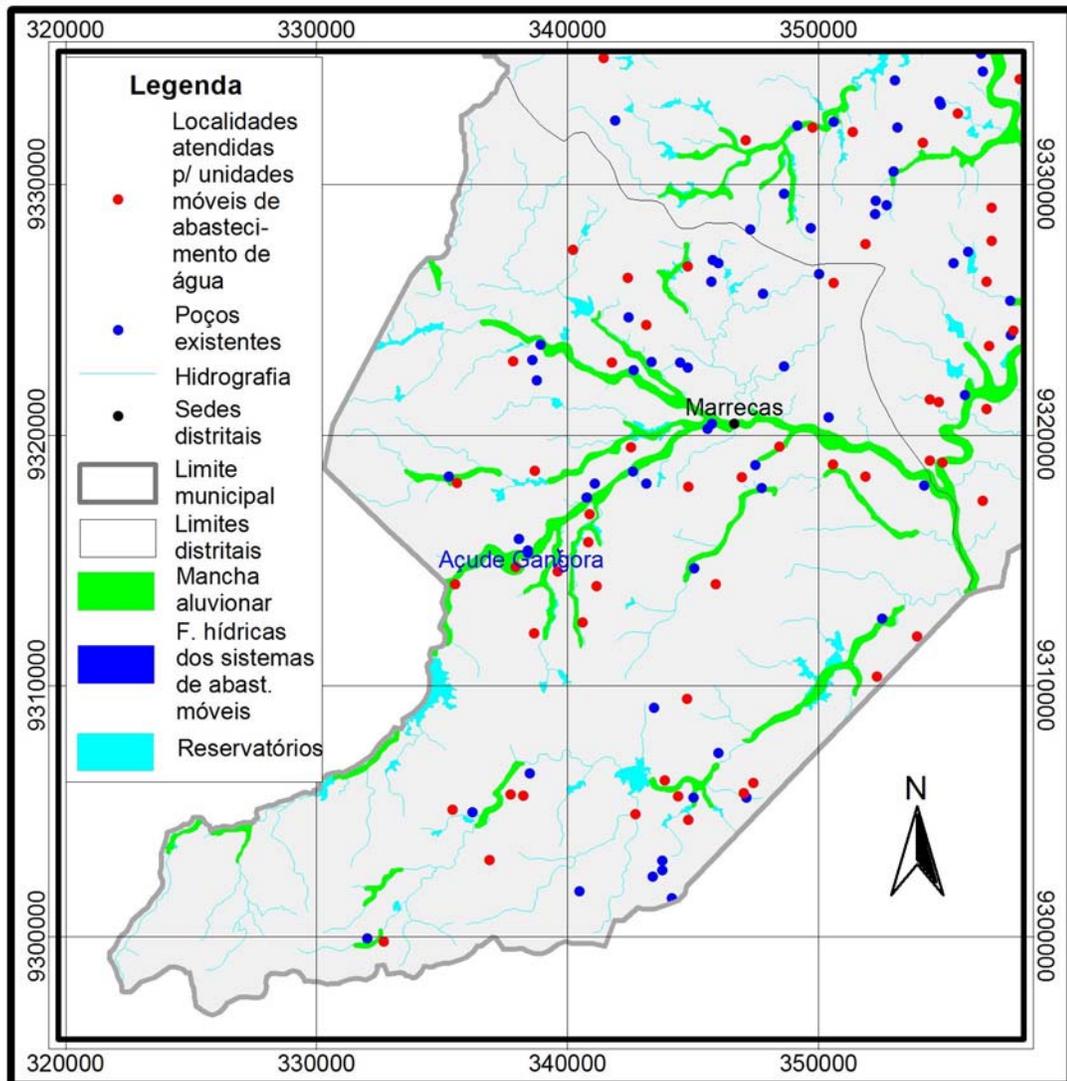


Figura 17 – Distrito Marrecas: aluviões, poços cadastrados e comunidades abastecidas por unidades móveis.

Fonte: CPRM (2007); FUNCEME (2008).

### 5.9. Aplicação do modelo em anos de seca

Um ano crítico de seca, dentre os simulados para o período de 2001 a 2025 pelo modelo ECHAM4 (ROECKNER *et al.*, 1996) é selecionado. Os critérios para escolha são o índice de estresse hídrico (ARAÚJO *et. al.*, 2004) e os índices climatológicos já apresentados.

São ainda utilizados os dois cenários de desenvolvimento regional elaborados pelo programa WAVES, RA e RB (DÖLL *et. al.*, 2002), que avaliam as demandas.

Para efeito de calibração, os parâmetros de seleção são aplicados em dados climatológicos observados, onde são também identificados anos historicamente classificados como de secas. Nesse cenário histórico, é verificado o comportamento da produção agrícola de

milho e feijão, culturas representativas da agricultura no estado, que estão diretamente ligadas ao caráter temporal e sazonal das precipitações, conforme se pode avaliar na Figura 18.

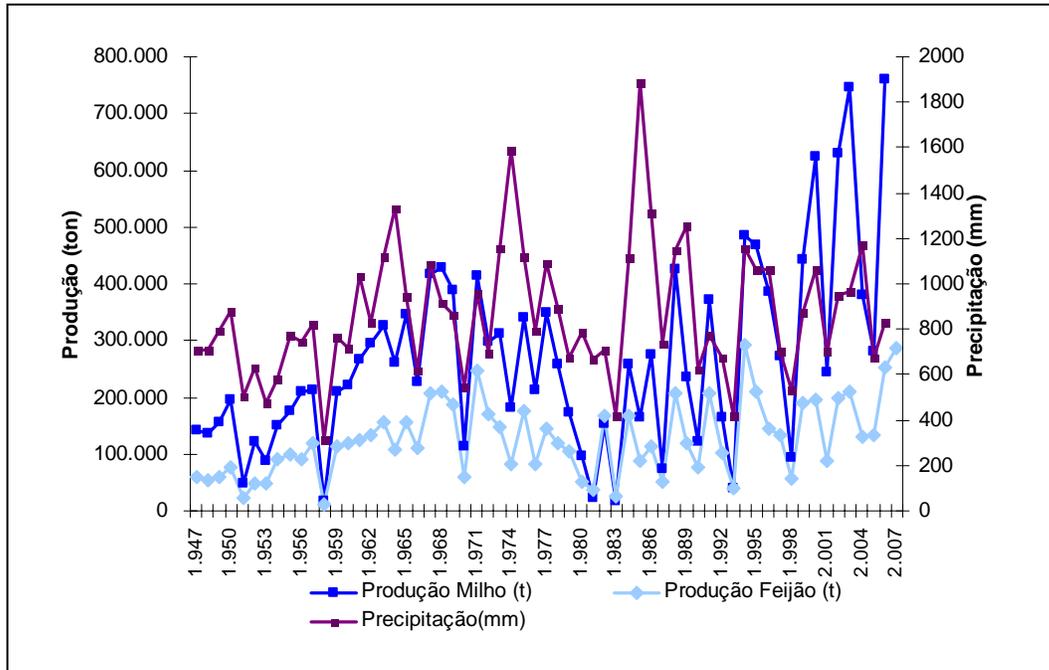


Figura 18 - Relação entre precipitação e produção de milho e feijão, no estado do Ceará.

No ano selecionado, são aplicadas ações da política atual de convivência com as secas e o modelo proposto. Seus efeitos são analisados mediante a determinação de indicadores.

### 5.10. Avaliação de desempenho do modelo proposto

O desempenho da metodologia proposta é avaliado mediante a determinação do indicador de qualidade de gestão de secas, calculado conforme a equação:

$$IGS = \frac{(IS + (1 - iAC) + iC + (1 - ig90) + (1 - CE) + IQIM}{6} \quad (37)$$

em que IGS = indicador de qualidade de gestão de secas; IS = índice de sustentabilidade;  $iAC$  = índice de acesso à água;  $iC$  = índice de consumo;  $ig90$  = índice de estresse hídrico; CE = custo com o abastecimento emergencial e IQIM = indicador de qualidade institucional dos municípios.

A síntese do indicador de qualidade da gestão de secas é feita mediante o recurso da padronização em índices, de acordo com a equação (24).

O índice de sustentabilidade – IS (ASCE, 1998) é determinado de acordo com a equação (26), para o período de 25 anos simulado, relacionando os indicadores, vulnerabilidade, resiliência e confiabilidade.

O índice de acesso à água -  $iAC$  e o índice de consumo –  $iC$  se aplicam às populações atendidas pelos sistemas de distribuição móvel de água. Referem-se, respectivamente a relação entre a população atendida e a distância percorrida, e à taxa de consumo *per capita* diária dessa população. Esses índices são determinados pelas equações (38) e (39):

$$iAC = \frac{PopAt1/D1 + \dots + PopAtn/Dn}{n} \quad (38)$$

$$iC = \frac{Vol}{PopAt} \quad (39)$$

em que:  $PopAt$  = população atendida (hab);  $D$  = distância percorrida da fonte hídrica à comunidade;  $n$  = número de comunidades;  $Vol$  = volume fornecido diariamente.

O  $ig90$  (ARAÚJO et. al.,2004) relaciona oferta e demanda conforme a equação (6).

O custo com o abastecimento emergencial – CE corresponde aos valores despendidos com o sistema da distribuição móvel de água.

O indicador de qualidade institucional dos municípios – IQIM refere-se ao indicador da dimensão institucional concebido pelo Atlas de Sustentabilidade do Banco do Nordeste de Brasil (BNB, 2005), que é determinado pela seguinte equação:

$$IQIM = \left( \frac{GP + CAF + CAG}{100} \right) \quad (40)$$

em que: IQIM = indicador de qualidade institucional dos municípios, GP = indicador do grau de participação; CAF = indicador da capacidade financeira; CAG = indicador da capacidade gerencial.

O IQIM classifica os municípios nas categorias de qualidade institucional: muito baixa, baixa, média e alta.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 A seleção dos anos mais secos

Os anos críticos de seca nos cenários climáticos histórico e futuro são selecionados mediante os resultados obtidos pela determinação dos índices climatológicos e do índice de estresse hídrico (ARAÚJO *et al.*, 2004).

Os índices climatológicos permitem avaliar ainda, a intensidade e duração das secas. Sua utilização demanda o conhecimento de variáveis hidroclimatológicas muitas vezes indisponíveis. No cenário futuro dispõem-se de precipitação, evapotranspiração potencial e escoamento superficial. Na região da bacia hidrográfica do alto Jaguaribe, os dados disponíveis de escoamento superficial se restringem às estações climatológicas já apresentadas em Arneiroz, Cariús e Iguatu, portanto consideradas como representativas da região.

Foram determinados: Rainfall Anomaly Index – RAI (ROOY, 1965), Bhalme & Mooley Drought Index – BMDI, (BHALME et MOOLEY 1979,1980), Herbst Severity Index – HSI, Herbst et. al (1966), Lamb Rainfall Departure Index – LRDI, o índice de GIBBS & MAHER (1967) e Índice de Aridez (Thornwaite, 1948).

Os índices de aridez para a série histórica de 1976 a 2000 compreendem os valores determinados pela Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME. Para a série de 2001 a 2025, calcula-se, tomando-se como base o cenário de previsão climática do modelo ECHAM4 (Roeckner et al., 1996), do qual foram obtidos as séries de precipitação, evapotranspiração potencial e escoamento superficial, os quais foram também utilizados para a determinação dos demais índices.

O índice de estresse hídrico (ARAÚJO *et al.*, 2004), que corresponde ao balanço entre demanda e oferta, por município, é obtido de Abreu, 2001. Nos cenários históricos, a oferta é estimada usando-se o escoamento superficial ajustado por Guentner *et al.*, (1999) e as demanda obtidas da pesquisa de Döll et Hauschild (2002).

De acordo com o índice de aridez no período de 1980 a 2001, o ano crítico é o de 1983 (56% dos municípios áridos e 44%, semi-áridos), seguido pelos anos de 1993 (38% dos municípios áridos e 62%, semi-áridos) e 1998 (31% dos municípios áridos e 56%, semi-áridos). Esses valores se apresentam no gráfico da Figura 19. Para o cenário futuro, os menores valores médios, calculados com base nos dados previstos para as estações de Arneiroz, Iguatu e Cariús,

referem-se aos anos 2007, 2009 e 2017, conforme se pode avaliar na Tabela 07. Pode ser verificado ainda que as condições de umidade da estação climatológica de Arneiroz são inferiores às de Iguatu, embora ambas em média, estejam classificadas na faixa de semi-aridez.

A Tabela 08 e a Figura 20 apresentam os resultados obtidos na determinação do Rainfall Anomaly Index – RAI (ROOY, 1965), especificamente o cálculo das anomalias negativas, no período histórico e no cenário futuro, para a quadra invernososa de janeiro a abril. Os resultados apontam como anos de maior anomalia 1993, 1983 e 1979, na série histórica, onde se verificam falhas nas precipitações observadas no posto de Cariús. Com relação ao cenário futuro destacam-se os anos 2017, 2009 e 2007.

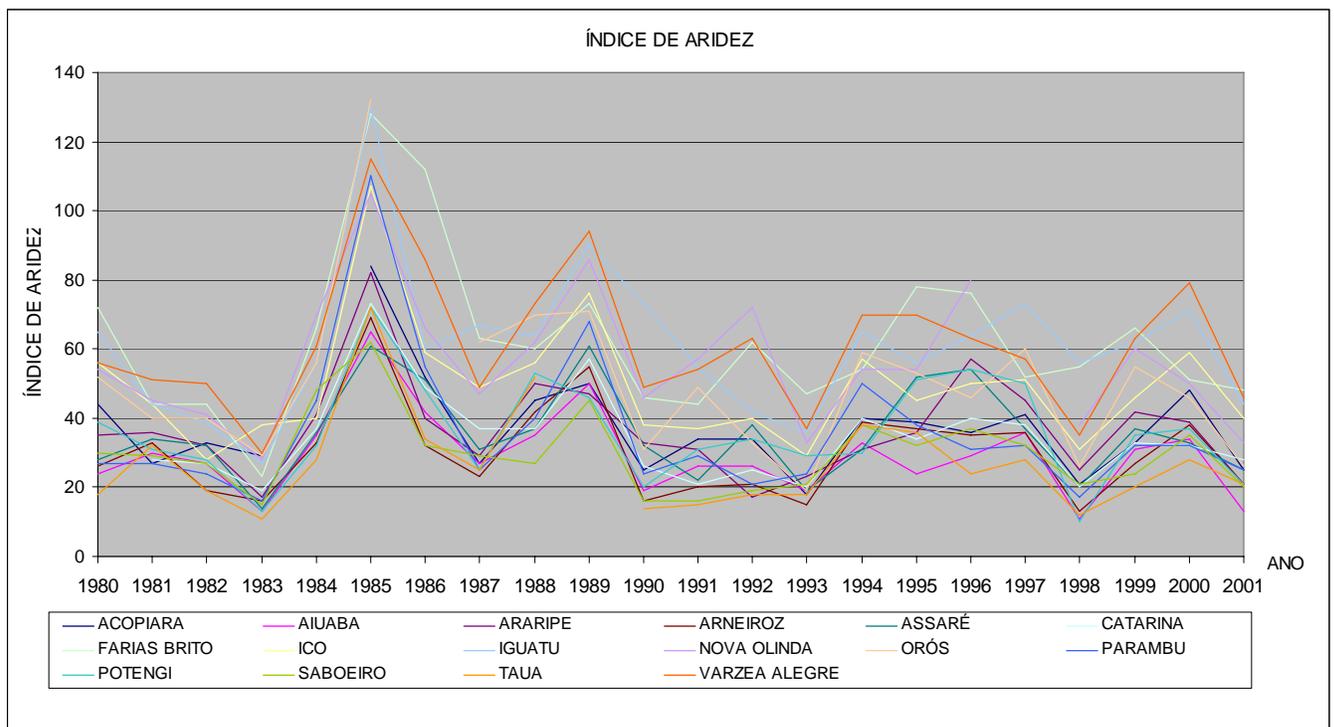


Figura 19– Índice de aridez nos municípios do alto Jaguaribe – cenário histórico.  
Fonte: [www.funceme.br](http://www.funceme.br) (acesso em 20/09/2007).

As piores situações com relação à umidade regional, segundo o índice de Bhalme & Mooley – BMDI, foram determinadas nos postos de Arneiroz, Cariús e Iguatu, nos dois cenários. Apresentam-se na Tabela 09 estes resultados. O valor médio do BMDI, relativo aos três postos, indica os menores valores nos anos 1993 (-396.0) e 1983 (-321,0), na série histórica, e no cenário climático futuro, 2017 (-421.7) e 2007 (-404.7).

A utilização do Herbst severity index – HSI possibilita a verificação de períodos de seca e ainda a identificação de suas durações e intensidades, em termos de deficit de precipitação. A Tabela 10 classifica os anos de maior deficit hídrico, maior duração e conseqüentemente maior severidade das secas, que são: 1983 e 1998, no cenário histórico e 2024 e 2017, no cenário futuro. As Figuras 21 e 22 apresentam os anos cuja severidade da seca superaram em uma vez e meia a severidade média das secas.

O índice de estresse hídrico para os municípios da região é determinado pela equação:

$$ig_{90} = \frac{X_1 \cdot Q_w + (1 - X_1) \cdot Q_c}{(1 - X_2) \cdot (Q_{90} + Q_{sub})} \quad (6)$$

Este índice aponta para ambos os cenários de desenvolvimento regional RSA e RSB, os anos 2007 e 2009, como em média, os mais críticos. Esses valores apresentam-se no Quadro 18.

Tabela 07 -Classificação climatológica segundo o índice de aridez nos municípios do alto Jaguaribe – cenário futuro.

Ano	Posto Pluviométrico			Classificação		
	Arneiroz	Carius	Iguatu	Arneiroz	Carius	Iguatu
2.001	22,63	45,60	39,51	semi-árido	semi-árido	semi-árido
2.002	51,41	43,00	54,11	subúmido seco	semi-árido	subúmido seco
2.003	56,03	42,87	59,03	subúmido seco	semi-árido	subúmido seco
2.004	30,08	25,57	34,67	semi-árido	semi-árido	semi-árido
2.005	22,79	42,19	38,58	semi-árido	semi-árido	semi-árido
2.006	28,31	41,56	47,57	semi-árido	semi-árido	semi-árido
2.007	9,61	26,49	23,52	árido	semi-árido	semi-árido
2.008	50,77	46,37	55,39	subúmido seco	semi-árido	subúmido seco
2.009	19,66	26,00	23,82	árido	semi-árido	semi-árido
2.010	45,68	41,79	47,26	semi-árido	semi-árido	semi-árido
2.011	63,46	90,93	90,38	subúmido seco	subúmido úmido	subúmido úmido
2.012	34,19	19,70	32,44	semi-árido	árido	semi-árido
2.013	31,46	26,81	42,83	semi-árido	semi-árido	semi-árido
2.014	15,71	30,12	24,98	árido	semi-árido	semi-árido
2.015	47,68	44,53	59,10	semi-árido	semi-árido	subúmido seco
2.016	34,47	30,79	33,39	semi-árido	semi-árido	semi-árido
2.017	16,61	30,25	23,31	árido	semi-árido	semi-árido
2.018	41,04	40,80	51,04	semi-árido	semi-árido	subúmido seco
2.019	24,25	52,29	44,86	semi-árido	subúmido seco	semi-árido
2.020	47,55	38,47	44,09	semi-árido	semi-árido	semi-árido
2.021	44,28	57,88	71,20	semi-árido	subúmido seco	subúmido úmido
2.022	29,67	33,27	35,80	semi-árido	semi-árido	semi-árido
2.023	41,47	34,77	38,22	semi-árido	semi-árido	semi-árido
2.024	17,26	23,41	35,03	árido	semi-árido	semi-árido
2.025	43,63	55,26	52,00	semi-árido	subúmido seco	subúmido seco

Tabela 08– Anomalias negativas determinadas pelo Rainfall Anomaly Index – RAI, cenário histórico e futuro.

Ano	Posto			Ano	Posto		
	Arneiroz	Cariús	Jucás		Arneiroz	Cariús	Jucás
	Cenário Histórico				Cenário Futuro		
1979	7,1	14,1	10,4	2001	7,6	-1,3	7,4
1980	-4,7	-10,9	-8,4	2002	-23,8	-2,8	-2,2
1981	-4,1	-	4,1	2003	-32,2	-3,6	-2,8
1982	5	-	4	2004	-10,8	7,8	3,2
1983	9,9	11,5	10,8	2005	5,8	8,5	6,8
1984	-2,5	4,7	4,1	2006	-2,3	4,6	1,2
1985	-26,5	-	-21,9	2007	11,5	18,2	13,5
1986	-0,3	-	4,2	2008	-9,6	9,3	3
1987	3,8	-5,4	-4,6	2009	7,6	21,6	13,8
1988	-3,7	-2,3	-1	2010	-17,3	-1,4	0,7
1989	-7,4	1	-2	2011	-26,2	-28,5	-15,1
1990	10,8	-5,9	-5,8	2012	-7,1	13,3	6,8
1991	4,4	2,7	-0,3	2013	-2,7	16,9	3,3
1992	1,4	-2,7	2,5	2014	11,1	8,3	12,3
1993	14,1	12,9	15,3	2015	-17,5	2,3	-3,5
1994	-1,1	-5,3	2,1	2016	-5,1	15,3	10
1995	-2,4	-6,1	0	2017	11,2	20,6	14,2
1996	-6,5	-4,2	3,9	2018	-5,3	1,6	2,9
1997	-6,5	-5,9	-2,1	2019	2,1	-26,8	1,6
1998	10	7,1	-0,6	2020	-11,2	3,6	4,1
1999	7	5,1	7,4	2021	-11,8	-9	-8,3
2000	-7,9	-2,5	-3,4	2022	1,6	9,4	7,2
-	-	-	-	2023	-4,1	8	6,6
-	-	-	-	2024	9,7	15,5	6,9
-	-	-	-	2025	-10,3	3,8	3,3

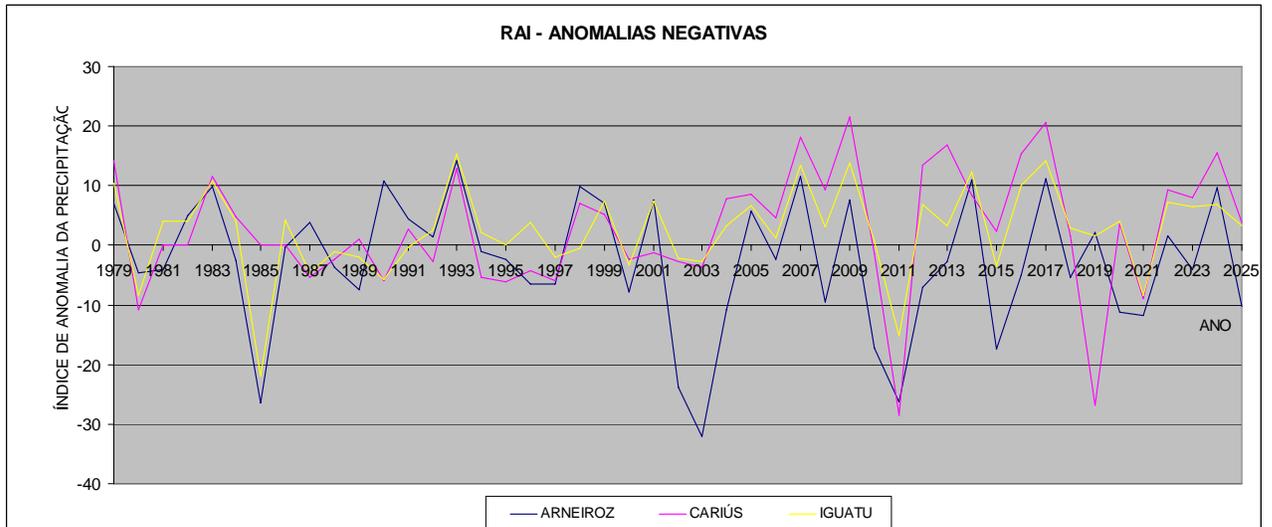


Figura 20 - Anomalias negativas para os postos de Arneiroz, Cariús e Iguatu, no período de 1979 a 2025.

Tabela 09 – Anos mais secos nos cenários: histórico e futuro, em função do índice de umidade mensal acumulado (Bhalme & Mooley Drought Index – BMDI).

Ano	BMDI Posto Arneiroz	Ano	BMDI Posto Cariús	Ano	BMDI Posto Iguatu
Cenário histórico					
1993	-376	1983	-346	1993	-496
1990	-290	1979	-344	1983	-352
1983	-265	1993	-316	1979	-337
1998	-256	1998	-281	1984	-281
1979	-251	1999	-238	1976	-265
1999	-185	1984	-234	1980	-238
Cenário futuro					
2017	-321	2009	-538	2017	-457
2007	-304	2017	-487	2009	-451
2014	-300	2007	-473	2007	-437
2024	-259	2013	-428	2014	-398
2019	-243	2024	-406	2016	-331
2005	-230	2016	-382	2012	-281

Tabela 10– Intensidade, duração e severidade das secas segundo o Herbst severity index – HSI.

Estação Climatológica	Índice de intensidade da seca		Duração da seca		Índice de severidade da seca	
	IIS	Ano	No. Meses	Ano	ISS	Ano
	Cenário histórico					
Arneiroz	1,79	1990	9	1998	13,9	1998
Cariús	2,28	1983	11	1983	25,10	1983
Iguatu	2,57	1993	11	1983	28,28	1983
	Cenário futuro					
Arneiroz	3,4	2007	13	2024	39,5	2024
Cariús	2,6	2009	10	2012/2024	23,5	2024
Iguatu	2,9	2009	10	2012/2017	28,62	2017

Quadro 18 – Valores críticos do ig90, por cenários de desenvolvimento, nos anos 2007 e 2009.

Município	RSA		RSB	
	2007	2009	2007	2009
Acopiara	10,40	11,13	12,43	13,80
Aiuaba	5,06	4,58	6,73	6,40
Altaneira	7,88	14,14	10,69	19,55
Alto Santo	86,00	44,66	110,73	58,81
Ant. do Norte	5,65	5,99	6,81	7,35
Araripe	0,75	1,56	1,07	2,30
Arneiroz	3,76	7,67	4,19	8,72
Assaré	2,77	1,52	3,67	2,11
Campos Sales	1,01	2,32	1,22	2,88
Cariús	5,46	6,26	7,65	9,29
Catarina	3,20	nic4,77	3,78	5,77
Farias Brito	0,63	0,71	0,65	0,74
Icó	0,52	0,73	0,28	0,36
Iguatu	1,24	2,73	1,53	3,54
Jucás	5,52	7,35	6,63	9,05
Nova Olinda	0,58	0,65	0,61	0,69
Orós	6,08	5,73	7,70	7,56
Parambu	4,78	4,52	6,06	5,85
Potengi	0,20	0,30	0,22	0,33
Saboeiro	1,01	2,33	1,31	3,20
Salitre	6,54	6,23	9,79	9,84
Sant. do Cariri	4,63	5,07	5,11	5,68
Tarrafas	20,73	90,82	28,85	129,41
Tauá	1,14	2,29	1,34	2,78
Valor Médio	7,73	9,75	9,96	13,17

Fonte: Araújo et. al (2004).

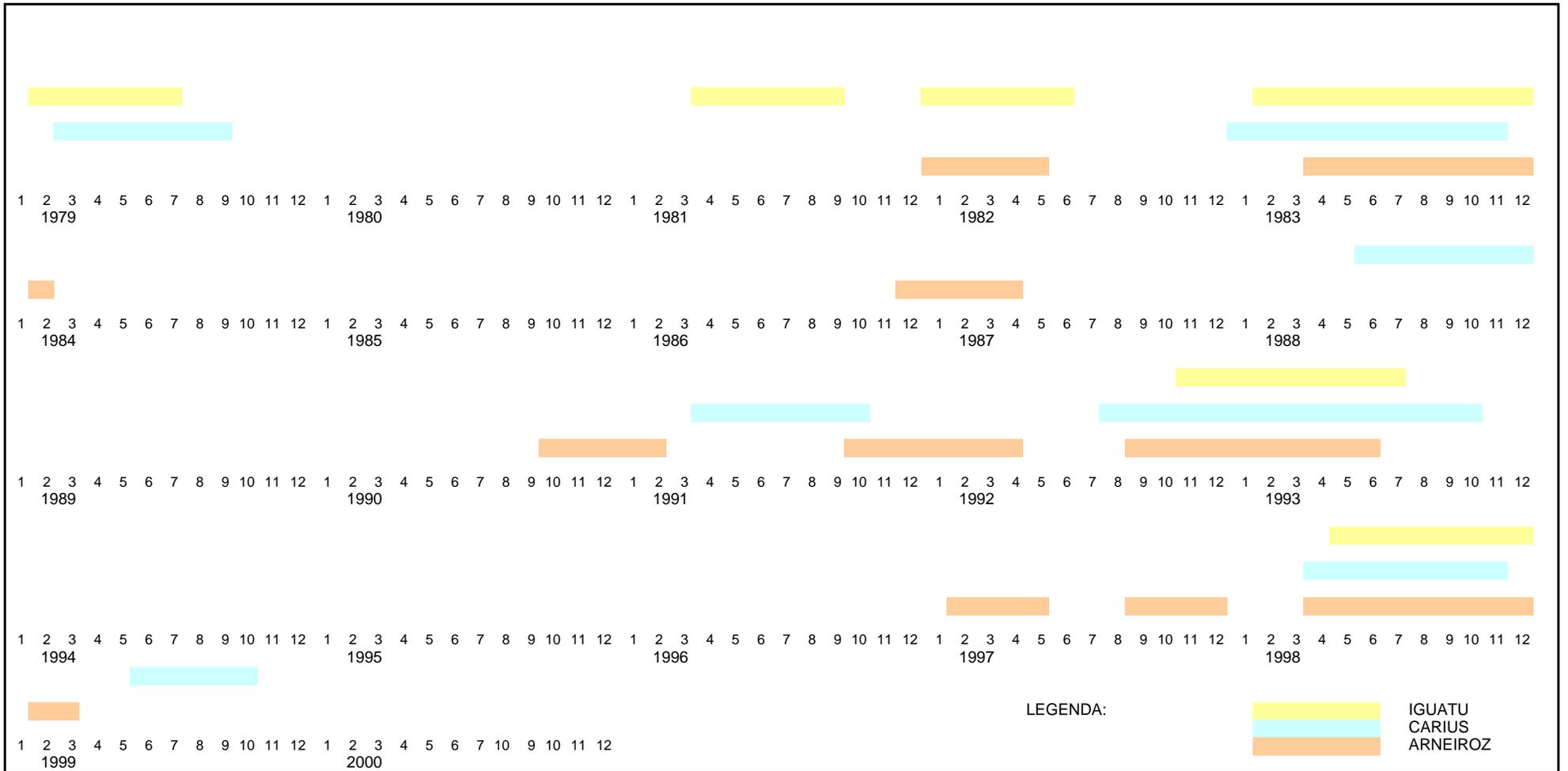


Figura 21 – Secas com índice de severidade maior que 1,5 x severidade média (Cenário histórico)

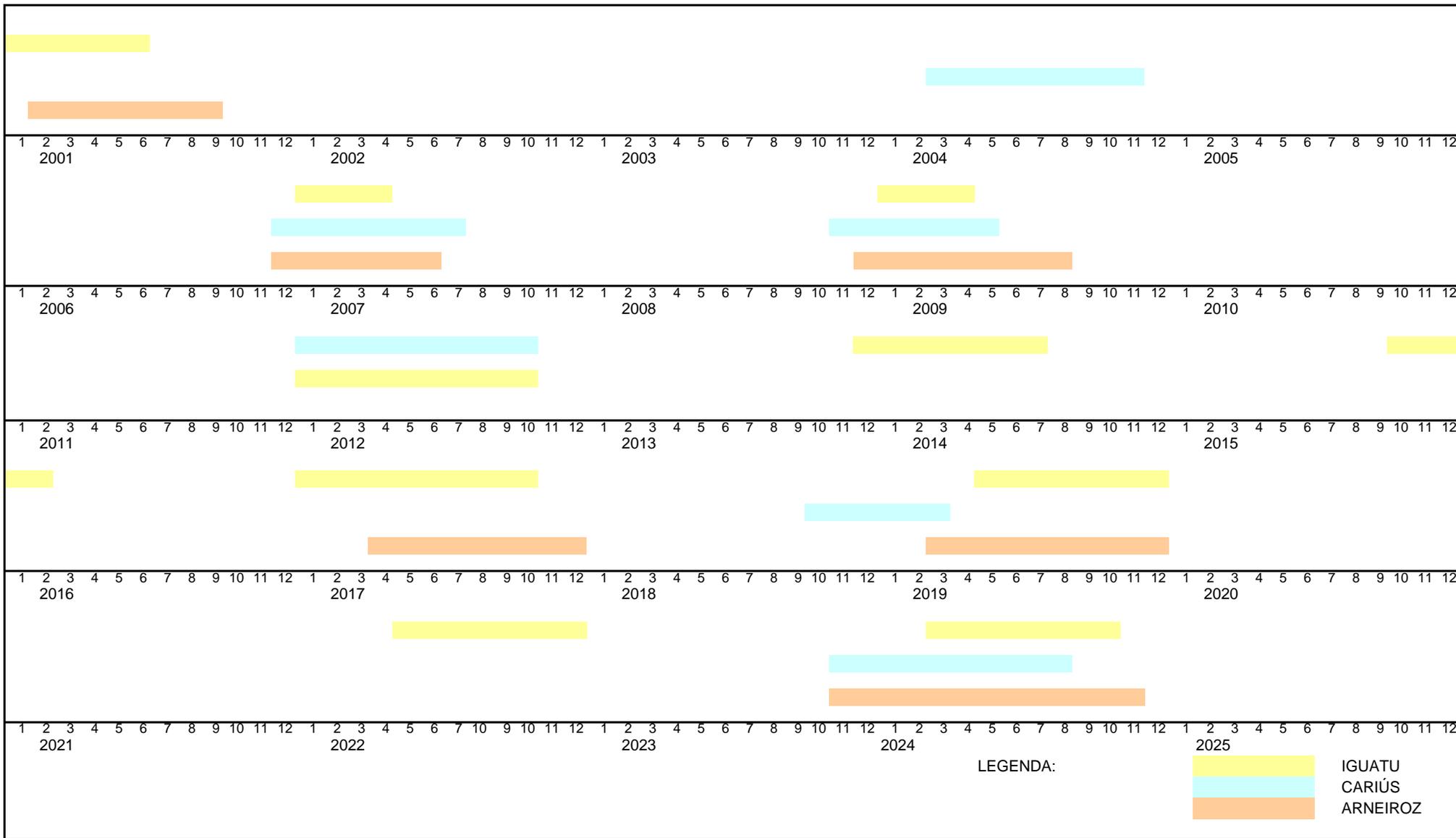


Figura 22 – Secas com índice de severidade maior que 1,5 x severidade média (Cenário futuro).

Ao se analisar a produção agrícola da região do alto Jaguaribe no período de 1976 a 2001, verifica-se a ocorrência de grandes quedas na produção nos anos de 1993 e 1998 para o feijão e o milho, conforme se apresentam no gráfico da Figura 23. Nesses anos, em alguns municípios, as perdas na safra foram superiores a 60%, para ambas as culturas.

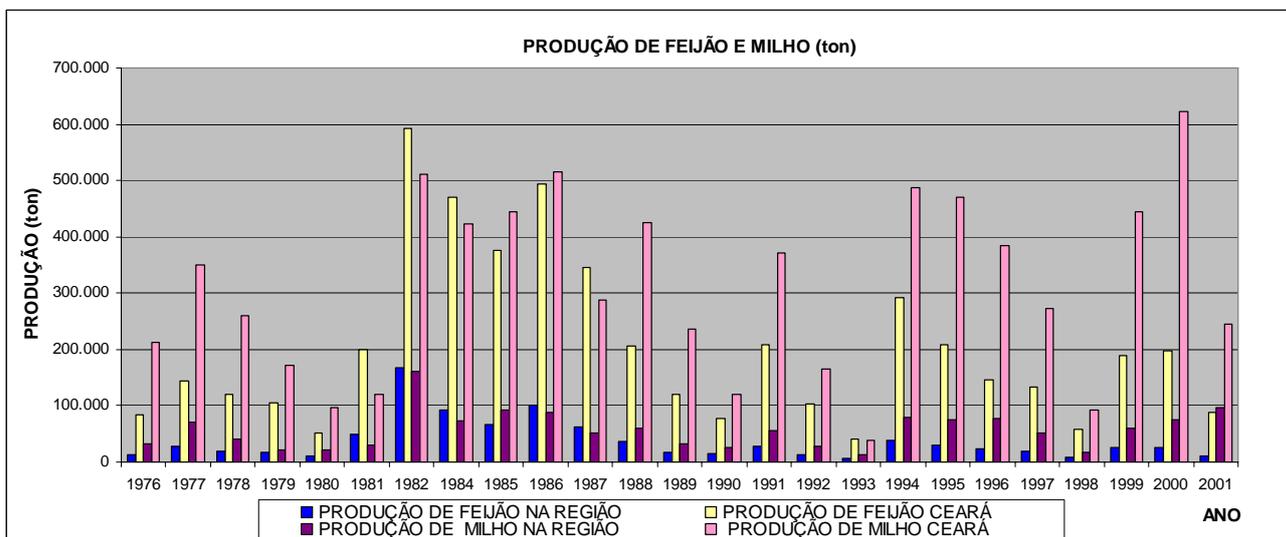


Figura 23 - Produção agrícola de milho e feijão no estado do Ceará e municípios da região do alto Jaguaribe, no período de 1976 a 2001.

Fonte: IBGE, 2006.

Em resumo os resultados encontrados por índices analisados são os seguintes:

a) Cenário histórico:

- Índice de aridez – IA - cenário histórico, anos 1983 e 1993;
- Rainfall Anomaly Index – RAI - cenário histórico, anos 1993 e 1983;
- Índice de Bhalme & Mooley – BMDI - cenário histórico, anos 1993 e 1983;
- Herbst severity index – HSI - cenário histórico, anos 1983 e 1998; e
- Menor Produção de grãos (ton) - cenário histórico, ano 1993.

b) Cenário futuro

- Índice de aridez – IA - cenário futuro, anos 2007 e 2009;
- Rainfall Anomaly Index – RAI - cenário futuro, anos 2017 e 2009;
- Índice de Bhalme & Mooley – BMDI - cenário futuro, anos 2017 e 2007;
- Herbst severity index – HSI - cenário futuro, anos 2024 e 2017; e
- Índice de estresse hídrico - cenário futuro, anos 2007;

É selecionado o ano de 2007, ainda em razão da sua ocorrência recente e da qualidade dos dados coletados para esse período.

## 6.2 Índices de acesso e consumo

O índice de acesso –  $iAC$  e o índice consumo –  $iC$  do sistema móvel de distribuição de água, determinados pelas equações:

$$iAC = \frac{PopAt1 / D1 + \dots + PopAtn / Dn}{n} \quad (36)$$

$$iC = \frac{Vol}{PopAt} \quad (37)$$

apresentam-se em termos de valores médios, para o município de Tauá na Tabela 11, e na Tabela 12 para alguns municípios do alto Jaguaribe. Foi tomado como referência o ano 2007.

Quixelô apresenta o menor  $iAC$  e Salitre o menor  $iC$ . Com relação à Tauá, verifica-se que os distritos mais críticos em termos da distância média percorrida é Marruás, no roteiro 4, e em termos de volume distribuído, Santa Teresa, no roteiro 11.

Tabela 11 - Indicadores de acesso e consumo das populações rurais do município de Tauá, em 2007.

Roteiro	Distrito	No. Habitantes	Distância média à fonte (km)	$iAc$	$iC$
1	Marruás	4.165	11,6	12,4	8,9
2	Marruás	1.410	19,2	6,7	12,3
3	Carrapateiras	2.616	11,8	7,7	15,8
4	Marruás	1.317	29,1	1,8	13,2
5	Carrapateiras	1.540	16,9	3,6	12,7
6	Inhamuns	2.445	16,6	6,7	9,7
7	Sede	1.829	16,6	3,2	12,7
8	Sede	1.680	19,0	2,5	11,7
9	Santa Teresa	2.264	15,3	5,9	13,6
10	Barra Nova	2.620	15,2	13,2	12,7
11	Santa Teresa	2.905	20,8	32,3	8,2
12	Marrecas	2.941	11,0	11,7	13
13	Marrecas	1.795	13,6	25,5	13,8
14	Trici	2.692	16,6	5,4	13,3
15	Carrapateiras	1.807	9,0	9	14,4

Para o município de Tauá, pesos são atribuídos para cada comunidade abastecida, a fim de selecionar as que se encontram em pior situação, tanto em termos de volume de água fornecido, quanto em matéria da distância à fonte hídrica. Aquelas que necessitam

prioritariamente de melhorias no sistema de distribuição de água se apresentam na Tabela 13. Os roteiros que deverão ser alvo de intervenções são: 1, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 13.

O roteiro 4, um dos que atende o distrito de Marruás é o que apresenta maior distância à fonte hídrica, que é o açude Trici, em média 29,0km. O açude Trici abastece a sede de município de Tauá através de uma adutora de 17,0 km de extensão, que aduz uma vazão de 52,0 l/s.

Tabela 12 - Indicadores de acesso e consumo, populações rurais de municípios do alto Jaguaribe, em 2007.

<b>Município</b>	<b>Pessoas atendidas (ud)</b>	<b>Distância média à fonte (km)</b>	<b>iAC</b>	<b>iC</b>
Acopiara	25.325	27,0	13,8	9,8
Aiuaba	6.780	23,0	2,2	11,3
Altaneira	-	-	-	-
Antonina do Norte	1.735	19,0	6,8	11,0
Araripe	1.095	27,1	3,6	20,0
Arneiroz	5.610	23,0	6,4	9,9
Assaré	1.225	19,0	5,1	12,0
Campos Sales	8.594	19,0	4,3	10,2
Carius	950	15,1	5,8	11,0
Catarina	4.292	16,0	4,0	10,8
Icó	3.445	18,0	6,2	14,1
Iguatu	5.505	20,0	13,1	9,9
Jucás	1.885	11,7	4,5	16,5
Nova Olinda	1.940	24,0	11,2	9,8
Orós	770	22,0	11,7	18,2
Parambu	18.867	27,0	6,1	10,1
Potengi	1.390	19,3	7,0	12,0
Quixelô	1.585	34,0	1,6	10,8
Saboeiro	2.505	39,9	3,1	17,0
Salitre	10.061	26,0	12,3	9,5
Santana do Cariri	1.565	44,3	3,1	12,4
Tarrafas	-	-	-	-
Tauá	33.357	16,2	12,4	11,1

Sugere-se que seja tomado como fonte hídrica do roteiro 4, o reservatório de distribuição de água

A otimização dos roteiros é feita de forma simples, usando uma planilha eletrônica e de acordo com os pesos pontuados. Admitindo-se que as comunidades há pouco relacionadas sejam excluídas do sistema da distribuição móvel, porque foram dotadas de uma fonte hídrica mais segura, e ainda que o roteiro 4 tenha como fonte hídrica o reservatório de

água bruta da CAGECE na cidade de Tauá, o que reduz a distância média à fonte de 29km para 12 km, se obtêm novos valores de iAC, mostrados na Tabela 14.

A demanda adicional no sistema existente da CAGECE seria em torno de 0,20l/s, valor esse capaz de ser absorvido pelo sistema, em função dos coeficientes utilizados no dimensionamento dos equipamentos.

Tabela 13 – Comunidades cujas ações de ampliação da oferta de água são prioritárias.

<b>Roteiro</b>	<b>Sede Distrital/Localidade</b>	<b>Benefício Total</b>	<b>Per capita</b>
11	Santa Teresa	3,2	9,3
13	Bonifácio + serra de dentro	2,7	17,9
1	Vila do Marruás	2,7	7,1
6	Lagoa do Eufrasino	2,7	7,8
1	Guaribas/Mangueira/Baixa Grande	2,3	7,8
10	Vila Bom Jesus	2,3	9,3
1	São João dos Cândidos/Mastruz	2,2	7,0
13	Vila Joaquim Moreira	2,0	9,3
6	Açudinho/Zacarias/Riacho das Varas	2,0	10,5
9	São João	1,7	10,2
2	Barriguda de Cima	1,7	10,5
3	Poço da Onça	1,5	5,8
3	Vila Santo Antônio	1,5	3,1
12	Baixa Verde	1,5	10,0
4	Várzea da Serra	1,5	9,3
4	Poço de Baixo	1,5	7,4
12	Missão	1,2	11,7
12	Belo Alto	1,2	11,3

Tabela 14- Alterações nos valores médios do índice de acesso à água, no município de Tauá.

<b>Roteiro</b>	<b>iAC médio</b>	
	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>
1	12,4	7,3
3	7,7	4,3
6	6,7	4,2
9	5,9	4,4
10	13,2	7,4
11	32,3	3,0
12	11,7	6,1
13	25,5	23,9

### 6.3 Índice de estresse hídrico

A Tabela 15 apresenta um comparativo dos valores encontrados para o índice de estresse hídrico em 2007, ano considerado de maior escassez hídrica, por cenário de desenvolvimento regional, de acordo com as seguintes situações:

- 1 – refere-se às disponibilidades hídricas existentes, quando do cálculo do  $ig_{90}$ , por Araújo e al (2004);
- 2 – atual - a oferta de água subterrânea é ampliada em 6,31% (ABREU, 2003) e são consideradas os volumes referentes às obras executadas açudes Arneiroz II e Faé, cisternas construídas pelo Programa 1 milhão de cisternas no período de 2003 a 2006 e a adutora dos poços PP-01 e PP-04;
- 3 – as vazões adicionais da situação 2 são somadas àquelas disponibilizadas pelo Plano de Ações para Convivência com a Seca – PACE; e
- 4 – proposta - às vazões adicionais da situação 3 são consideradaa a execução das obras estudadas pela SRH (Barragens Jucá, Mamoeiro, Puiú, Bastiões e Farias Brito; adutora do poço PP-03) e a construção de barragens subterrâneas.

Essas avaliações consideraram que o crescimento da demanda manteve os parâmetros propostos pelo Programa WAVES.

Conforme mostrado na Tabela 15, as medidas adotadas de ampliação da oferta não são suficientes para reduzir no ano 2007, o estresse hídrico em vários municípios.

Utilizando-se a ferramenta *Solver*® da planilha eletrônica, buscaram-se os valores a serem reduzidos da demanda de água, de forma que o  $ig_{90}$  apresente valor mínimo igual a um. Os valores ofertados são os descritos na situação 4. Municípios que já possuem  $ig_{90}$  menor ou igual a 1 não foram alvos de alterações.

As Tabelas 16 e 17 apresentam esses resultados, respectivamente, para os cenários de desenvolvimento RSA e RSB. Verifica-se que os municípios mais críticos são Acopiara, Parambu e Aiuaba.

Os resultados das Tabelas 16 e 17 servem de orientação para a proposição de alterações na demanda, por categorias de usuários, procurando-se manter as seguintes diretrizes:

- o consumo mínimo da população ligada a sistemas públicos de abastecimento de água igual a 120 l/hab/dia, e da população não ligada igual a 20l/hab/dia, incluindo perdas;
- priorização da manutenção do rebanho sobre a irrigação;
- redução total do consumo da categoria turismo;

- em casos críticos, eliminação da demanda industrial, que corresponde ao consumo de menor peso.

Os resultados são mostrados nas Tabelas 18 e 19.

Tabela 15 - Determinação do ig90 em função das situações propostas.

Município	Situação							
	1		2		3		4	
	RSA	RSB	RSA	RSB	RSA	RSB	RSA	RSB
Acopiara	10,40	12,43	9,77	11,68	5,25	6,27	4,63	5,53
Aiuaba	5,06	6,73	4,85	6,45	3,25	4,33	2,80	3,72
Altaneira	7,88	10,69	7,37	9,99	2,74	3,71	2,01	2,73
Ant. do Norte	73,99	95,27	61,27	78,89	5,48	7,14	2,85	3,69
Araripe	5,65	6,81	5,31	6,40	0,81	0,98	0,77	0,93
Arneiroz	0,75	1,07	0,16	0,22	0,15	0,22	0,15	0,21
Assaré	3,76	4,19	3,68	4,11	3,20	3,57	2,98	3,33
Campos Sales	2,77	3,67	2,67	3,55	0,48	0,64	0,47	0,62
Cariús	1,01	1,22	1,00	1,21	0,92	1,12	0,88	1,07
Catarina	5,46	7,65	5,39	7,55	1,97	2,76	1,67	2,34
Farias Brito	3,20	3,78	3,15	3,72	2,42	2,85	0,22	0,25
Iço	0,63	0,65	0,63	0,65	0,63	0,65	0,63	0,65
Iguatu	0,52	0,28	0,52	0,27	0,52	0,27	0,52	0,27
Jucás	1,24	1,53	1,23	1,52	1,12	1,38	1,06	1,32
Nova Olinda	5,52	6,63	5,33	6,40	3,31	3,97	0,77	0,92
Orós	0,58	0,61	0,58	0,61	0,58	0,61	0,58	0,60
Parambu	6,08	7,70	5,67	7,18	4,36	5,52	3,75	4,75
Potengi	4,78	6,06	4,52	5,73	2,76	3,49	2,25	2,85
Quixelô	0,20	0,22	0,18	0,19	0,18	0,19	0,18	0,19
Saboeiro	1,01	1,31	1,00	1,31	0,91	1,18	0,86	1,12
Salitre	6,54	9,79	6,11	9,14	0,89	1,33	0,82	1,22
Sant. do Cariri	4,63	5,11	4,43	4,89	3,83	4,22	1,99	2,20
Tarrafas	22,54	27,89	19,84	24,62	5,14	6,44	0,72	0,90
Tauá	1,14	1,34	1,12	1,32	1,05	1,23	1,03	1,21

Tabela 16 – Alterações proposta para a demanda de água, cenário RSA, ano 2007.

<b>Município</b>	<b>Demanda Original (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ig90 original</b>	<b>Demanda proposta (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ig90 proposto</b>	<b>Redução da demanda (%)</b>
Acopiara	2.340.099	4,63	505.348	1,00	78
Aiuaba	1.130.899	2,80	404.194	1,00	64
Altaneira	451.780	2,01	224.635	1,00	50
Ant. do Norte	626.635	2,85	219.609	1,00	65
Araripe	1.079.855	0,77	1.079.855	0,77	0
Arneiroz	638.404	0,15	638.404	0,15	0
Assaré	2.514.692	2,98	842.844	1,00	66
Campos Sales	1.066.740	0,47	1.066.740	0,47	0
Cariús	1.217.856	0,88	1.217.856	0,88	0
Catarina	635.276	1,67	379.734	1,00	40
Farias Brito	1.128.620	0,22	1.128.620	0,22	0
Icó	33.088.659	0,63	33.088.659	0,63	0
Iguatu	24.456.336	0,52	24.456.336	0,52	0
Jucás	1.399.574	1,06	1.315.512	1,00	6
Nova Olinda	975.002	0,77	975.002	0,77	0
Orós	8.539.305	0,58	8.539.305	0,58	0
Parambu	2.009.445	3,75	535.252	1,00	73
Potengi	726.533	2,25	322.577	1,00	56
Quixelô	2.686.391	0,18	2.686.391	0,18	0
Saboeiro	938.469	0,86	938.469	0,86	0
Salitre	599.696	0,82	599.696	0,82	0
Santana do Cariri	3.037.117	1,99	1.522.823	1,00	50
Tarrafas	706.296	0,72	706.296	0,72	0
Tauá	3.483.694	1,03	3.388.151	1,00	3

Tabela 17 – Alterações proposta para a demanda de água, cenário RSB, ano 2007.

Município	Demanda Original (m <sup>3</sup> )	ig90 original	Demanda proposta (m <sup>3</sup> )	ig90 proposto	Redução da demanda (%)
Acopiara	2.783.992	5,53	503.214	1,00	82
Aiuaba	1.506.556	3,72	404.617	1,00	73
Altaneira	606.679	2,73	222.495	1,00	63
Antonina do Norte	800.423	3,69	216.623	1,00	73
Araripe	1.282.194	0,93	1.282.194	0,93	0
Arneiroz	904.357	0,21	904.357	0,21	0
Assaré	2.805.305	3,33	842.434	1,00	70
Campos Sales	1.390.958	0,62	1.390.958	0,62	0
Cariús	1.473.989	1,07	1.375.492	1,00	7
Catarina	887.725	2,34	378.645	1,00	57
Farias Brito	1.323.753	0,25	1.323.753	0,25	0
Icó	34.345.045	0,65	34.345.045	0,65	0
Iguatu	13.758.370	0,27	13.758.370	0,27	0
Jucás	1.706.942	1,32	1.297.854	1,00	24
Nova Olinda	1.153.142	0,92	1.153.142	0,92	0
Orós	8.959.226	0,60	8.959.226	0,60	0
Parambu	2.542.924	4,75	535.079	1,00	79
Potengi	914.895	2,85	320.500	1,00	65
Quixelô	2.924.732	0,19	2.924.732	0,19	0
Saboeiro	1.220.866	1,12	1.090.376	1,00	11
Salitre	894.388	1,22	730.338	1,00	18
Santana do Cariri	3.339.922	2,20	1.517.854	1,00	55
Tarrafas	873.270	0,90	873.270	0,90	0
Tauá	4.106.039	1,21	3.384.618	1,00	18

Tabela 18 – Sugestão de redução da demanda por categoria de usuário - cenário A.

Município	ig90 (demanda original)	Gestão da demanda						ig90 (demanda proposta)
		Consumo Humano		Redução da demanda (%)				
		Ligados aos sistemas (L/hab/dia)	Não ligados aos sistemas (L/hab/dia)	Irrigação	Consumo Animal	Turismo (*)	Industrial	
Acopiara	4,63	50	15	95,0	86,0	100,0	80,0	1,00
Aiuaba	2,80	120	20	70,0	65,0	100,0	0,0	1,00
Altaneira	2,01	120	20	63,0	0,0	-	0,0	1,00
Ant. do Norte	2,85	120	20	70,0	80,0	-	0,0	1,00
Assaré	2,98	120	20	70,0	70,0	-	-	1,00
Catarina	1,67	150	20	0,0	0,0	-	-	1,00
Jucás	1,06	150	50	0,0	0,0	-	3,0	1,00
Parambu	3,75	100	20	87,0	82,0	-	0,0	1,00
Potengi	2,25	100	20	70,0	38,0	-	0,0	1,00
Santana do Cariri	1,99	120	20	50,0	49,0	100,0	0,0	1,00
Tauá	1,03	s/alteração	s/alteração	45,0	0,0	-	0,0	1,00

Tabela 19 - Sugestão de redução da demanda por categoria de usuário - Cenário B.

Município	ig90 (demanda original)	Gestão da demanda						ig90 (demanda proposta)
		Consumo Humano		Redução da demanda (%)				
		Ligados aos sistemas (L/hab/dia)	Não ligados aos sistemas (L/hab/dia)	Irrigação	Consumo Animal	Turismo (*)	Industrial	
Acopiara	4,63	50	15	95,5	93,0	100,0	80,0	1,00
Aiuaba	2,80	120	20	71,0	87,0	100,0	0,0	1,00
Altaneira	2,01	120	20	70,0	55,0	-	0,0	1,00
Antonina do Norte	2,85	100	20	75,0	97,0	-	50,0	1,00
Assaré	2,98	120	20	75,0	73,0	-	0,0	1,00
Catarina	1,67	120	20	75,0	56,0	-	0,0	1,00
Jucás	1,06	120	50	20,0	0,0	-	3,0	1,00
Parambu	3,75	100	20	87,0	92,0	-	0,0	1,00
Potengi	2,25	100	20	75,0	58,0	-	0,0	1,00
Santana do Cariri	1,99	120	20	58,0	53,0	100,0	0,0	1,00
Tauá	1,03	s/alteração	s/alteração	45,0	24,0	-	0,0	1,00

#### 6.4 Sustentabilidade no atendimento às demandas

A sustentabilidade do atendimento às diversas categorias de usuários de água é calculada por meio do índice de sustentabilidade – IS, nos cenários de desenvolvimento regional A e B, em um período de 25 anos, para as alternativas 1 e 2.

A alternativa 1 diz respeito às ações de ampliação da oferta hídrica executadas, adicionada à ampliação da oferta prevista no PACE. A alternativa 2 contempla, adicionalmente os volumes considerados na alternativa 1, aqueles advindos da execução da infra-estrutura hídrica proposta, bem como as medidas da gestão, que objetivam igualar oferta e demanda, ou seja, a obtenção de um índice de estresse hídrico igual a 1.

A confiabilidade é determinada pela relação entre o número de anos em que o índice de estresse hídrico (ARAÚJO et. al 2004) é inferior a 1 e o total de anos analisado no período. A resiliência diz respeito ao número de vezes em que ocorre a recuperação, em relação ao número total de anos avaliados, ou seja, no qual a um evento com índice de estresse hídrico maior do que 1, sucede-se um evento com índice de estresse hídrico menor do que 1. A vulnerabilidade relativa total é calculada pela razão entre o deficit médio e a demanda.

As Tabelas 20 e 21 apresentam o índice de sustentabilidade e os indicadores: confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade.

Tabela 20 - Índice de sustentabilidade – IS, cenário A (2001 a 2025).

Município	ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2			
	C	R	VRT	IS	C	R	VRT	IS
Acopiara	0,20	0,25	0,45	0,03	0,24	0,32	0,40	0,05
Aiuaba	0,84	1,00	0,07	0,78	0,88	1,00	0,03	0,85
Altaneira	0,36	0,31	0,36	0,07	0,48	0,31	0,27	0,11
Antonina do Norte	0,28	0,28	0,35	0,05	0,92	1,00	0,04	0,88
Araripe	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
Arneiroz	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
Assaré	0,88	1,00	0,08	0,81	0,92	1,00	0,06	0,87
Campos Sales	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
Cariús	0,96	1,00	0,02	0,94	0,96	1,00	0,02	0,94
Catarina	0,56	0,55	0,14	0,26	0,64	0,44	0,08	0,26
Farias Brito	0,40	0,40	0,29	0,11	1,00	1,00	0,00	1,00
Icó	0,96	1,00	0,00	0,96	0,96	1,00	0,00	0,96
Iguatu	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
Jucás	0,92	1,00	0,03	0,90	0,96	1,00	0,02	0,94
Nova Olinda	0,08	0,09	0,56	0,00	0,80	0,20	0,02	0,16
Orós	0,96	1,00	0,01	0,95	0,96	1,00	0,01	0,95
Parambu	0,44	0,36	0,34	0,10	0,72	0,71	0,13	0,45
Potengi	0,84	1,00	0,09	0,77	0,88	1,00	0,05	0,83
Quixelô	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
Saboeiro	0,96	1,00	0,02	0,94	0,96	1,00	0,02	0,94
Salitre	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
Santana do Cariri	0,04	0,04	0,65	0,00	0,12	0,14	0,40	0,01
Tarrafas	0,36	0,38	0,31	0,09	0,92	1,00	0,02	0,90
Tauá	0,80	1,00	0,06	0,75	0,84	1,00	0,06	0,79

Tabela 21 - Índice de sustentabilidade - IS, Cenário B (2001 a 2025).

Município	ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2			
	C	R	VRT	IS	C	R	VRT	IS
Acopiara	0,12	0,14	0,55	0,01	0,16	0,19	0,50	0,02
Aiuaba	0,76	1,00	0,11	0,68	0,80	1,00	0,07	0,74
Altaneira	0,20	0,20	0,46	0,02	0,32	0,29	0,37	0,06
Antonina do Norte	0,16	0,14	0,46	0,01	0,88	1,00	0,05	0,83
Araripe	0,88	1,00	0,02	0,87	0,88	1,00	0,01	0,87
Arneiroz	0,96	1,00	0,01	0,95	0,96	1,00	0,01	0,95
Assaré	0,84	1,00	0,09	0,76	0,88	1,00	0,06	0,82
Campos Sales	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
Cariús	0,88	1,00	0,04	0,85	0,92	1,00	0,03	0,89
Catarina	0,28	0,33	0,31	0,06	0,36	0,38	0,24	0,10
Farias Brito	0,28	0,22	0,36	0,04	1,00	1,00	0,00	1,00
Icó	0,96	1,00	0,00	0,96	0,96	1,00	0,00	0,96
Iguatu	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
Jucás	0,88	1,00	0,04	0,85	0,96	1,00	0,02	0,94
Nova Olinda	0,04	0,04	0,62	0,00	0,56	0,45	0,09	0,23
Orós	0,96	1,00	0,01	0,95	0,96	1,00	0,01	0,95
Parambu	0,36	0,31	0,40	0,07	0,64	0,67	0,19	0,35
Potengi	0,76	1,00	0,11	0,68	0,84	1,00	0,07	0,78
Quixelô	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
Saboeiro	0,92	1,00	0,03	0,89	0,96	1,00	0,02	0,94
Salitre	0,24	0,16	0,21	0,03	0,36	0,19	0,16	0,06
Santana do Cariri	0,04	0,04	0,68	0,00	0,08	0,09	0,46	0,00
Tarrafas	0,32	0,29	0,43	0,05	0,92	1,00	0,04	0,89
Tauá	0,76	1,00	0,10	0,69	0,80	1,00	0,09	0,73

### 6.5 Custos com o abastecimento de água emergencial

Tomando-se como base o ano de 2007, o volume de água mensal distribuído através das unidades móveis, nos municípios da região, soma 174.227m<sup>3</sup>.

Os custos originários da operação não foram informados, o que levou à adoção do valor médio encontrado para Tauá, como representativo da região, e igual a R\$2,66/km. A distância mensalmente percorrida é de 207.453 km, o que totaliza R\$ 551.612,57. Admitindo-se a duração desse abastecimento, também igual a do município de Tauá, de cinco meses, o custo anual na região está perto de R\$ 2.758.062,84. O custo médio da água é R\$5,9/m<sup>3</sup>.

O tratamento dos dados permitiu a mensuração aproximada do custo com o sistema de unidades móveis no período de 1999 a 2007, sendo a distribuição de água feita tanto pelo Exército, quanto pela Defesa Civil. De posse da distância total percorrida pelas unidades móveis e admitindo-se o custo praticado no município de Tauá, de R\$2,66/km, são

obtidos os valores a preço de 2007, que se apresentam na Tabela 22. Como se pode verificar, o custo total ao longo desses anos aproxima-se de 21 milhões de reais.

Comparando os valores da Tabela 22 com os custos de instalação do Projeto S. José (sistema de abastecimento de água: captação, tratamento simplificado, reservação e distribuição e distribuição), o valor total aplicado com o sistema móvel da distribuição, nos anos considerados, seria suficiente para beneficiar 11.124 famílias, considerando-se o custo médio por família de R\$ 1.897,80, estimado pelo PACE (CEARÀ, 2007). A Tabela 23 apresenta o número possível de famílias atendidas, por município.

Considerando-se que o número de famílias relacionadas na Tabela 23 deixa de ser atendido pelo sistema móvel da distribuição de água, o novo número de famílias atendidas no ano 2007 é apresentado na Tabela 24. Verifica-se que a redução é de aproximadamente 36%.

É admitido o argumento de que os custos com esse sistema são objeto de redução de igual valor, conforme resultados na Tabela 25.

Outras estimativas são feitas, supondo-se que se deseje implementar ações para eliminar por completo com o uso do sistema móvel da distribuição de água, na região do alto Jaguaribe. É tomado como referência o ano 2007.

Tabela 22 - Custo estimado com o sistema móvel de distribuição de água, na região do alto Jaguaribe, de 1999 a 2007.

Município	Distância percorrida anual (Km)									Total (km)	Custo Estimado Total(R\$)
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2.007		
Acopiara	163.128		519.778		92.999		10.998	87.193	138.935	1.013.031	2.694.662
Aiuaba	26.000	16300	138.253	14.187	7.763	5284	19.236	14.392	23.990	265.405	705.978
Altaneira			2.471							2.471	6.573
Ant. do Norte	8.000		103.200	4.079	815			15.992	28.950	161.036	428.356
Araripe	16.000	19895	19.147	35.213	20.912	20660	39.696	17.144		188.667	501.854
Arneiroz	43.794		193.172	60.749	14.250		25.872	35.596	70.930	444.363	1.182.006
Assaré	18.540		16.336					35.416	29.365	99.657	265.088
Campos Sales	16.000	5350	427.554	996.549	553.880	27.440		31.040	49.570	2.107.383	5.605.638
Carius				5.600	2.514		4.398		3.330	15.842	42.140
Catarina	16.000	5095	26.443	2.238	1.492			27.944	90.135	169.347	450.463
Farias Brito			7.336				14.553			21.889	58.224
Icó	44.000						17.808		10.335	72.143	191.900
Iguatu	31.000		7.090				9.804	17.128	16.515	81.537	216.889
Jucás	4.000							11.984	18.920	34.904	92.845
Nova Olinda	12.000	1170	10.696	3.888	972		9.996	16.000	52.185	106.907	284.373
Orós	15.000						4575,48	11.528	6.650	37.753	100.424
Parambu	40.000	5030	381.893	47.022	31.118		60.969		26.015	592.047	1.574.844
Potengi			6.761	5.940	5.940				6.330	24.971	66.422
Quixelô	12.000						3.156	4.744	18.566	38.466	102.319
Saboeiro			2.222					10.904	36.505	49.631	132.018
Salitre	48.000	1605	98.955	59.940	53.464			26.776	161.280	450.020	1.197.053
Sant. do Cariri	8.000		8.216	9.680	3.872		16.560	7.848	22.210	76.386	203.188
Tarrafas			5.847				5.136			10.983	29.215
Tauá	266.000	77170	779.667	216.844	148.799		17.247	139.508	226.550	1.871.785	4.978.947
TOTAL	628.334	131.615	2.244.206	1.461.929	845.791	53.384	260.004	423.944	1.037.266	7.086.473	21.111.419

Tabela 23 - Custos do abastecimento móvel e sua equivalência com o custo de execução do projeto S. José.

<b>Município</b>	<b>Custo Estimado (R\$)</b>	<b>Famílias atendidas Projeto São José</b>
Acopiara	2.694.662	1.420
Aiuaba	705.978	372
Altaneira	6.573	3
Antonina do Norte	428.356	226
Araripe	501.854	264
Arneiroz	1.182.006	623
Assaré	265.088	140
Campos Sales	5.605.638	2.954
Carius	42.140	22
Catarina	450.463	237
Farias Brito	58.224	31
Iço	191.900	101
Iguatu	216.889	114
Jucás	92.845	49
Nova Olinda	284.373	150
Orós	100.424	53
Parambu	1.574.844	830
Potengi	66.422	35
Quixelô	102.319	54
Saboeiro	132.018	70
Salitre	1.197.053	631
Santana do Cariri	203.188	107
Tarrafas	29.215	15
Tauá	4.978.947	2.624
<b>TOTAL</b>	<b>21.111.419</b>	<b>11.124</b>

Os custos para a efetivação dessa medida são obtidos, também, comparando-os com o custo de implantação de sistemas simplificados típicos do Projeto São José. O custo total dessa intervenção é de aproximadamente 53 (cinquenta e três) milhões de reais, valor esse apresentado na Tabela 26.

Tabela 24 – Percentual de redução do número de famílias atendidas com as intervenções propostas.

Município	Sistema de distribuição de água móvel no ano 2007		Famílias possíveis de serem atendidas pelo Projeto São José	Redução do n.º de famílias atendidas (%)
	Famílias atendidas (ud)	Custo Estimado (R\$)		
Acopiara	5.065	2.694.662	1.420	28,03
Aiuaba	1.356	705.978	372	27,43
Altaneira	-	6.573	3	-
Antonina do Norte	347	428.356	226	65,05
Araripe	219	501.854	264	100,00
Arneiroz	1.122	1.182.006	623	55,51
Assaré	245	265.088	140	57,01
Campos Sales	1.719	5.605.638	2.954	100,00
Cariús	190	42.140	22	11,69
Catarina	858	450.463	237	27,65
Farias Brito	-	58.224	31	-
Icó	689	191.900	101	14,68
Iguatu	1.101	216.889	114	10,38
Jucás	377	92.845	49	12,98
Nova Olinda	388	284.373	150	38,62
Orós	154	100.424	53	34,36
Parambu	3.773	1.574.844	830	21,99
Potengi	278	66.422	35	12,59
Quixelô	317	102.319	54	17,01
Saboeiro	501	132.018	70	13,88
Salitre	2.012	1.197.053	631	31,35
Santana do Cariri	313	203.188	107	34,21
Tarrafas	-	29.215	15	-
Tauá	6.671	4.978.947	2.624	39,33
Total	27.696	21.111.419	11.124	35,89

Tabela 25 – Comparativo de custos entre os valores executados em 2007 e os obtidos após a intervenção.

<b>Município</b>	<b>Custo 2007 (R\$)</b>	<b>Custo proposto para 2007 (R\$)</b>
Acopiara	369.567,10	265.965,40
Aiuaba	63.813,40	46.307,19
Altaneira	-	-
Antonina do Norte	77.007,00	26.916,65
Araripe	0,00	0,00
Arneiroz	188.673,80	83.939,93
Assaré	78.110,90	33.577,72
Campos Sales	131.856,20	0,00
Cariús	8.857,80	7.822,63
Catarina	239.759,10	173.462,14
Farias Brito	-	-
Icó	27.491,10	23.456,53
Iguatu	43.929,90	39.369,96
Jucás	50.327,24	43.796,42
Nova Olinda	138.812,10	85.203,70
Orós	17.689,00	11.610,87
Parambu	69.199,90	53.981,85
Potengi	16.837,80	14.717,97
Quixelô	49.384,80	40.985,59
Saboeiro	97.103,30	83.620,51
Salitre	429.004,80	294.526,20
Santana do Cariri	59.078,60	38.870,21
Tarrafas	-	-
Tauá	601.027,00	364.672,72
<b>TOTAL</b>	<b>2.757.530,84</b>	<b>1.732.804,20</b>

Tabela 26 – Custo para eliminação do sistema móvel de distribuição de água.

<b>Município</b>	<b>No.famílias atendidas</b>	<b>Custo implantação sistema simplificado (R\$)</b>
Acopiara	5.065	9.612.375,46
Aiuaba	1.356	2.573.421,74
Altaneira	-	-
Antonina do Norte	347	658.537,86
Araripe	219	415.619,00
Arneiroz	1.122	2.129.335,69
Assaré	245	464.961,89
Campos Sales	1.719	3.261.944,91
Carius	190	360.582,69
Catarina	858	1.629.074,65
Farias Brito	-	-
Icó	689	1.307.586,71
Iguatu	1.101	2.089.481,81
Jucás	377	715.471,97
Nova Olinda	388	736.347,81
Orós	154	292.261,76
Parambu	3.773	7.161.172,28
Potengi	278	527.589,41
Quixelô	317	601.603,76
Saboeiro	501	950.799,63
Salitre	2.012	3.818.760,50
Santana do Cariri	313	594.012,54
Tarrafas	-	-
Tauá	6.805	12.914.933,37
<b>TOTAL</b>	<b>27.830</b>	<b>52.815.875,45</b>

O número de famílias reduzidas em virtude da intervenção proposta se reflete também, sobre as distâncias percorridas para o transporte da água. Considerando-se o mesmo percentual de redução encontrado, calculam-se novos valores de iAC, que se descrevem na Tabela 27, onde se apresentam também os valores de iC.

Em função dos custos associados e da disponibilidade de água em si, nos períodos de seca, conforme ainda mostrado no capítulo referente ao índice de estresse hídrico, o consumo *per capita* das populações atendidas pelas unidades de distribuição móvel será mantido no patamar de 20l/hab/dia. Esse valor, como se pode observar, não vem sendo praticado. A média na região para 2007 é em torno de 12,3l/hab/dia. A adoção da nova taxa de consumo eleva os custos propostos, que é calculado pelo coeficiente entre o *per capita* real

e o ideal. Os novos valores se apresentam na Tabela 28, onde se pode observar um aumento de aproximadamente 87%.

Tabela 27 – Valores do índice de acesso e consumo após a intervenção.

<b>Município</b>	<b>iAC Atual</b>	<b>iAC Proposto</b>	<b>iC Proposto</b>
Acopiara	13,8	3,9	20
Aiuaba	2,2	0,6	20
Altaneira	-	-	20
Antonina do Norte	6,8	4,5	20
Araripe	3,6	-	-
Arneiroz	6,4	3,5	20
Assaré	5,1	2,9	20
Campos Sales	4,3	-	-
Cariús	5,8	0,7	20
Catarina	4,0	1,1	20
Farias Brito			20
Icó	6,2	0,9	20
Iguatu	13,1	1,4	20
Jucás	4,5	0,6	20
Nova Olinda	11,2	4,3	20
Orós	11,7	4,0	20
Parambu	6,1	1,3	20
Potengi	7,0	0,9	20
Quixelô	1,6	0,3	20
Saboeiro	3,1	0,4	20
Salitre	12,3	3,9	20
Santana do Cariri	3,1	1,0	20
Tarrafas	-	-	-
Tauá	12,4	4,9	20
<b>Total</b>			

Tabela 28– Custos com a aplicação da nova taxa de consumo *per capita*.

Município	iC		Coeficiente	Custo com demanda proposta (R\$)
	Atual	Proposto		
Acopiara	9,8	20	2,0	545.112,76
Aiuaba	11,3	20	1,8	81.738,36
Altaneira	-	-	-	-
Antonina do Norte	11,0	20	1,8	48.746,37
Araripe	20,0	-		
Arneiroz	9,9	20	2,0	170.082,36
Assaré	12,0	20	1,7	55.914,70
Campos Sales	10,2	-		0,00
Cariús	11,0	20	1,8	14.224,41
Catarina	10,8	20	1,9	321.017,60
Farias Brito	-	-	-	-
Icó	14,1	20	1,4	33.323,16
Iguatu	9,9	20	2,0	79.645,53
Jucás	16,5	20	1,2	53.024,95
Nova Olinda	9,8	20	2,0	173.238,08
Orós	18,2	20	1,1	12.771,96
Parambu	10,1	20	2,0	107.208,94
Potengi	12,0	20	1,7	24.442,34
Quixelô	10,8	20	1,9	76.116,10
Saboeiro	17,0	20	1,2	98.651,20
Salitre	9,5	20	2,1	620.520,38
Santana do Cariri	12,4	20	1,6	62.668,30
Tarrafas	-	-	-	-
Tauá	11,1	20	1,8	658.340,58
<b>Total</b>				<b>3.236.788,12</b>

## 6.6 Qualidade institucional

As medidas da política proposta, que conferem maior capacitação tecnológica, maiores autonomia e participação popular junto às instituições locais, produzem resultados diretos sobre o indicador de qualidade institucional dos municípios - IQIM (BNB, 2005), que medem o grau de participação da sociedade e a capacidade gerencial. Uma avaliação quantitativa desse incremento demanda o conhecimento de parâmetros usados na sua determinação, os quais não são disponibilizados. Portanto, é considerado fato de que as melhorias implementadas elevam o município de sua categoria atual a outra imediatamente superior.

A avaliação da melhoria da qualidade institucional é apresenta na Tabela 29, onde se compara a situação atual com a proposta.

Tabela 29 – Evolução da qualidade institucional com a política proposta.

Município	Qualidade Institucional	
	Atual	Proposta
Acopiara	Média	Alta
Aiuaba	Baixa	Média
Altaneira	Alta	Alta
Antonina Do Norte	Muito Baixa	Baixa
Araripe	Média	Alta
Arneiroz	Baixa	Média
Assaré	Muito Baixa	Baixa
Campos Sales	Média	Alta
Cariús	Média	Alta
Catarina	Baixa	Média
Farias Brito	Alta	Alta
Icó	Média	Alta
Iguatu	Baixa	Média
Jucás	Média	Alta
Nova Olinda	Média	Alta
Orós	Alta	Alta
Parambu	Alta	Alta
Potengi	Muito Baixa	Baixa
Quixelô	Baixa	Média
Saboeiro	Baixa	Média
Salitre	Muito Baixa	Baixa
Santana Do Cariri	Média	Alta
Tarrafas	Muito Baixa	Média
Tauá	Média	Alta

### 6.7 Indicador de qualidade da gestão de secas

A determinação do indicador de qualidade da gestão de secas – IGS demanda a avaliação dos índices de sustentabilidade – IS (ASCE, 1998), de acesso (iAC), de consumo (iC) e de estresse hídrico - ig90 (ARAÚJO et al., 2004), do indicador de qualidade institucional - IQIM (BRASIL, 2005) e do custo com o abastecimento emergencial – CE. Estes são determinados, para a política atual de gestão de secas e para o modelo proposto e os resultados apresentados respectivamente, nas Tabelas 30 e 31 .

Tabela 30 - Avaliação dos componentes do indicador de qualidade da gestão de secas – Política de gestão atual.

<b>Indicador de qualidade da gestão de secas - IGS</b>							
Município	IS	iAC	iC	ig90		IQIM	CE
				Cenário A	Cenário B		
Acopiara	0,03	13,8	9,8	4,63	5,53	Média	369.567,10
Aiuaba	0,78	2,2	11,3	2,80	3,72	Baixa	63.813,40
Altaneira	0,07	-	-	2,01	2,73	Alta	-
Ant. do Norte	0,05	6,8	11	2,85	3,69	Muito Baixa	77.007,00
Araripe	1	3,6	20	0,77	0,93	Média	-
Arneiroz	1	6,4	9,9	0,15	0,21	Baixa	188.673,80
Assaré	0,81	5,1	12	2,98	3,33	Muito Baixa	78.110,90
Campos Sales	1	4,3	10,2	0,47	0,62	Média	131.856,20
Cariús	0,94	5,8	11	0,88	1,07	Média	8.857,80
Catarina	0,26	4	10,8	1,67	2,34	Baixa	239.759,10
Farias Brito	0,11		-	0,22	0,25	Alta	-
Iço	0,96	6,2	14,1	0,63	0,65	Média	27.491,10
Iguatu	1	13,1	9,9	0,52	0,27	Baixa	43.929,90
Jucás	0,9	4,5	16,5	1,06	1,32	Média	50.327,24
Nova Olinda	0	11,2	9,8	0,77	0,92	Média	138.812,10
Orós	0,95	11,7	18,2	0,58	0,60	Alta	17.689,00
Parambu	0,1	6,1	10,1	3,75	4,75	Alta	69.199,90
Potengi	0,77	7	12	2,25	2,85	Muito Baixa	16.837,80
Quixelô	1	1,6	10,8	0,18	0,19	Baixa	49.384,80
Saboeiro	0,94	3,1	17	0,86	1,12	Baixa	97.103,30
Salitre	1	12,3	9,5	0,82	1,22	Muito Baixa	429.004,80
Santana do Cariri	0	3,1	12,4	1,99	2,20	Média	59.078,60
Tarrafas	0,09	-	-	0,72	0,90	Muito Baixa	-
Tauá	0,75	12,4	9,8	1,03	1,21	Média	601.027,00
<b>Valor Médio</b>	<b>0,60</b>	<b>6,9</b>	<b>12,2</b>	<b>1,44</b>	<b>1,78</b>	<b>Baixa</b>	
<b>Total</b>							<b>2.757.530,84</b>

Tabela 31 - Avaliação dos componentes do indicador de qualidade da gestão de secas – Modelo de gestão proposto.

Município	Indicador de qualidade da gestão de secas - IGS						
	IS	iAC	iC	ig90		IQIM	CE
				Cenário A	Cenário B		
Acopiara	0,05	3,9	20	1,00	1,00	Alta	545.112,76
Aiuaba	0,85	0,6	20	1,00	1,00	Média	81.738,36
Altaneira	0,11	-	20	1,00	1,00	Alta	
Ant. do Norte	0,88	4,5	20	1,00	1,00	Baixa	48.746,37
Araripe	1	-	20	0,77	0,93	Alta	
Arneiroz	1	3,5	20	0,15	0,21	Média	170.082,36
Assaré	0,87	2,9	20	1,00	1,00	Baixa	55.914,70
Campos Sales	1	-	20	0,47	0,62	Alta	0,00
Cariús	0,94	0,7	20	0,88	1,00	Alta	14.224,41
Catarina	0,26	1,1	20	1,00	1,00	Média	321.017,60
Farias Brito	1		20	0,22	0,25	Alta	
Icó	0,96	0,9	20	0,63	0,65	Alta	33.323,16
Iguatu	1	1,4	20	0,52	0,27	Média	79.645,53
Jucás	0,94	0,6	20	1,00	1,00	Alta	53.024,95
Nova Olinda	0,16	4,3	20	0,77	0,92	Alta	173.238,08
Orós	0,95	4	20	0,58	0,60	Alta	12.771,96
Parambu	0,45	1,3	20	1,00	1,00	Alta	107.208,94
Potengi	0,83	0,9	20	1,00	1,00	Baixa	24.442,34
Quixelô	1	0,3	20	0,18	0,19	Média	76.116,10
Saboeiro	0,94	0,4	20	0,86	1,00	Média	98.651,20
Salitre	1	3,9	20	0,82	1,00	Baixa	620.520,38
Santana do Cariri	0,01	1	20	1,00	1,00	Alta	62.668,30
Tarrafas	0,9	-	20	0,72	0,90	Média	
Tauá	0,79	4,9	20	1,00	1,00	Alta	741.806,07
<b>Valor Médio</b>	<b>0,75</b>	<b>2,2</b>	<b>20,0</b>	<b>0,77</b>	<b>0,81</b>	<b>Média</b>	
<b>Total</b>							<b>3.320.253,57</b>

Conforme mostrado, os melhores resultados são encontrados no modelo da gestão proposto, para todos os índices e indicadores, com exceção do custo associado ao abastecimento em época de estiagem, valor esse onerado pelo aumento do volume de água fornecido pelas unidades da distribuição móvel.

Adotando-se a técnica de padronização em índices, de acordo com a equação (24), encontram-se os valores do indicador de qualidade de gestão de secas – IGS, que se apresentam na Tabela 32 e Tabela 33.

Tabela 32 - Indicador de qualidade da gestão de secas - Política de gestão atual.

Município	S	iAC	iC	ig90		I	CE	IGS	
				Cenário A	Cenário B			Cenário A	Cenário B
Acopiara	0,03	1,00	0,03	1,00	1,00	0,33	0,86	0,09	0,09
Aiuaba	0,78	0,05	0,17	0,59	0,66	0,67	0,13	0,64	0,63
Altaneira	0,07	-	-	0,42	0,48	0,00	-	-	-
Antonina do Norte	0,05	0,43	0,14	0,60	0,66	1,00	0,16	0,50	0,49
Araripe	1,00	0,16	1,00	0,14	0,14	0,33	0,09	0,82	0,82
Arneiroz	1,00	0,39	0,04	0,00	0,00	0,67	0,43	0,65	0,65
Assaré	0,81	0,29	0,24	0,63	0,59	1,00	0,16	0,66	0,67
Campos Sales	1,00	0,22	0,07	0,07	0,08	0,33	0,29	0,64	0,63
Cariús	0,94	0,34	0,14	0,16	0,16	0,33	0,00	0,65	0,65
Catarina	0,26	0,20	0,12	0,34	0,40	0,67	0,55	0,49	0,48
Farias Brito	0,11	-	-	0,02	0,01	0,00	-	-	-
Icó	0,96	0,38	0,44	0,11	0,09	0,33	0,04	0,70	0,70
Iguatu	1,00	0,94	0,04	0,08	0,01	0,67	0,08	0,60	0,61
Jucás	0,90	0,24	0,67	0,20	0,21	0,33	0,10	0,73	0,73
Nova Olinda	0,00	0,79	0,03	0,14	0,14	0,33	0,31	0,35	0,35
Orós	0,95	0,83	0,83	0,10	0,08	0,00	0,02	0,64	0,64
Parambu	0,10	0,37	0,06	0,80	0,85	0,00	0,14	0,31	0,30
Potengi	0,77	0,44	0,24	0,47	0,50	1,00	0,02	0,68	0,67
Quixelô	1,00	0,00	0,12	0,01	0,00	0,67	0,10	0,78	0,78
Saboeiro	0,94	0,12	0,71	0,16	0,17	0,67	0,21	0,80	0,80
Salitre	1,00	0,88	0,00	0,15	0,19	1,00	1,00	0,50	0,49
Santana do Cariri	0,00	0,12	0,28	0,41	0,38	0,33	0,12	0,49	0,50
Tarrafas	0,09	-	-	0,13	0,13	1,00	-	-	-
Tauá	0,75	0,89	0,15	0,20	0,19	0,33	1,41	0,29	0,29
VALOR MÉDIO								0,57	0,57

Tabela 33 – Indicador de qualidade da gestão de secas - Modelo de gestão proposto.

Município	S	iAC	iC	ig90		I	CE	IGS	
				Cenário A	Cenário B			Cenário A	Cenário B
Acopiara	0,04	0,86	1,00	1,00	1,00	0,50	0,88	0,30	0,30
Aiuaba	0,85	0,07	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13	0,77	0,77
Altaneira	0,10	-	-	1,00	1,00	0,00	-	-	-
Antonina do Norte	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,08	0,63	0,63
Araripe	1,00	1,00	1,00	0,73	0,91	0,50	0,00	0,63	0,60
Arneiroz	1,00	0,76	1,00	0,00	0,02	1,00	0,27	0,83	0,82
Assaré	0,87	0,62	1,00	1,00	1,00	1,00	0,09	0,69	0,69
Campos Sales	1,00	1,00	1,00	0,38	0,53	0,50	0,00	0,69	0,66
Cariús	0,94	0,10	1,00	0,86	1,00	0,50	0,02	0,74	0,72
Catarina	0,25	0,19	1,00	1,00	1,00	1,00	0,52	0,59	0,59
Farias Brito	1,00	-	-	0,08	0,07	0,00	-	-	-
Icó	0,96	0,14	1,00	0,56	0,57	0,50	0,05	0,78	0,78
Iguatu	1,00	0,26	1,00	0,44	0,10	1,00	0,13	0,86	0,92
Jucás	0,94	0,07	1,00	1,00	1,00	0,50	0,09	0,71	0,71
Nova Olinda	0,15	0,95	1,00	0,73	0,90	0,50	0,28	0,45	0,42
Orós	0,95	0,88	1,00	0,51	0,51	0,00	0,02	0,59	0,59
Parambu	0,44	0,24	1,00	1,00	1,00	0,00	0,17	0,51	0,51
Potengi	0,83	0,14	1,00	1,00	1,00	1,00	0,04	0,77	0,77
Quixelô	1,00	0,00	1,00	0,04	0,00	1,00	0,12	0,97	0,98
Saboeiro	0,94	0,02	1,00	0,84	1,00	1,00	0,16	0,82	0,79
Salitre	1,00	0,86	1,00	0,79	1,00	1,00	1,00	0,56	0,52
Santana do Cariri	0,00	0,17	1,00	1,00	1,00	0,50	0,10	0,54	0,54
Tarrafas	0,90	-	-	0,67	0,88	1,00	-	-	-
Tauá	0,79	1,10	1,00	1,00	1,00	0,50	1,20	0,33	0,33
VALOR MÉDIO								0,63	0,65

Com a política de gestão atual, os municípios que apresentam os piores valores do indicador de qualidade de gestão de secas são Acopiara, Tauá e Parambu e os melhores Araripe Saboeiro e Quixelô.

Admitindo-se a adoção do modelo proposto, nota-se uma melhoria neste indicador. Acopiara e Tauá e Nova Olinda apresentam os piores resultados e Quixelô, Iguatu e Arneiroz, os melhores. Verifica-se que o índice é fortemente influenciado pelo tamanho das populações assistidas pelo sistema móvel de distribuição de água.

## 7. CONCLUSÕES

As secas estão intimamente ligadas à história do Ceará, desde as primeiras iniciativas para sua colonização, influenciando no comportamento, na cultura, nas tecnologias desenvolvidas, sem falar nos seus efeitos danosos sobre a economia pobre de um estado, porque pobre são seus recursos naturais.

Se hoje as populações interioranas enfrentam o período de estio com dificuldades, imagina-se quão difícil era sobreviver a uma seca como a de 1877, há 130 anos, ou entrar pelo desconhecido sertão da Ibiapaba em 1603. E o cearense enfrentou “os mares bravios” da seca e chegou às cabeceiras dos rios Jaguaribe, Salgado, Bastiões e tantos outros.

O desenvolvimento institucional e tecnológico, principalmente no que diz respeito às atividades de monitoramento climático, que proporciona a preparação prévia para os eventos extremos; a elaboração do índice municipal de alerta, previamente ao início do período chuvoso, e a divulgação final, após a quadra invernal, representam grande perspectiva de avanço na gestão desses fenômenos.

As políticas de recursos hídricos, bem como de defesa civil, devem ser fortalecidas, interiorizadas e divulgadas. A difusão das ações na sociedade é fundamental para o alcance dos objetivos e para torná-las menos vulneráveis às mudanças políticas. A governabilidade como indutora da participação popular e condutora das ações é de grande valia junto às populações mais carentes.

Com relação aos planos e estudos, o comportamento da água subterrânea na região do alto Jaguaribe é desconhecido. Faltam monitoramento, operação adequada e manutenção das estruturas. O cadastro de usuários de água, elaborado pela COGERH, data de 1999. É importante incentivar a elaboração de planos locais de água, de um zoneamento ecológico e econômico.

Os planos de recursos hídricos ou de gerenciamento de bacias hidrográficas não contemplam a problemática do sistema móvel de abastecimento de água, que é uma constante em muitos municípios do estado.

O quadro de escassez hídrica é muito grave. Alguns açudes de médio e grande porte ainda devem ser executados na região. Conforme se pode verificar na análise do índice de estresse hídrico ig90, as alternativas de ampliação da oferta surtiram maior efeito com a gestão da demanda. As ações do PACE promovem uma melhoria média do ig90 de aproximadamente 34%, ficando ainda, na maioria dos municípios, bem acima de 1.

A gestão da demanda, somente no ano de 2007, melhorou o índice de sustentabilidade ao longo de 25 anos. As obras de maior porte, como a transposição de grandes rios, com certeza, elevam os indicadores, mas não são objetos dessa análise.

Os resultados do ig 90 no cenário B (desenvolvimento descentralizado) demonstram o grau de gravidade, ao apresentar valores maiores do que o cenário A (desenvolvimento do estado concentrado na região costeira). No cenário B, o desenvolvimento regional é impulsionado, demandando maiores volumes de água. Em outras palavras, o crescimento da região encontra limitação na disponibilidade hídrica.

Em ambos os cenários de desenvolvimento, é considerado o fato de que os sistemas de abastecimento público reduziram suas perdas para o nível de 20% e que os sistemas de irrigação possuem eficiência de 70%. Valores esses, que devem ser alcançados com o emprego de tecnologias mais apropriadas, redução de perdas, controle das vazões, por medição e educação ambiental.

O consumo *per capita* das populações não atendidas por sistemas públicos de 50l/hab/día adotado pelo programa WAVES não pode ser mantido na maioria dos municípios, em ano de seca, como 2007. Os valores adotados foram, em média, iguais a 20l/hab/dia, mínimo preconizado pela Organização Mundial de Saúde (WHO, UNICEF, 2000). Em Acopiara encontrou-se a situação mais crítica e essa taxa foi reduzida a 15l/hab/dia.

As evoluções no trato com as secas são contabilizadas, principalmente no que diz respeito às atividades de monitoramento climático. Por outro lado, as populações crescem, as demandas sociais aumentam e, para agravar, as mudanças climáticas em ritmo acelerado pontuam o território cearense de áreas desertificadas ou em processo de desertificação.

É ainda recomendado:

- fortalecimento, interiorização e divulgação das políticas de recursos hídricos e de defesa civil;
- incentivo a governabilidade como indutora da participação popular e condutora das ações;
- educação, inclusive ambiental, como pré-requisito para recebimento do seguro-safra;
- uma maior apropriação financeira para a gestão dos recursos hídricos.
- a elaboração dos seguintes planos e estudos: comportamento da água subterrânea: monitoramento, operação e manutenção das estruturas; atualização contínua do cadastro de usuários de água; zoneamento ecológico e econômico; elaboração de planos

locais de água; abordagem das medidas para prevenção e contingência das secas nos planos de recursos hídricos e de gerenciamento de bacias hidrográficas, e elaboração de planos de combate à desertificação.

## Referências bibliográficas

ABREU, C.B.R., **Impacto da política de aumento de oferta hídrica do governo estadual sobre a redução do estresse hídrico nos municípios cearenses**. Dissertação de Mestrado, UFC -2003. 96p.

ALVES, J. **História das secas: séculos XVII a XIX**. Coleção Biblioteca Básica Cearense, obra fac-símile. Fortaleza: Fundação Waldemar Alcântara, 1982. 539p.

ANCARANI, A.; CANCELLIERE, A.; ROSSI, G., Assessment of the effects of different drought mitigation measures on a complex water supply system. In:\_\_\_\_\_. **Water Resources Planning and Management**. Korea: Seoul National University. 1999. 237p.

ARAÚJO, J. A de A. (Coord.). **Barragens no Nordeste do Brasil: experiência do DNOCS em barragens na região semi-árida**. 2. ed. Fortaleza: DNOCS, 1990. 328 p.

ARAÚJO, J. C. de.; DÖLL, P.; GÜNTER, A.; KROL, M.; ABREU, C. B. R.; HAUSCHILD, M.; MEDIONDO, E. M. Water scarcity under scenarios for global climate change and regional development in semiarid northeastern Brazil. **Water International**, International Water Resources Association, 2004. v. 29, n. 2, p. 209-220

ASA, **Relatório de totalização de cisternas por municípios/comunidades**. Articulação no Semi-Árido Brasileiro, 2007.

ASCE, UNESCO/IHP. **Sustainability Criteria for Water Resource Systems**, Task Committee on Sustainability Criteria, Water Resources Planning and Management Divisions, ASCE - American Society of Civil Engineers. IV Project M-4.3. Reston, Virginia, 1998.

BALTAR, A. M.; AZEVEDO, L. G. T.; RÊGO, M.; PORTO, R. la L. Sistema de suporte à decisão para outorga de direitos de uso da água no Brasil. **Série Água Brasil**. Banco Mundial, Brasília, v. 2, 48p. 2003.

BANCO MUNDIAL. **Combate à pobreza rural no Brasil: uma estratégia integrada**. Volume I: Resumo. Relatório nº 21790-BR. Departamento do Brasil, Região da América Latina e do Caribe. 83 p. 2001.

BANK NETHERLANDS WATER PARTNERSHIP PROGRAM - BNWPP; BANCO MUNDIAL. **A experiência de barragens subterrâneas no estado de Pernambuco – Brasil**, Relatório Final. FADE/UFPE – Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco, 2001.

BANK NETHERLANDS WATER PARTNERSHIP PROGRAM - BNWPP; BANCO MUNDIAL. **Estudo sobre sistemas localizados de abastecimento de água em pequenas comunidades rurais dispersas na região semi-árida do estado do Ceará.** Práxis Consultoria e Projetos S/C Ltda. Brasília, junho 2002.

BARBOSA, C. P. **Avaliação dos custos de água subterrânea e de reúso de efluentes no estado do Ceará.** 2000. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

BAR-EL, R. (org) Reduzindo a pobreza através do desenvolvimento econômico do interior do Ceará. Fortaleza. **Edições IPECE**, 2002.

BECKER, N. ZEITOUNI, N., A market solution for the Israeli-Palestinian water dispute. **Water International**, International Water Resources Association, v. 23, n 4, p. 238-243, dec. 1998.

BEEKMAN, G. B., **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos.** Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. IICA. Brasília, 1999. 64p.

BEZERRA, N. F. **Fragmentando o território:** bases para o desenvolvimento do semi-árido do Ceará. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2004. 190 p.

BIRLEY, M. H, **The health impact assessment of development projects.** The Health Impact Programme, Liverpool School of Tropical Medicine. Liverpool, 1995. 241p.

BHALME, H. N., MOOLEY, D. A., On the performance of modified Palmer index. **Archives for Meteorology, Geophysics and Bioclimatology**, Ser. B, 27, 281-295. 1979.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O., Avaliação e adaptação do índice severidade de seca de Palmer (PDSI) e do índice padronizado de precipitação (PSI) às condições climáticas do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas v.64, n.4, p. 695-705, 2005.

BNB. **Agenda do produtor rural**, Banco do Nordeste de Brasil, 1996.

\_\_\_\_\_. **Atlas de Sustentabilidade:** indicadores municipais para a área de atuação do Banco do Nordeste do Brasil - 2005. Fortaleza: BNB, 2005. 36p

\_\_\_\_\_. **Execução de Serviços Técnicos sobre a Demanda de Água no Nordeste.** Banco do Nordeste do Brasil-BNB/PBLM, 1997.

BOTTERILL, L. C.; WILHITE, D. A. **From disaster response to risk management.** Australia National Policy. The Netherlands: Springer, 2005. 209p.

BRASIL. **Política das águas.** Estudos de base do vale do rio Jaguaribe. Ministério do Interior; Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste; Association Pour L'Organisation des Mission de Cooperation Technique; Grupo de Estudos do Vale do Jaguaribe, Volume 8, 1967. p.48.

\_\_\_\_\_. Ministério do Exército. **Cartografia**, Região Nordeste do Brasil, escala 1:100.000. Diretoria do Serviço Geográfico. 1. ed. 1972.

\_\_\_\_\_. **Nordeste, uma estratégia de desenvolvimento sustentável.** Ministério do Planejamento e Orçamento; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; Projeto Áridas, Brasília, DF, 1995a.

\_\_\_\_\_. **Política de recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do estado do Ceará.** Relatório final consolidado. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação da Presidência da República; Secretaria do Planejamento e Coordenação do Ceará, Projeto Áridas – Ceará 2020, GT II – Recursos Hídricos, Fortaleza, jul. 1995b.

\_\_\_\_\_. **Bases para a recriação da SUDENE:** por uma política de desenvolvimento sustentável para o Nordeste. Versão final. Ministério da Integração Nacional; Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional; Grupo de Trabalho Interministerial para a Recriação da SUDENE, Recife, 2003.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa; Exército Brasileiro; 10ª Região Militar; **Ofício GSA nº 028**, Fortaleza, CE, 2005.

\_\_\_\_\_. **Avaliação da ação construção de cisternas para armazenamento de água.** Brasília: TCU, Secretaria de Fiscalização e Avaliação de Programas de Governo, 2006. 44p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa; Exército Brasileiro; 10ª Região Militar; **Ofício nº 032-DPPE.2**, Fortaleza, CE, 2008a.

BRABO, J. M.; CAMPOS, J. N. B.; SOUZA, E. B. de; REPELLI, C. A. Produção agrícola de subsistência no estado do Ceará, com ênfase aos anos de ocorrência de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.2, p 249-256, 1998.

BRONSTERT, A.; GUENTNER, A.; ARAÚJO, J. C.; JAEGER, A.; KROL, M. Possible climate change impacts on water resources availability in a large semiarid catchment in Northeast Brazil. In: **IAHS SCIENTIFIC ASSEMBLY**, 7, 2005, Foz do Iguaçu. IAHS Publication 295. Wallingford: IAHS, p. 221 – 230, 2005.

BURTE, J., COUDRAIN, A., FRISCHKORN, H., CHAFFAUT, I., KOSUTH, P., Impacts anthropiques sur les terms du bilan hydrologique d'un aquifère alluvial dans lê Nordeste semi-aride, Brasil. Hydrological Sciences – **Journal des Sciences Hydrologiques**, 50 (1) février, 2005.

BYUN, H-R., WILHITE, D. A. Objective quantification of drought severity and duration. AMS Journal Online. Acesso em 14/11-07.

CAMPOS, J.N.B e LIMA, H.V.C., **O início do inverno no Ceará e o dia de São José (19 de março)**: Uma abordagem estatística, I Simpósio de Recursos Hídricos Do Nordeste, VOL. 2, P. 253-260, 1992.

CAMPOS, J.N.B., Um critério de seca agrícola e sua aplicação ao estado do Ceara, In: Boletim Técnico de Recursos Hídricos. In: **PROJETO ÁRIDAS**: Uma estratégia para desenvolvimento sustentável para o Nordeste. Coordenação geral: Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação da Presidência da República. Brasília, 1994.

CAMPOS, N; STUDART, T. (eds.) **Gestão de águas**: princípios e práticas. 2. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 242p.

CAMPOS, N., STUDART, T. **SIMRES – Simulação de Reservatórios**. Fortaleza, UFC, 1999.

CAMPOS, N; OLIVEIRA, J. B de; VIEIRA, V. P. P. B.; CAMPOS, V. R. O custo do fornecimento da distribuição de água através de carro pipa: um estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12; **Anais...** 1997.

CARVALHO, J. O. de. **A economia política do Nordeste**: secas, irrigação e desenvolvimento. Rio de Janeiro: Campus; Brasília: ABID, 1988. 434 p.

CARVALHO, J. O. (Org.). **Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas no Nordeste**. Brasília: Ministério do Interior, 1973. 267 p.

CARVALHO, J. O. de; SANTOS, J. A. dos. Contribuição da “nova SUDENE” para o desenvolvimento da região semi-árida do Nordeste. In: **Oficina do Semi –Árido**, Recife:

Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Grupo de Trabalho Interministerial para Recriação da SUDENE, 2003.

CAVALCANTI, C. de V.; PESSOA, D. M.; **A seca de 1979-1980**: Uma avaliação pela fundação Joaquim Nabuco. Série estudos sobre as secas no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002. 224 p.

CEARÁ. **Ações desenvolvidas pela CEDEC nos municípios do estado**: período janeiro a dezembro/2001. Secretaria do Trabalho e Ação Social; Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2001a.

\_\_\_\_\_. **Assistência prestada pelos governos federal e estadual aos produtores agrícolas atingidos pela estiagem 2001**. Relatório Final. Secretaria de Desenvolvimento Rural do Estado do Ceará, Secretaria de Planejamento, Secretaria do Trabalho e Ação Social, Grupo Tarefa da Seca. Fortaleza, jul. 2002a. 31 p.

\_\_\_\_\_. **Cadastro de produtores rurais atingidos pela estiagem no Ceará**. Secretaria de Desenvolvimento Rural do Estado do Ceará. Fortaleza, 2001b.

\_\_\_\_\_. Consolidação da política e dos programas de recursos hídricos do estado do Ceará. **Atualização do Plano Estadual dos Recursos hídricos**. Diagnóstico. Secretaria dos Recursos Hídricos. Fortaleza, 2004a.

\_\_\_\_\_. Consolidação da política e dos programas de recursos hídricos do estado do Ceará. **Atualização do Plano Estadual dos Recursos hídricos**. Planejamento. Secretaria dos Recursos Hídricos. Fortaleza, 2004b.

\_\_\_\_\_. Consolidação da política e dos programas de recursos hídricos do estado do Ceará. **Atualização do Plano Estadual dos Recursos hídricos**. Formulação de Programas. Secretaria dos Recursos Hídricos. Fortaleza, 2004c.

\_\_\_\_\_. **Manual Técnico Operativo do PRODHAM**, Produto Final. PROGERIRH, Projeto Piloto, Secretaria dos Recursos Hídricos, Fortaleza, Abril 2000. 202p.

\_\_\_\_\_. **Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe**. Fase 1 – Diagnóstico. Volume 4 – Estudos Ambientais. Secretaria dos Recursos Hídricos. Fortaleza, 2002b.

\_\_\_\_\_. **Plano Estadual dos Recursos hídricos. Planejamento**. Secretaria dos Recursos Hídricos. Fortaleza, 1992. v. 4.

\_\_\_\_\_. **Plano Estadual de Recursos Hídricos, Bloco 1 – Bacia do Jaguaribe, Estudos de Base**, Volume I, Hidrologia. Secretaria dos Recursos Hídricos, Fortaleza, 1991.

\_\_\_\_\_. **Plano de Ações para Convivência com a Seca - PACE**. Fortal. [www.ceara.gov.br](http://www.ceara.gov.br). Acesso em 20/12/2007.

CEARÁ. **Quadro de ações desenvolvidas pela CEDEC nos municípios do estado**. Secretaria do Trabalho e Ação Social. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 1999.

\_\_\_\_\_. **Quadro de ações desenvolvidas pela CEDEC nos municípios do estado**. Secretaria do Trabalho e Ação Social. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2000.

\_\_\_\_\_. **Quadro de ações desenvolvidas pela CEDEC nos municípios do estado**. Secretaria do Trabalho e Ação Social. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2001.

\_\_\_\_\_. **Quadro de ações desenvolvidas pela CEDEC nos municípios do estado**. Secretaria do Trabalho e Ação Social. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2002.

\_\_\_\_\_. **Quadro de ações desenvolvidas pela CEDEC nos municípios do estado**. Secretaria do Trabalho e Ação Social. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2003.

\_\_\_\_\_. **Quadro de ações desenvolvidas pela CEDEC nos municípios do estado**. Secretaria do Trabalho e Ação Social. Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2004.

\_\_\_\_\_. **Relatório de encerramento do convênio do Plano de Uso Racional das Águas para Irrigação nos Vales dos Rios Jaguaribe e Banabuiú**. Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará; Agência Nacional de Águas. Fortaleza, 2004.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa**. Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2001.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa**. Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2002.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa**. Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2003.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa.** Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2004.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa.** Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2005.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa.** Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2006.

CEARÁ. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa.** Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2007.

CIRILO, J. A. ; COSTA, M. R. ; COSTA, W. D. ; ABREU, G. H. F. ; GOLDEMBERG, D. ; BALTAR, A. M. ; SAMPAIO, Y. Avaliação de barragens subterrâneas como forma de convivência com as secas no semi-árido brasileiro. In: Agência Nacional de Águas. (Org.). **O Estado das Águas no Brasil 2001-2002.** Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003, v. 01, p. 461-472.

CIRILO, J. A. ; MONTENEGRO, S.M.G.L. ; MONTENEGRO, A. A. de A. . **Formas de superação do efeito das secas na região semi-árida do Nordeste brasileiro.** In: 6º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2003, Região de Praia/Cabo Verde. 6º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2003. v. 3. p. 290-312.

COGERH. **Relatório de atividades nas bacias do baixo, médio Jaguaribe e Banabuiú.** Relatório Interno, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Fortaleza, 1999a.

\_\_\_\_\_. **Relatório do plano de uso racional das águas para irrigação nos vales dos rios Jaguaribe e Banabuiú.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Fortaleza, 2002a.

\_\_\_\_\_. **Plano de gerenciamento das águas da bacia do rio Jaguaribe.** Diagnóstico. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Fortaleza, 1999b. v.1, tomo II.

\_\_\_\_\_. **Relatório do plano de uso racional das águas para irrigação nos vales dos rios Jaguaribe e Banabuiú.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Fortaleza, 2003a.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 1.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Jaguaribe, 1994.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 2.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Jaguaribe, 1995a.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 3.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Limoeiro do Norte, 1996a.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 4.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Limoeiro do Norte, 1997a.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 5.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Limoeiro do Norte, 1998a.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 6.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Limoeiro do Norte, 1999c.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 7.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Limoeiro do Norte, 2000.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 8.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Fortaleza, 2001a.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 9.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Fortaleza, 2002b.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 10.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Limoeiro do Norte, 2003b.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 11.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Limoeiro do Norte, 2004.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento das águas dos vales do Jaguaribe e Banabuiú, 12.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Limoeiro do Norte, 2005b.

\_\_\_\_\_. **Seminário dos usuários das águas do vale do Curu, 1.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Pentecoste, 1995c.

\_\_\_\_\_. **Seminário dos usuários das águas do vale do Curu, 2.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos PENTECOSTE: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, 1996b.

\_\_\_\_\_. **Seminário dos usuários das águas do vale do Curu, 3.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Pentecoste, 1997b.

\_\_\_\_\_. **Reunião do comitê da bacia hidrográfica do Curu.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Pentecoste, 1998b.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento da operação dos açudes da bacia hidrográfica do Curu.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Pentecoste, 1999d.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento da operação dos açudes da bacia hidrográfica do Curu.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Pentecoste, 2001b.

\_\_\_\_\_. **Seminário de planejamento da operação dos açudes da bacia hidrográfica do Curu.** Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, Pentecoste, 2002c.

COSTA, W. D. da, **Manual de barragens subterrâneas**, Conceitos básicos, aspectos locais e construtivos. Secretaria dos Recursos Hídricos. Fortaleza, 1998.

CPRM. **Atlas digital dos recursos hídricos subterrâneos do Ceará.** Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil. Fortaleza, 1999.

CUNHA, F. M. da, **Programa comunitário de ações de convivência com o semi-árido**, Fortaleza, 2006.

DFID. **Target strategy paper: water resources and sanitation.** Department for International Development. London: DFID. 2000.

DÖLL, P.; KROL, M. S. Integrated scenarios of regional development in two semi-arid states of north-eastern Brazil. **Integrated Assessment**, v. 3, n. 4, p.308 - 320, 2002.

DÖLL, P.; HAUSCHILD, M. Model-based scenarios of water use in two semi-arid Brazilian states. **Regional Environment Change**, v. 2, p.150 - 162, 2002.

DOMINGOS, S.I.S, **Análise do índice de seca Standardized Precipitation Index (SPI) em Portugal Continental e sua comparação com o Palmer Drought Severity Index – PDSI. Dissertação.** Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. 2006.

DRAPER, A. J., JENKINS, M. W., KIRBY, K. W., LUND, J. R., HOWITT, R.E.; Economic-engineering optimization for California water management. **Journal of Water Resources Planning and Management**. May/June 2003, p. 155-164.

DUARTE, R. S. **Do desastre natural à calamidade pública: A seca de 1998-1999**. Série estudos sobre as secas no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002a. 144 p.

\_\_\_\_\_. **O estado da arte das tecnologias para a convivência com as secas no Nordeste**. Série estudos sobre as secas no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002b. 90 p.

\_\_\_\_\_. **A seca nordestina de 1998-1999: da crise econômica a calamidade social**. Coleção SUDENE 40 anos. Recife: SUDENE, 1999. 179 p.

DUARTE, R. S. (Org.). **A Seca de 1958: uma avaliação pelo ETENE**. Série estudos sobre as secas no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002c. 200 p.

DUARTE, R. S. (Org.). **Bibliografia sobre as secas no Nordeste**. Série estudos sobre as secas no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002. 208 p.

DUQUE, J. G., **Solo e Água no Polígono das Secas**. Escola Superior de Agricultura de Mossoró - Coleção Mossoroense Vol. CXLII, 1980.

EITZINGER, J., GRUSZCZYNSKI, G., SCHNEIDER, W., SUPPAN, F., KOUKAL, T., TRNKA, M. Comparison of different methods for estimation of drought impacts on crop yield on the field scale in Austria. **Geophysical Research Abstracts**, vol. 7, 08568, European Geosciences Union, 2005.

EMATERCE. **Programa de assistência às vítimas das calamidades de seca**. Apostila. Fortaleza, 1981.

EMBRAPA. **Zoneamento agroecológico do Nordeste**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1993.

\_\_\_\_\_. **Avaliação e comparação de estimativas de krigagem para variáveis agrônomicas: Uma proposta.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Campinas-SP, 2001.

\_\_\_\_\_. Barragem subterrânea I: Construção e manejo, **Boletim de Pesquisa N° 36** EMBRAPA – CPATSA, ABRIL, 1989.

\_\_\_\_\_. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais dos trópicos semi-áridos do Brasil.** CPATSA/EMBRAPA, 1982, 127p.

FAO, CROPWAT – A computer program for irrigation planning and management. **FAO Irrigation e Drainage Paper 46.** Rome. 1992.

FOSTER, Stephen; TUINHOF, Albert; Brazil, Kenya: Subsurface dams to augment groundwater storage in basement terrain for human subsistence. **Sustainable groundwater management – Concepts & tools; Case profile collection, number 5; The World Bank.** 2002-2005.

FREITAS, M.A de S., Aspectos a serem considerados quando de uma análise regional integrada de secas. **Revista Tecnologia.** Fortaleza. No. 17. p. 9 - 17.1996.

FREITAS, M. A de S., Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia.** Fortaleza. No. 19. p. 19 - 30. 1998.

FRICK, D, M.; BODE, D.; SALAS, J. de. Effects of drought on urban water supplies. II: Water supplies analysis, **Journal of hydrology**, vol. 4, 1966, pp. 754-763.

FUNASA. **Manual de Saneamento.** Fundação Nacional de Saúde. 3ª. edição revisada. Brasília. 408p. 2006.

FUNCEME. **Relatório georreferenciamento das imagens CBERS e vetorização dos espelhos d'água de 20 hectares do Brasil.** Ministério da Integração Nacional/FUNCEME. Fortaleza, CE, 2008.

\_\_\_\_\_. **Avaliação climática fevereiro a maio de 2001.** Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, Fortaleza, 2001.

\_\_\_\_\_. **Considerações sobre o prognóstico.** Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, Fortaleza, 2000.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Avaliação da Quadra Chuvosa de 2007.** Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, 2007.

GAISER, T.; KROL, M.; FRISCHKORN, H.; ARAÚJO, J. C. **Global change and regional impacts.** Water Availability and Vulnerability of Ecosystems and Society in the Semiarid Northeast of Brazil. Berlin: Springer-Verlag, 2003. v. 1, 428 p

GIBBS, W. J., MAHER, J. V., Rainfall deciles as drought indicators. **Commonwealth Bureau of Meteorology Bulletin**, 48. Melbourne. 1967.

GLEICK, P. H. Basic Water Requirements for human activities: Meeting Basic Needs. **Water International**, USA, v. 21, p. 83-92, 1996.

GUENTNER, A.; KROL, M.; ARAÚJO, J. C.; BRONSTERT. A. Simple water balance modelling of surface reservoir systems in a large data-scarce semiarid region. **Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques**, Wallingford, v. 49, n. 5, p.901 -918, 2004.

HAQ, M. ul.; SEN, A. **Índice de Desenvolvimento Humano – IDH.** Plano das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, 1990.

HERBST, P.H., BRENDENKAMP, D. B. e BARKER, H.M.G., A technique for the evaluation of Drought from rainfall data, **Journal of hydrology**, vol. 4, pp. 264-272. 1966.

HOSUNG, A. Ground water drought management by a feedforward control method. **Journal of the American Water Resources Association.** American Water Resources Association, v. 36, n. 3, p. 501-510, june 2000.

IPECE. **Anuário Estatístico do Ceará – 2004.** Fortaleza: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE, 2005a.

\_\_\_\_\_. **Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) Ceará - 2004** . Fortaleza, 2006a.

\_\_\_\_\_. **Índice Municipal de Alerta:** Um instrumento para orientações preventivas em situação de adversidades climáticas – Estado do Ceará - 2004. Fortaleza, 2005.

\_\_\_\_\_. **Índice Municipal de Alerta:** Um instrumento para orientações preventivas em situação de adversidades climáticas – Estado do Ceará - 2005. Fortaleza, 2006b.

\_\_\_\_\_. **Índice Municipal de Alerta:** Um instrumento para orientações preventivas em situação de adversidades climáticas – Estado do Ceará - 2006. Fortaleza, 2007a.

\_\_\_\_\_. **Índice Municipal de Alerta:** Um instrumento para orientações preventivas em situação de adversidades climáticas – Estado do Ceará - 2007. Fortaleza, 2007b.

IPLANCE, PIB municipal detalhado 1993-1996. Fortaleza. 1999.

JENKINS, M.W.; LUND, J.R. Integrating yield and shortage management under multiple uncertainties. **Journal of Water Resources Planning and Management**. September/October 2000, p. 288-297.

JOCA, E. L. L. **Gestão da demanda hídrica na agricultura irrigada no Ceará:** financiamento do incremento tecnológico. 2001. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

JOHNS, T. C., CARNELL, R. E., CROSSLEY, J.F., GREGORY, J. M., MITCHELL, J. F. B., SENIOR, C.A., TETT, S. F. B., WOOD, R. A. The second Hadley Centre coupled ocean-atmosphere GCM: model description, spinup and validation. **Climate Dynamics** 13:103-34.

KARAVATIS, C. A. Decision Support Systems for Drought Management Strategies in Metropolitan Athens. **Water International**. International Water Resources Association, v. 24, n.1, p. 10-21, mar. 1999.

LAMB, P.J., PEPLER, R. A., HASTENRATH, S., Interannual variability in the Atlantic, **Nature**, 322, 238-240. 1986

LUNA, R. M. **Desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica (IPH) para o Semi-Árido Brasileiro.** 2007. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, área de concentração Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Fortaleza, 2007. 130p.

MAGALHÃES, A. R. (Org.). **Respostas governamentais às secas:** a experiência de 1987 no Nordeste. Fortaleza: Imprensa Oficial do Ceará, 1991. 223 p.

MEJIA, A.; AZEVEDO, L. G. T.; GAMBRILL, M. P.; BALTAR, A. M.; TRICHE, T. Água, redução de pobreza e desenvolvimento sustentável. **Série Água Brasil**. Banco Mundial, Brasília, v. 4, 52p. 2003.

MIMIKOU, M.A., BALTA, E., VARANOU, E., PANTAZIS, K. Regional impact of climate change on water resources quantity and quality indicators. **Journal of Hydrology**, v. 234, p. 95-109, 2000.

MOREIRA, R. M., **Alocação de recursos hídricos em regiões semi-áridas**. 2001. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MOREIRA FILHO, J. de C.; GALINDO FILHO, O. T.; DUARTE, R. S.; **A Seca de 1993, Crônica de um Flagelo Anunciado**. Série Estudos Sobre as Secas no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002. 138p.

NATIONAL STUDY OF WATER MANAGEMENT DURING DROUGHT. **Managing Water for Drought**. U. S. Army Corps Of Engineers; Institute Of Water Resources, sep. 1994. 210 p. IWR Report 94 – NDS -8.

NEWLIN, B. D.; JENKINS, M. W.; LUND, J. R.; HOWITT, R.E. Southern California water markets: potential and limitations. **Journal of Water Resources Planning and Management**, p. 21-32, jan./feb. 2002.

PAIVA, C. D., **Proposta de política hídrica para o Ceará: Gestão integrada de demanda e oferta**. Dissertação de mestrado. UFC - 2004. 78p.

PALMER, W. C., Meteorological Drought, Weather Bureau, U. S. Department of Commerce, Washington, D. C., **Research Paper** n<sup>o</sup>. 45, 1-58. 1965.

PARRY, M.L.; CARTER, T.R.. **Climate impact assessment: A review of some approaches**, Capítulo 13, em D.A. Wilhte e W.E. Esasterling (eds.), **Planning for Drought: Toward a Reduction of Societal Vulnerability**. Boulder, Colorado: Westview Press, 1987.

PESSOA, D. M.; CAVALCANTI, C. de V.; **Caráter e Efeitos da Seca Nordestina de 1970**. Série Estudos Sobre as Secas no Nordeste. Fortaleza: Banco do Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002. 302 p.

PINHEIRO, M. I. T. **Tipologia de conflitos de usos das águas:** Estudos de Casos no Estado do Ceará. 2002. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

PLIRHINE – SUDENE. **Plano de aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Nordeste do Brasil.** 15v., 1980

RIBOT, J. C., MAGALHÃES, A. R., PANAGIDES, S. S.- Editors, **Climate variability, climate change and social vulnerability in the semi-arid tropics.** Cambridge University Press, 1996.

RÊGO, T. C. C. C. **Avaliação da perda d'água em trânsito na bacia do rio Jaguaribe.** 2001. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

RÊGO, T. C. C. C.; VIEIRA, V.P. P. B.; Índice de sustentabilidade associado à operação de açudes no semi-árido – o açude Figueiredo como estudo de caso. Fortaleza: **Revista Tecnologia**, 2004. v.25, n.2, p.1.

RÊGO, T. C. C. C.; OEL P. van.; ARAÚJO, J. C. de. Avaliação dos planos de convivência com a seca no Ceará: estudo de caso 2001. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 16. **Anais...** João Pessoa, 2005.

ROECKNER, E.; ARPE, K.; BENGTTSSON, L.; CRISTOPH, M.; CLAUSSEN, M.; DÜMENIL, L.; ESCH, M., GIORGETTA, M.; SCHLESE, U.; SCHULZWEIDA, U.; The atmospheric general circulation model ECHAM-4: model description and simulation of present-day climate. **Report n.º. 218.** Hamburg, Germany: Max-Planck-Institute for Meteorology. 1996

ROSADO, V. (Org.). **Memorial da Seca.** Mossoró: Fundação Guimarães Duque, Coleção Mossoroense, v.163. 1991. 241 p.

ROOY, M.P. van., A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos**, 14, 43. 1965.

SANTOS, R. M. N. dos; PEREIRA, A. R., Índice severidade de seca de Palmer para a região oeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista brasileira de agrometeorologia**, Santa Maria v. 6, n.1, p. 139-145, 1999.

SCHWARTZ, S.S. Multiobjective management of Potomac River consumptive use. **Journal of Water Resources Planning and Management** . September/October 2000, p. 277-287.

SHERLOCK, J. H. R.de A., **Trabalho de cacimbões na região de Crateús-CE**, Programa de Ações Permanentes de Combate às Secas – Fortalecimento da Infra-Estrutura Hídrica do Estado do Ceará, Fortaleza, 1992

SHIAU, J-T.; SHEN, H. W. Recurrence analysis of hydrologic droughts of differing severity. **Journal of Water Resources Planning and Management** . January/February 2001, p. 30-40.

SUDENE. **Manual do projeto sertanejo – programa especial da SUDENE de apoio ao desenvolvimento da região semi-árida do Nordeste**, 1980.

\_\_\_\_\_. **Relato da atuação no combate aos efeitos da estiagem no Nordeste**. SUDENE, Recife, julho/1971a.

\_\_\_\_\_. **Relatório Final da Seca de 1970**. SUDENE, Recife, julho/1971b.

TEXAS COMMISSION ON ENVIRONMENTAL QUALITY. **Handbook for drought contingency planning for retail water suppliers**. Austin, April, 2005, 66 p.

THEOPHILO, R. **A Seca de 1915**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro; Imprensa Inglesa, 1922. 217 p.

THORNTHWAITE, C. W., An approach towards a racional classification of climate. **Geographic**. Ver., 38, 55-94. 1948.

VENDRUSCOLO, S., KOBAYAMA, M., **Interfaces entre a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Política Nacional de Defesa Civil, com relação aos desastres hidrológicos no Brasil**. Jornadas PROHIMET, Brasil, 2007.

VIEIRA, V.P. P. B.; Desenvolvimento sustentável e gestão de recursos hídricos no Nordeste semi-árido. Fortaleza, II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, **Anais**, p 1-10, 1994.

\_\_\_\_\_. Recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino. **Revista brasileira de Recursos hídricos**, v.1, n.1, p 89-107, 1996.

VUJICA, Y.; CUNHA, L. da; VLACHOS, E. **Coping with drought**. Colorado: Water Resources Publication, U.S.A, 1983. 417p.

WHITE, D. A.; COLLINS D.; KARSSIES, L. 1999, Australia's National Drought Policy: Aims, Analyses and Implementation. **Water International**, International Water Resources Association, v. 24, n. 1, p. 2-9, mar. 1999.

WHITE, D. A.; WILHITE, D.A.; O'MEAGER, B.; HAMMER, G. L.; Highlights of Drought Policy and Related Science in Australia and the U.S.A. **Water International**, International Water Resources Association, v. 26, n. 3, p. 349-357, sep. 2001.

WILHITE, D. A.; HAYES, M. J.; Planning for Drought: Moving from Crisis to Risk Management. **Journal of the American Water Resources Association**, American Water Resources Association, v. 36, n. 4, p. 697-710, aug. 2000.

WILHITE, D. A.; **Drought and water crises: science, technology and management issues.** Boca Raton, FL: Taylor e Francis Group, 2005. 398p.

ZIERL, B. A water balance model to simulate drought in forested ecosystems and its application to entire forested area in Switzerland. **Journal of Hydrology**, v. 242, p. 115-136, 2001.

ZHOU, S.L.; Mc. MAHON, T.A.; WALTON, A.; LEWIS, J. Forecasting a daily urban water demand: a case study of Melbourne. **Journal of Hydrology** v. 23, p. 153-164, 2000.

**APÊNDICES**

Quadro A.1 – Consumo animal por espécie.

Espécie	Consumo(l/dia/cabeça)
Bovino	68,0
Suíno	11,0
Eqüino	54,5
Caprino	8,5
Aves	0,3

Quadro A.2 – Consumo industrial médio na Alemanha, por tipo de indústria, em m<sup>3</sup> por US\$ 1.000, a preço de 1995.

Tipo de indústria	Consumo de Água Médio
Indústria de mineração	110,58
Extração e transformação de minerais	29,10
Alimentos	9,35
Bebidas	10,10
Tabaco	0,16
Têxtil e confecções	15,32
Produtos de couro	1,97
Madeira, exceto móveis	0,89
Papéis e gráficas	27,52
Refinaria de petróleo e derivados de carvão	8,35
Indústria química	57,97
Artefatos de borracha	4,15
Artefatos plásticos	3,47
Vidro e cerâmica	3,50
Produção e transformação de metais	13,25
Produtos maquinários e mecânicos	0,83
Equipamentos elétricos	1,10
Equipamentos de transporte	1,99
Manufatura de móveis, decoração, instrumentos musicais e outros	1,86

Quadro A.3 - Percentual de área cultivada, por cultura, no estado do Ceará

Cultura	Percentual (1996/98)	Percentual (2025)
Banana	5,4	6,0
Feijão	18,0	18,0
Algodão	3,9	7,0
Frutas	21,2	25,0
Capim	12,4	12,0
Milho	5,2	5,0
Arroz	24,4	18,0
Cana de açúcar	3,9	0,0
Vegetais	5,6	9,0

Quadro A.4 – Área cultivada nos municípios do alto Jaguaribe, 1996/1998 (ha).

Município	Cultura									
	Banana	Feijão	Algodão	Frutas	Capim	Milho	Arroz	Cana-de-Açúcar	Vegetais	Total
Acopiara	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aiuaba	5.9	0.8	2.9	1.1	3.5	0.8	0	0	0	15
Altaneira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Antonina do Norte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Araripe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Arneiroz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Assaré	42	0	0	0	20	0	0	0	0	62
Campos Sales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cariús	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
Catarina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Farias Brito	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Icó	277.3	1077.7	0	1.9	172.8	36.9	1706.5	0	0	3273.1
Iguatu	0	68.5	0	0	51.7	0	359.2	3.5	3	485.9
Jucás	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nova Olinda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orós	0	71.8	0	69.8	2.5	29.9	628	0	0	802
Parambu	0	2.7	0	0	7	0.3	0	0	0	10
Potengi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quixelô	1	22	0	5	6	0	111.5	1	0	146.5
Saboeiro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salitre	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Santana do Cariri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tarrafas	1.5	0.4	0	2.7	0	0.4	3	0	0	8
Tauá	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Várzea Alegre	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3

Fonte: NOWUM (apud SRH outorga, COGERH, IBGE, 1998)

Quadro A5– Principais características ambientais dos municípios da região do alto Jaguaribe.

Município	Precipitação Média Observada (mm) <sup>(1)</sup>	Disponibilidade de Recursos Hídricos		Salinidade Média da Água (Mg/L) <sup>(4)</sup>	Extrativismo Vegetal (ton) <sup>(5)</sup>	% Área Explorável Utilizada Sobre a Área dos Imóveis 1998 <sup>(4)</sup>
		Superficial - 90% de Garantia (Hm <sup>3</sup> /Ano) <sup>(2)</sup>	Subterrâneo Explorado (Hm <sup>3</sup> /Ano) <sup>(3)</sup>			
Acopiara	748,5	1,189	0,148	1360,7	77.588	59,62
Aiuaba	609,9	6,276	0,138	1493,73	30.777	73,75
Altaneira	974,3	0,404	0,030	939,63	8.050	70,37
Antonina do Norte	977,2	0,355	-	718,43	3.709	68,22
Araripe	582,5	2,670	0,109	1096,73	23.001	80,08
Arneiroz	730,6	2,186	0,198	1132,96	11.271	63,59
Assaré	602,1	24,185	0,158	1303,58	29.583	66,15
Campos Sales	1181,1	16,838	0,138	1621,3	11.100	68,14
Cariús	734,4	7,934	0,079	670,45	20.930	59,74
Catarina	1154,7	0,600	0,010	2118,75	58.841	83,41
Farias Brito	912	1,293	0,049	621,82	28.205	33,44
Icó	790,3	63,396	1,039	1234,68	57.134	77,39
Iguatu	979,2	133,359	4,923	540,85	21.632	73,91
Jucás	819,9	6,344	0,069	886,70	27.551	79,76
Nova Olinda	682,7	0,200	0,049	573,75	5.355	67,16
Orós	884,1	11,602	0,119	932,56	6.220	63,32
Parambu	712,1	3,542	0,287	1139,00	42.011	63,41
Potengi	746,6	3,500	0,089	794,94	19.287	62,50
Quixelô	806,5	29,077	2,074	419,16	14.129	77,51
Saboeiro	685,8	1,584	0,030	644,00	29.436	80,14
Salitre	852,6	0,200	0,059	1231,42	24.718	67,79
Santana do Cariri	934,2	0,400	0,362	747,27	17.223	84,89
Tarrafas	965	0,200	-	417,57	4.020	36,47
Tauá	578,8	23,856	0,682	1149,08	37.547	82,67

(1) Fonte: Funceme, 2005.

(2) Fonte: Araújo et al.,2004.

(3) Fonte: Barbosa, 2000.

(4) Fonte: Índice de Desenvolvimento Municipal - IDM, Ceará, 2004.

(5) Fonte: Anuário Estatístico do Ceará, 2005.

Tabela A1 - CONSUMO - CENÁRIO A		ANO -		2007		
MUNICÍPIO	HUMANO	ANIMAL	IRRIGAÇÃO	TURISMO	INDUSTRIAL	TOTAL
Acopiara	1.150.182	1.016.707	166.715	5.012	1.483	2.340.099
Aiuaba	254.983	373.328	468.755	33.650	183	1.130.899
Altaneira	122.968	56.914	271.153	-	744	451.780
Antonina do Norte	191.162	139.837	292.095	-	3.540	626.635
Araripe	421.112	331.589	289.244	33.650	4.260	1.079.855
Arneiroz	148.029	290.393	198.762	-	1.220	638.404
Assaré	431.184	517.490	1.565.303	-	715	2.514.692
Campos Sales	664.597	338.413	61.034	-	2.697	1.066.740
Cariús	395.491	379.063	442.878	-	424	1.217.856
Catarina	244.554	359.520	30.269	-	933	635.276
Farias Brito	513.220	348.830	266.509	-	61	1.128.620
Icó	2.026.902	1.159.595	29.857.145	33.650	11.366	33.088.659
Iguatu	3.846.579	1.024.311	19.192.099	46.183	347.164	24.456.336
Jucás	697.934	413.878	67.757	-	220.005	1.399.574
Nova Olinda	367.752	147.552	424.185	33.650	1.863	975.002
Orós	678.812	429.550	7.392.718	36.157	2.068	8.539.305
Parambu	648.922	906.003	454.486	-	34	2.009.445
Potengi	225.855	190.050	310.269	-	358	726.533
Quixelô	403.109	642.173	1.640.220	-	889	2.686.391
Saboeiro	345.017	427.602	165.849	-	-	938.469
Salitre	230.515	296.272	72.909	-	-	599.696
Santana do Cariri	706.577	384.258	1.936.990	3.829	5.464	3.037.117
Tarrafas	178.304	164.004	363.989	-	-	706.296
Tauá	1.210.197	2.063.745	208.841	-	911	3.483.694

Tabela A2 -CONSUMO - CENÁRIO B ANO - 2007

MUNICÍPIO	HUMANO	ANIMAL	IRRIGAÇÃO	TURISMO	INDUSTRIAL	TOTAL
Acopiara	1.281.390	1.296.001	106.026	5.012	1.679	2.690.108
Aiuaba	293.423	609.964	410.119	33.650	207	1.347.363
Altaneira	131.607	60.985	92.354	-	778	285.723
Antonina do Norte	199.902	149.823	107.045	-	3.698	460.467
Araripe	446.360	355.284	110.081	33.650	4.457	949.832
Arneiroz	166.272	517.125	126.418	-	1.378	811.194
Assaré	461.453	554.489	997.108	-	747	2.013.797
Campos Sales	734.152	383.065	147.748	-	3.050	1.268.015
Cariús	423.266	406.165	202.908	-	444	1.032.783
Catarina	273.713	406.963	118.896	-	1.054	800.626
Farias Brito	543.653	373.768	93.337	-	63	1.010.821
Icó	2.131.269	1.242.478	16.461.679	33.650	11.901	19.880.977
Iguatu	4.005.511	1.097.521	4.508.914	46.183	363.300	10.021.429
Jucás	773.511	468.493	98.014	-	248.466	1.588.484
Nova Olinda	388.021	158.100	89.070	33.650	1.949	670.789
Orós	714.365	460.256	3.434.674	36.157	2.165	4.647.617
Parambu	730.216	1.234.064	373.137	-	39	2.337.456
Potengi	237.908	203.632	107.075	-	374	548.989
Quixelô	427.024	688.072	780.137	-	931	1.896.164
Saboeiro	386.119	639.427	105.473	-	-	1.131.019
Salitre	265.263	335.359	194.187	-	-	794.809
Santana do Cariri	788.922	411.733	931.133	3.829	5.608	2.141.226
Tarrafas	190.817	175.727	147.205	-	-	513.748
Tauá	1.344.728	2.534.733	132.827	-	1.031	4.013.318