

# A ÁGUA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO NORDESTE



Vicente P. P. B. Vieira  
coordenador

IPRA



# A Água e o Desenvolvimento Sustentável no Nordeste

Vicente P.P.B. Vieira, coord.



A produção editorial deste volume contou com o apoio financeiro do Banco Interamericano de Desenvolvimento-BID, por intermédio do Programa Rede de Pesquisa Desenvolvimento de Políticas Públicas. Rede-IDEA, operacionalizado pelo Projeto BRA/97/013 de Cooperação Técnica com o PNUD.

Este trabalho foi realizado no âmbito do Acordo de Cooperação Técnica IPEA/CEPAL.

**MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO**

*Ministro – Martus Tavares*

*Secretário Executivo – Guilherme Dias*

**Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

*Presidente: Roberto Borges Martins*

**Diretoria**

*Eustáquio J. Reis*

*Gustavo Maia Gomes*

*Hubimaier Cantuária Santlago*

*Luis Fernando Tironi*

*Murilo Lôbo*

*Ricardo Paes de Barros*

**Coordenação Editorial**

**Coordenador**

*Marco Aurélio Dias Pires*

**Gerente de Produção**

*Suely Ferreira*

**Revisão**

*Chico Villela (coord.)*

*Carlos Alberto Vieira*

*Isabel Villa-Lobos Telles Ribeiro*

*Joslane da Luz Dias*

**Projeto Gráfico**

*Chico Villela*

*Iranilde Rego*

**Diagramação e Edição Eletrônica**

*Iranilde Rego (coord.)*

*Edineide Ramos*

*Francisco Souza Filho*

**Capa e Ilustrações**

*Ricardo Dubinskas*

# A Água e o Desenvolvimento Sustentável no Nordeste

Vicente P. P. B. Vieira, coord.

Francisco Suetônio Bastos Mota  
Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho  
José Nilson Beserra Campos  
Manoel Sylvio Carneiro Campello Netto  
Paulo José Poggi da Silva Pereira  
Raimundo Oliveira de Souza  
Waldir Duarte Costa  
Walter Martins Ferreira Filho

Colaboradores

Antonio Ermano Interaminense  
José do Patrocínio Tomaz de Albuquerque  
Luiz Alberto de Almeida Vieira  
Valdenor Nilo de Carvalho Júnior

***ipea***

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Brasília, maio de 2000

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA

Informações sobre aquisição das publicações do IPEA:

**Coordenação Editorial**

**Brasília**

Setor Bancário Sul, Q. I Bloco | Ed. BNDES, 10º andar

Cep: 70076-900 – Brasília-DF

Fone: (61) 315 5374 – Fax: (61) 315 5314

E-mail: editbsb@ipea.gov.br

**Home page:** <http://www.ipea.gov.br>

**Serviço Editorial**

**Rio de Janeiro**

Av. Presidente Antônio Carlos, 51 – 14º andar

Cep: 20020-010 – Rio de Janeiro-RJ

Fone: (21) 804 8118 – Fax: (21) 220 5533

E-mail: editrj@ipea.gov.br

A Água e o Desenvolvimento Sustentável no Nordeste/  
Vicente P.P.B. Vieira, Coord. [et. al.] – Brasília: IPEA,  
2000.  
264 p.

1. Água 2. Recursos Hídricos 3. Gestão Ambiental  
4. Desenvolvimento Sustentável 5. Brasil: Região  
Nordeste i. Vieira, Vicente de P.P.B. II IPEA.

CDD 333.91

Os artigos apresentados neste volume são de inteira e exclusiva responsabilidade de seus autores. As opiniões emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. É permitida a reprodução total ou parcial deste volume, desde que citada a fonte e enviada uma cópia da publicação ao IPEA.

IMPRESSO NO BRASIL

PRINTED IN BRAZIL

## SUMÁRIO

---

### APRESENTAÇÃO

INTRODUÇÃO 9

1 POTENCIALIDADES E DISPONIBILIDADES HÍDRICAS DO NORDESTE 15

2 DEMANDA E SUSTENTABILIDADE HÍDRICA 35

3 ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE FUTURA 75

4 VULNERABILIDADE ÀS SECAS 115

5 VULNERABILIDADE FUTURA 141

6 AVALIAÇÃO DAS POLÍTICAS 161

7 CENÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 199

8 FORMULAÇÃO DE UMA NOVA POLÍTICA 211

9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 235

ANEXO: TRANSPOSIÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO 243

1 Introdução

2 Importações de Água da Bacia do Tocantins

3 Transposição de Águas do Rio São Francisco

4 Planejamento das Obras e Aproveitamentos

5 Outros Benefícios Além da Irrigação

6 Considerações Ambientais e Sociais

7 Conflito com a Geração de Energia

8 Confronto entre a Irrigação no Vale do São Francisco e a Transposição

9 Vantagens e Desvantagens da Transposição

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 255



---

## APRESENTAÇÃO

O trabalho *A Água e o Desenvolvimento Sustentável no Nordeste*, agora publicado como livro, teve sua primeira versão concluída em 1994, como parte do esforço realizado pelo Projeto ÁRIDAS para produzir o documento *Nordeste: Uma Estratégia de Desenvolvimento Sustentável*, que o IPEA também publicou como livro em outubro de 1995.

Conforme depreenderão da sua leitura os interessados e os conhecedores das questões relacionadas aos recursos hídricos no Nordeste, o longo período que separa a publicação deste livro de sua primeira versão não o tornou obsoleto ou desatualizado; ao contrário, é impressionante a atualidade da obra – e é isso o que justifica sua publicação ainda que tardia.

O texto que agora vem à luz teve a coordenação de um eminente especialista, o Professor Vicente Vieira, que trabalhou com uma plêiade de colaboradores da mais alta qualificação e, desde a conclusão do relatório preliminar, não poupou esforços para aprimorá-lo e para atender aos sucessivos pedidos de alterações por parte de leitores anônimos indicados pelo Conselho Editorial do IPEA.

Crédito especial deve ser atribuído ao Coordenador Geral do Projeto ÁRIDAS, Antonio Rocha Magalhães que, certamente, tem muito a ver com este livro, não só pela iniciativa e pelo trabalho de muitos anos, mas também por ter definido a metodologia geral – registrada no *Documento Básico* do Projeto – orientadora do Grupo de Recursos Hídricos e dos outros seis grupos de trabalho encarregados dos temas que compõem o ÁRIDAS.

Muitos outros interessados na questão regional contribuíram, direta ou indiretamente, para a publicação deste livro; entre eles, os ministros Beni Veras e José Serra, o atual presidente do IPEA, Roberto Martins e seu antecessor, Fernando Rezende, bem como o diretor de Estudos Regionais e Urbanos, Gustavo Maia Gomes; todos grandes incentivadores



---

da produção e publicação de estudos sérios sobre o problema da água no Nordeste.

Ao tratar do tema, o livro parte de um amplo diagnóstico, traça cenários – tendencial e desejado –, analisa a sustentabilidade futura no que tange a recursos hídricos segundo diferentes cenários, considera a vulnerabilidade às secas – levando possíveis mudanças climáticas em consideração –, avalia políticas e, na linha do que se espera em trabalhos publicados pelo IPEA, sugere uma nova política. Questões polêmicas, como a transposição das águas do rio São Francisco, também são consideradas, com a abordagem técnica que é de se esperar de um estudo com as características do que ora se publica.

Ricardo R. A. Lima  
Coordenador Técnico do Projeto Áridas

## INTRODUÇÃO

A consciência da necessidade da *gestão integrada* dos recursos hídricos vem se consolidando, mundialmente, a partir da década de 60. Essa gestão integrada assume vários aspectos e envolve conotações diversas: é integrada no sentido de envolver todas as fases do ciclo hidrológico – superficial, subterrânea e aérea; integrada quanto aos usos e finalidades múltiplas; integrada no que diz respeito ao inter-relacionamento dos sistemas hídricos com os demais recursos naturais e ecossistemas; integrada em termos de co-participação entre gestores e usuários no planejamento e na administração dos recursos hídricos; e integrada aos objetivos gerais da sociedade, de desenvolvimento socioeconômico e preservação ambiental.

A partir de discussões, simpósios e conferências internacionais, alguns princípios e critérios de gestão hídrica estão se estabelecendo, ao longo dos anos, com o apoio consensual de técnicos, cientistas e administradores. Eis alguns deles, considerados fundamentais [Granzicra, 1993]:

1. *A água é um recurso natural limitado, essencial à vida e ao desenvolvimento.* Esse princípio foi expressamente declarado na Carta Européia da Água [Conselho da Europa, França, 1968] e reiterado na Declaração de Dublin, Irlanda, em 1992, pelas Nações Unidas.

2. *Os usos múltiplos da água devem ser considerados no processo de planejamento.* Esse princípio consta das recomendações da Conferência da Água de Mar del Plata, realizada em 1977, pelas Nações Unidas.

3. *A bacia hidrográfica é a unidade básica de gestão hídrica.* Nesse sentido se pronunciaram expressamente a Carta Européia da Água, já referida, bem como a Conferência de Caracas, promovida pela Associação Internacional de Direito da Água, em 1976.

4. *A água é um bem de valor econômico, passível de cobrança pelo seu uso.* Recomendação alusiva foi feita pela Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992.

Na América Latina, a administração da água geralmente está dividida, em cada país, por grande número de instituições, e há diferentes graus de centralização. Segundo estudos da Comissão Econômica para a América Latina e Caribe [CEPAL, 1992], registram-se as seguintes tendências:

- privatização ou municipalização de muitas atividades relacionadas com o uso da água;
- a administração do governo central reserva para si a responsabilidade de outorgar concessões; e
- adoção de mecanismos institucionais gerais baseados no conceito de gestão integrada de recursos hídricos.

No Brasil, iniciou-se, efetivamente, em 1983, com a realização de Seminário Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos, promovido pelo DNAEE, a busca de um sistema integrado de gestão de águas para todo o país, a qual culminou, em 1988, com a introdução de um dispositivo na Constituição Federal – art. 21, item XIX –, que atribui à União competência para "instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso".

A regulamentação desse preceito constitucional, objeto da Lei nº 9 433/97, incorporou todos aqueles princípios básicos universalmente aceitos, além de considerar as peculiaridades de um Estado federativo e de dimensões continentais, como é o caso brasileiro. Assim, foram explicitamente introduzidos, no projeto de lei, os seguintes princípios e critérios:

- o acesso aos recursos hídricos como direito de todos;
- a distribuição da disponibilidade de água segundo critérios econômicos, sociais e ambientais;
- o estímulo ao uso múltiplo e planejado da água;
- a manutenção do padrão de qualidade para todos os usos e usuários;
- a prevenção ou eliminação dos efeitos adversos provenientes de eventos críticos;
- a cobrança pela utilização dos recursos hídricos;
- o rateio do custo das obras de aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos;
- o respeito às diversidades e peculiaridades físicas, hidrológicas, sociais, econômicas, culturais e políticas, regionais e locais;
- a adoção da bacia hidrográfica como base das ações regionais; e
- a descentralização administrativa e a participação das comunidades envolvidas nos processos decisórios.

Reconhece-se, enfim, no país, que a "administração integrada dos recursos hídricos requer uma clara definição das políticas setoriais, bem como o estabelecimento e organização de um modelo institucional que permita a orientação e definição dos papéis a serem exercidos pelos vários atores intervenientes, nos níveis federal, estadual, municipal, privado e internacional" [ Benevides *et alii*, 1994].

É oportuno observar que as constituições estaduais, promulgadas em 1989, refletiram, naturalmente, a mesma sensibilidade em relação aos recursos hídricos que a Constituição Federal, e contemplaram, em seus preceitos, artigos e até capítulos direta ou indiretamente ligados à problemática da água, seus usos e prioridades, sua participação nos recursos naturais e meio ambiente, e suas especificidades locais. Alguns estados se adiantaram à regulamentação federal e já instituíram os seus sistemas estaduais de gerenciamento, com políticas próprias, e até aprovaram seus primeiros planos estaduais de recursos hídricos. Para citar dois exemplos, São Paulo e Ceará, por intermédio da promulgação, respectivamente, das Lcis nºs 7 663, de 30/12/91, e 11 996/92, de 24/7/92, institucionalizaram o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo e o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará.

A região Nordeste, como é sabido por todos, é uma região-problema, notadamente no que diz respeito à relativa escassez de recursos naturais e, em especial, à variabilidade climática predominante e à irregularíssima distribuição geográfico-temporal de seus recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Eis as principais características do Nordeste Semi-Árido, em relação ao recurso *água*:

- rios intermitentes;
- secas periódicas e cheias frequentes;
- uso predominante da água para abastecimento humano e agropecuário;
- águas subterrâneas limitadas, em razão da formação cristalina que abrange cerca de 70% do Semi-Árido;
- precipitação e escoamento superficial pequenos, se comparados ao restante do Brasil; enquanto em todo o país o escoamento específico é de 21 l/s/km<sup>2</sup>, no NE é de apenas 4 l/s/km<sup>2</sup> [ Barth, 1987];

- a eficiência hidrológica dos reservatórios é extremamente baixa, em função das altas taxas de evaporação; a disponibilidade efetiva anual, oriunda de reservatórios, é de cerca de 1/5 de sua capacidade de acumulação;
- conflitos de domínio, entre União e estados, em trechos de rios perenizados por reservatórios públicos;
- necessidade do uso conjunto de águas superficiais e subterrâneas, nas aluviões que se estendem ao longo de rios providos de reservatórios de montante; e
- existência de ampla, embora insuficiente, infra-estrutura hídrica construída ao longo dos anos, com reservatórios de todos os tamanhos, públicos e privados, e poços perfurados no sedimento e no cristalino; há problemas de segurança, manutenção e operação.

Essas e outras peculiaridades vêm sendo sistematicamente apontadas [Vicira, 1992] em várias oportunidades, e isso caracteriza a necessidade de uma visão regional para a compreensão e aproveitamento dos recursos hídricos do Semi-Árido. Aliás, o reconhecimento dessas peculiaridades regionais sempre se manifestou na legislação federal, desde o Código de Águas de 1934 (art. V) até a Constituição de 1988 (art. 21, item XVIII; art. 43 e art. 42 – ADCT).

Em recente e importante estudo feito pela Comissão de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento do Nordeste [SCT, 1992] concluiu-se, entre outras coisas, que:

- “O problema crucial dos recursos hídricos no Nordeste, como em todo o Brasil, é o estabelecimento de um sistema eficiente e integrado de gerenciamento”.
- “O sistema de gerenciamento de recursos hídricos deve desenvolver quatro linhas de ação, complementares e interdependentes:
  - gerenciamento de bacias hidrográficas;
  - gerenciamento de secas e inundações;
  - gerenciamento hidroambiental; e
  - gerenciamento de águas subterrâneas.”

Nesse contexto, o presente trabalho busca consolidar os estudos básicos realizados por equipe de especialistas, analisar a situação atual dos recursos

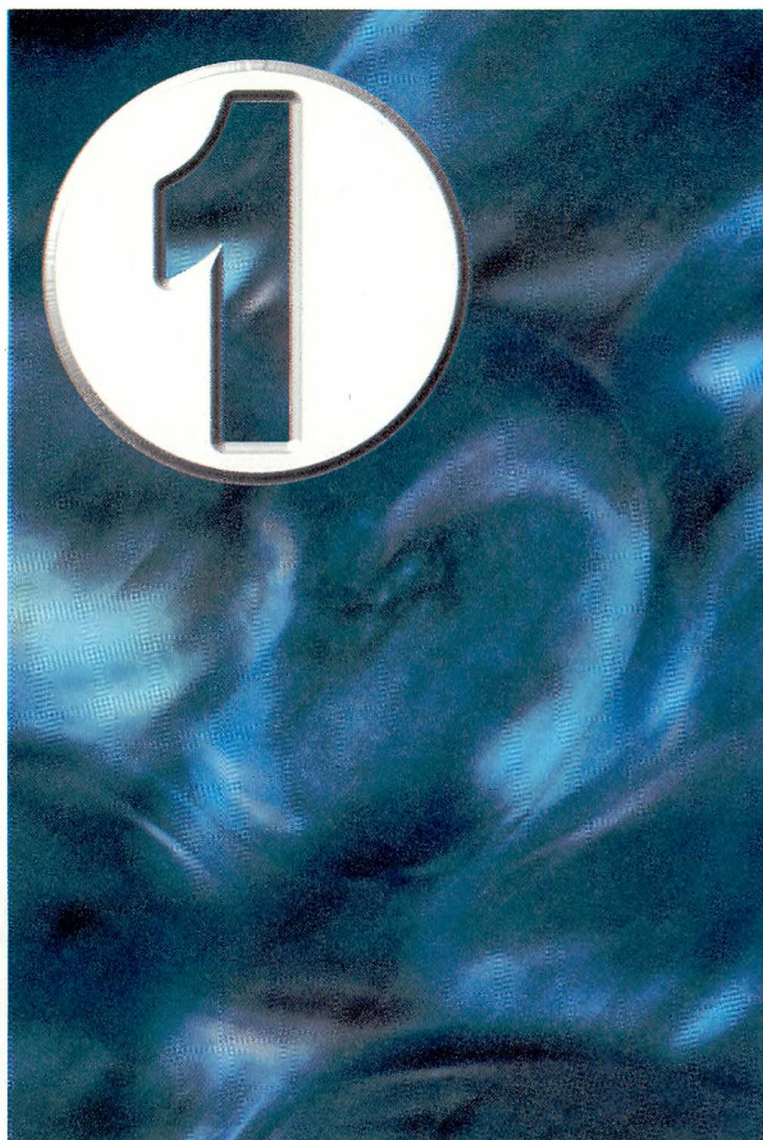
hídricos no Nordeste, e apontar, ao final, diretrizes e critérios para o estabelecimento de nova política de gestão de recursos hídricos para o Semi-Árido, voltada para o desenvolvimento sustentável da região.

O trabalho compõe-se de nove capítulos, que contêm, basicamente: diagnóstico dos recursos hídricos do Nordeste; análise da sustentabilidade hídrica atual e futura; estudo de vulnerabilidade às secas, sob o ponto de vista dos recursos hídricos, na situação presente e cenários futuros; avaliação das políticas de água até hoje adotadas pelo governo para o Nordeste; indicações para a formulação de políticas hídricas e sugestão de linhas de ação e diretrizes específicas.

É oportuno destacar, de um lado, a precariedade de dados e informações sistemáticos existentes na região, bem como a complexidade e heterogeneidade dos problemas hídricos em geral, os quais limitaram o escopo do trabalho e o aprofundamento das análises; e, de outro lado, o aspecto pioneiro de algumas abordagens relacionadas à vulnerabilidade e sustentabilidade hídricas, que permitiram a quantificação de alguns indicadores e evidenciaram a existência de vazios hídricos e áreas críticas e tendentes a críticas em determinadas regiões do Semi Árido.

Registre-se, finalmente, que este trabalho é uma síntese de estudos realizados para o Projeto Áridas, do Ministério do Planejamento e Orçamento, e que, por esta razão, seguiu uma metodologia por ele sugerida, sob a segura orientação do Coordenador Geral Antonio Rocha Magalhães e do Coordenador Técnico Ricardo Lima.





Potencialidades e Disponibilidades  
Hídricas do Nordeste





# Capítulo 1

## Potencialidades e Disponibilidades Hídricas do Nordeste

### SUMÁRIO

1.1 Balanço Hídrico das Unidades de Planejamento	19
1.2 Potencialidades Hídricas	23
1.3 Disponibilidades Hídricas	25
1.4 Capacidade de Acumulação	26
1.5 Reservas dos Aqüíferos do Nordeste	29
1.6 Qualidade da Água	32



O presente capítulo tem por objetivo fazer um levantamento da situação geral dos recursos hídricos da região, de suas potencialidades e disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas.

Baseia-se, fundamentalmente, nas informações contidas no Plano Integrado de Recursos Hídricos do Nordeste (PLIRHINE), elaborado pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) nos anos 80, devidamente atualizadas em função dos trabalhos e estudos feitos posteriormente.

O PLIRHINE dividiu a área de atuação da SUDENE – 1 663 230 km<sup>2</sup> – em 24 grandes bacias ou conjuntos de bacias, denominadas Unidades de Planejamento (UP), localizadas em dez estados da Federação, conforme mostra em detalhe a tabela 1.1.1.

### 1.1 BALANÇO HÍDRICO DAS UNIDADES DE PLANEJAMENTO

O balanço hídrico de cada UP constitui-se em uma análise dos componentes básicos do ciclo hidrológico, de forma a caracterizar o nível de aridez e a natural vulnerabilidade hídrica de cada bacia.

A tabela 1.1.2 aponta os valores das seguintes variáveis hidrológicas: Precipitação Média Anual, Escoamento Médio Anual, Coeficiente de Escoamento ou *run-off*, e o chamado *Déficit de Escoamento*, que é a soma da Evapotranspiração Real com a Infiltração Média ocorrida.

TABELA 1.1.1  
Caracterização das Unidades de Planejamento Utilizadas

UP –	Denominação	Área Principais Bacias Hidrográficas (km <sup>2</sup> )	Estados
1	Tocantins Maranhense	32 900 Tocantins	MA
2	Gurupi	50 600 <sup>1</sup> Gurupi, Turiaçu	MA
3	Meanim-Grajaú-Pindaré	97 000 Meanim, Grajaú, Pindaré	MA
4	Itaperucu	54 000 Itaperucu	MA
5	Munim-Barreirinhas	27 700 Munim, Preguiças	MA
6	Parnaíba	330 000 Parnaíba	MA, PI, CE
7	Acarauá-Coreaú	30 500 Coreaú, Acaraú, Aracatiçu	PI, CE

(continua)

(continuação)

UP	Denominação	Área Principais Bacias Hidrográficas (km <sup>2</sup> )		Estados
8	Curu	11 500	Curu	CE
9	Fortaleza	14 700	São Gonçalo, Ceará, Pacoti, Cocó, Pirangi	CE
10	Jaguaribe	72 000	Jaguaribe	CE
11	Apodi-Mossoró	15 900	Apodi-Mossoró	CE, RN
12	Piranhas-Açu	44 100	Piranhas-Açu	RN, PB
13	Leste Potiguar	24 440	Ceará-Mirim	RN, PB
14	Oriental da Paraíba	23 760	Mamanguape, Paraíba	PB
15	Oriental de Pernambuco	25 300	Capibaribe, Ipojuca, Una	PE
16	Bacias Alagoanas	17 100	Mundaú	PE, AL
17	São Francisco	487 000	São Francisco <sup>1</sup>	PE, AL, SE, BA, MG
18	Vaza-Barris	22 330	Vaza-Barris	SE, BA
19	Itapicuru-Real	46 100	Real, Itapicuru	SE, BA
20	Paraguaçu-Salvador	81 560	Pojuca, Paraguaçu, Iquiriça	BA
21	Contas-Iequié	62 240	Contas	BA
22	Pardo-Cachoeira	42 000	Cachoeira, Pardo	BA, MG
23	Iequitinhonha	23 200	Iequitinhonha <sup>1</sup>	BA, MG
24	Extremo Sul da Bahia	27 300	Iucuruçu, Itan'ém, Mucuri <sup>1</sup>	BA
Nordeste		1 663 230		

FONTE: SUDENE – Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil (PLIRHINE), 1980.

Nota: <sup>1</sup> Área da Unidade de Planejamento incluída no Nordeste da SUDENE.

TABELA 1.1.2

Balço Hídrico das Unidades de Planejamento

UP	Denominação	Área (km <sup>2</sup> )	Precipitação		Escoamento		Coeficiente de Escoamento Run-Off	Evapotranspiração Real + Infiltração	
			(mm/ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)	(mm/ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)		(mm/ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)
1	Tocantins Maranhense	32 980	1 500	49 350,000	181	5 950,000	0.120666	1 319	43 400,000
2	Gurupi	50 600 <sup>1</sup>	1 840	93 104,000	352	17 800,000	0.191304	1 488	75 304,000
3	Meantim-Grajaú-Pindaré	97 000	1 550	150 350,000	181	175 70,000	0.116774	1 369	132 780,000
4	Itapicuru	54 000	1 450	78 300,000	172	9 300,000	0.118620	1 278	69 000,000
5	Murim-Bairreinhas	27 700	1 750	48 475,000	318	8 810,000	0.181714	1 432	39 665,000
6	Paraíba	330 000	1 030	339 900,000	122	40 120,000	0.118446	908	299 780,000
7	Acarauá-Coreaú	30 500	970	29 585,000	173	5 270,000	0.178350	797	24 315,000
8	Curu	11 500	880	10 120,000	205	2 360,000	0.232954	675	7 760,000
9	Fortaleza	14 700	990	14 553,000	154	2 270,000	0.155555	836	12 283,000
10	Jaguaribe	72 000	790	56 880,000	58	4 150,000	0.073417	732	52 730,000
11	Apodi-Mossoró	15 900	710	11 289,000	52	820,000	0.073239	658	10 469,000
12	Piranhas-Açu	44 100	640	28 224,000	62	2 720,000	0.096875	578	25 504,000
13	Leste Potiguar	24 440	690	16 863,600	69	1 680,000	0.099622	621	15 183,600

(continua)

(continuação)

UP - Denominação	Área (km <sup>2</sup> )	Precipitação		Escoamento		Coeficiente de Escoamento <i>Run-Off</i>	Evapotranspiração Real + Infiltração	
		(mm/ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)	(mm/ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)		(mm/ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)
14 Oriental da Paraíba	23 760	690	16 394,400	92	2 190,000	0,133333	598	14 204,400
15 Oriental de Pernambuco	25 300	1 040	26 312,000	171	4 330,000	0,164423	869	21 982,000
16 Baías Fajãoanas	17 100	1 280	21 888,000	180	3 080,000	0,140625	1 100	18 808,000
17 São Francisco	487 000	910	443 170,000	84	41 100,000	0,092307	826	402 070,000
18 Vaza-Barris	22 330	760	16 970,800	54	1 200 000	0,071052	706	15 770,800
19 Itapituni-Real	46 100	770	35 497,000	45	2 080,000	0,058441	725	33 417,000
20 Paraguaçu-Salvador	81 560	930	75 850,800	103	8 420,000	0,110752	827	67 430,800
21 Contas-Jequié	62 240	870	54 148,800	89	5 560,000	0,102298	781	48 588,800
22 Pardo-Cachoeira	42 000	1 260	52 920,000	170	7 160,000	0,134920	1090	45 760,000
23 Jequiinhonha	23 200 <sup>1</sup>	1 030	23 896,000	269	6 250 000	0,261165	761	17 646,000
24 Extremo Sul da Bahia	27 300 <sup>1</sup>	1 320	36 036,000	256	6 980,000	0,193939	1064	29 056,000

Fonte : SUDENE - Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil (PLIRHINE), 1980.

Nota :<sup>1</sup>Área da Unidade de Planejamento incluída no Nordeste da SUDENE.

TABELA 1.1.3

## Déficit de Evapotranspiração das Unidades de Planejamento

UP - Denominação	Área (km <sup>2</sup> )	Precipitação		Evapotranspiração Potencial		Escoamento		Déficit de Evapotransp. <sup>1</sup>		DÉFICIT <sup>2</sup>
		(mm/ ano)	(hm <sup>3</sup> / ano)	(mm/ ano)	(hm <sup>3</sup> / ano)	(mm/ ano)	(hm <sup>3</sup> / ano)	(mm/ ano)	(hm <sup>3</sup> / ano)	
1 Tocantins Maranhense	32 900	15 00	49 350,000	1 642	54 010,277	181	5 950,000	323	10 610,277	0,215
2 Gurupá	50 600 <sup>1</sup>	18 40	93 104,000	1 538	77 835,141	352	17 800,000	50	2 531,141	0,027
3 Mearim-Grajaú-Pindaré	97 000	15 50	150 350,000	1 527	148 124,188	181	17 570,000	158	15 344,188	0,102
4 Itapeturu	54 000	14 50	78 300,000	1 801	97 279,842	172	9 300,000	524	28 279,842	0,361
5 Munim-Barrerinhas	27 700	17 50	48 475,000	1 727	47 832,179	318	8 810,000	295	8 167,179	0,168
6 Parnaíba	330 000	10 30	339 900,000	1 875	618 878,063	122	40 120,000	967	319 098,063	0,939
7 Acaraú-Coreaú	30 500	970	29 585,000	1 885	57 811,802	173	5 270,000	1098	33 496,802	1,132
8 Curu	11 500	880	10 120,000	1 749	20 113,500	205	2 360,000	1074	12 353,500	1,221
9 Fortaleza	14 700	990	14 553,000	1 749	25 710,447	154	2 270,000	913	13 427,447	0,923
10 Jaguaribe	72 000	790	56 880,000	1 873	134 828,211	58	4 150,000	1140	82 098,211	1,443
11 Apodi-Mossoró	15 900	710	11 289,000	1 899	30 199,325	52	820,000	1241	19 730,325	1,748
12 Piranhas-Açu	44 100	640	28 224,000	1 816	80 079,733	62	2 720,000	1238	54 575,733	1,934

(continua)

(continuação)

UP – Denominação	Área (km <sup>2</sup> )	Precipitação		Evapotranspiração Potencial		Escoamento		Déficit de Evapotransp. <sup>2</sup>		DETPR <sup>3</sup>
		(mm/ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)	(mm/ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)	(mm/ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)	(mm/ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)	
13 Leste Polígua	24 440	690	16 863,600	1 693	41 365,259	69	1 680,000	1071	26 181,659	1,553
14 Oriental da Paraíba	23 760	690	16 394,400	1 588	37 724,059	92	2 190,000	990	23 519,659	1,435
15 Oriental de Pernambuco	25 300	1 040	26 312,000	1 570	39 710,880	171	4 330,000	701	17 728,880	0,674
16 Bacias Alagoanas	17 100	1 280	21 888,000	1 546	26 443,477	180	3 080,000	447	7 635,477	0,349
17 São Francisco <sup>1</sup>	487 000	910	443 170,000	1 812	882 482,535	844	1 100,000	986	480 412,535	1,084
18 Vaza-Barris	22 330	760	16 970,800	1 662	37 119,744	54	1 200,000	956	21 348,944	1,258
19 Itapicuru-Real	46 100	770	35 497,000	1 677	77 330,721	45	2 080,000	953	43 913,721	1,237
20 Paraguaçu-Salvador	81 560	930	75 850,800	1 429	116 530,851	103	8 420,000	602	49 100,051	0,647
21 Contas-Jequié	62 240	870	54 148,800	1 578	98 183,605	89	5 560,000	797	49 594,805	0,916
22 Parque-Cachoeira	42 000	1 260	52 920,000	1 306	54 854,168	170	7 160,000	217	9 094,168	0,172
23 Jequitinhonha <sup>1</sup>	23 200 <sup>1</sup>	1 030	23 896,000	1 420	32 955,526	269	6 250,000	660	15 309,526	0,641
24 Extremo Sul da Bahia <sup>1</sup>	27 300 <sup>1</sup>	1 320	36 036,000	1 354	36 951,268	256	6 980,000	289	7 895,268	0,219

Notas: <sup>1</sup>Área da Unidade de Planejamento incluída no Nordeste da SUDENE.

<sup>2</sup>Obrido pela diferença: Evapotranspiração Potencial - (Precipitação - Escoamento).

<sup>3</sup>DETPR: Déficit de Evapotranspiração Relativo (Déficit de Evapotranspiração/ Precipitação).

Em termos de equação do balanço hídrico, teríamos:

$$P - Q = ETR + I$$

em que

P = Precipitação Média na Bacia, em mm/ano ou hm<sup>3</sup>/ano;

Q = Escoamento Médio na Bacia., em mm/ano ou hm<sup>3</sup>/ano;

ETR = Evapotranspiração Real, em mm/ano ou hm<sup>3</sup>/ano; e

I = Infiltração na Bacia, em mm/ano ou hm<sup>3</sup>/ano.

Constata-se, na tabela 1.1.1, maior pluviosidade nas UP de números 1 a 6 (bacias maranhenses e do Parnaíba), 15 e 16 (bacias litorâneas pernambucanas e alagoanas), e 22 a 24 (bacias do sul da Bahia).

Vê-se, também, claramente, uma característica importante de regiões semi-áridas – os baixos coeficientes de escoamento –, que variam de 0,06 a 0,26, com uma média de aproximadamente 0,12.

Outro aspecto a se considerar é a grande diferença entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real, que mostra outra caracterís-

tica marcante da região: o excessivo poder evaporante da atmosfera em relação aos níveis de umidade do solo e à própria precipitação.

Chamemos de Déficit de Evapotranspiração a diferença entre a Evapotranspiração Potencial e o Déficit de Escoamento ( $P - Q$ ):

$$DETP = ETP - (P - Q),$$

em que

DETP = Déficit de Evapotranspiração; e

ETP = Evapotranspiração Potencial.

Esse Déficit de Evapotranspiração será tanto maior quanto maior for a *avidez* de evaporação da natureza, no local. Se compararmos esse déficit com a precipitação local, teremos um coeficiente adimensional, indicador de vulnerabilidade, a que chamaremos de Déficit de Evapotranspiração Relativo (DET<sub>PR</sub>):

$$DET_{PR} = DETP/P.$$

Regiões com valores de DET<sub>PR</sub> maiores que a unidade têm maior vulnerabilidade, do ponto de vista hídrico. Com relação às UP analisadas, pode-se observar, pela tabela 1.1.2, que as mais críticas são as seguintes: Acaraú-Coreaú, Curu, Jaguaribe, Apodi-Mossoró, Piranhas-Açu, Leste Potiguar, Oriental da Paraíba, Vaza-Barris e Itapecuru-Real. Note-se que a Evapotranspiração Potencial apresentada na tabela 1.1.2 foi calculada segundo Hargreaves, com uso das normais meteorológicas do INEMET, para o período 1961/1990.

## 1.2 POTENCIALIDADES HÍDRICAS

A precipitação pode ser considerada, em princípio, a fonte de alimentação dos deflúvios e aquíferos. Dessa forma, a precipitação média anual sobre determinada bacia corresponderia ao recurso hídrico renovável máximo de que se poderia teoricamente dispor. Entretanto, grande parte dessa água é consumida no processo de evapotranspiração; resta, apenas, uma fração relativamente pequena, para compor o escoamento superficial direto, a infiltração e, posteriormente, o escoamento subterrâneo.

A potencialidade hídrica de uma bacia será, então, considerada, neste estudo, como a soma do escoamento superficial direto e do escoamento de



base (subterrâneo), que se constitui no chamado escoamento superficial total ou escoamento fluvial, calculado em termos médios de longo período.

Note-se que a parcela que corresponde ao escoamento de base representa a potencialidade hídrica subterrânea, garantida pela recarga dos aquíferos. Nesse contexto, não se inclui nenhuma fração das reservas permanentes, em uma perspectiva de sustentabilidade hídrica para o futuro.

Os estudos do PLIRHINE mostram que, do total precipitado na região Nordeste, apenas 12% se escoam: 8,6% por escoamento superficial e 3,4% por escoamento subterrâneo. Por outro lado, com 1 140mm de precipitação média regional, o volume total precipitado é de 1 730 bilhões de metros cúbicos por ano, assim distribuídos:

- 1 523 bilhões de metros cúbicos correspondentes à evaporação e evapotranspiração;
- 149 bilhões de metros cúbicos de escoamento superficial; e
- 58 bilhões de metros cúbicos de infiltração e escoamento subterrâneo.

A tabela 1.2.1 mostra, para as 24 bacias da região, as potencialidades hídricas superficiais, subterrâneas e totais, em hectômetros cúbicos por ano.

As potencialidades globais alcançam, assim, a cifra de 207 030 hectômetros cúbicos por ano, assim distribuídos:

- 148 625 hectômetros cúbicos de escoamento superficial por ano; e
- 58 405 hectômetros cúbicos de escoamento subterrâneo por ano.

É interessante observar que as bacias do Parnaíba e São Francisco, únicos rios perenes de grande porte da região, contribuem, juntas, com o total de 81 220 hectômetros cúbicos, equivalentes a quase 40% do escoamento global.

TABELA 1.2.1

Potencialidades e Disponibilidades das Unidades de Planejamento

UP - Denominação	Área (km <sup>2</sup> )	Potencialidade (hm <sup>3</sup> /ano)		Total (hm <sup>3</sup> /ano)	Disponibilidade (hm <sup>3</sup> /ano)		Total (hm <sup>3</sup> /ano)
		Escoamento Superficial	Escoamento Subterrâneo		Escoamento Superficial	Escoamento Subterrâneo	
2 Gurupi	50 600	15 290,00	2 510,000	17 800,000	2 510,000	84,000	2 594,000
3 Meanim-Grajaú-Pindaré	97 000	14 140,00	3 430,000	17 570,000	3 430,000	591,500	4 021,500
4 Itapecuru	54 000	7 750,00	1 550,000	9 300,000	1 550,000	203,000	1 753,000
5 Munim-Barrinhas	27 700	5 690,00	3 120,000	8 810,000	1 760,000	170,000	1 930,000

(continua)

(continuação)

UP — Denominação	Área (km <sup>2</sup> )	Potencialidade (hm <sup>3</sup> /ano)		Total (hm <sup>3</sup> /ano)	Disponibilidade (hm <sup>3</sup> /ano)		Total (hm <sup>3</sup> /ano)	
		Escoamento Superficial	Escoamento Subterrâneo		Escoamento Superficial	Escoamento Subterrâneo		
								6
7	Acarauí-Coreaui	30 500	3 910,00	1 360,000	5 270,000	579,690	120,400	700,090
8	Curu	11 500	2 010,00	350,000	2 360,000	369,127	196,600	565,727
9	Fortaleza	14 700	1 740,00	530,000	2 270,000	221,899	444,300	666,199
10	Jaguaripe	72 000	3 340,00	810,000	4 150,000	1 937,060	141,300	2 078,360
11	Apoc-Mossoró	15 900	520,00	300,000	820,000	164,399	53,000	217,399
12	Piranhas Açu	44 100	2 130,00	590,000	2 720,000	1 525,525	30,000	1 555,525
13	Leste Potiguar	24 440	950,00	730,000	1 680,000	114,564	105,300	219,864
14	Oriental da Paraíba	23 760	1 290,00	900,000	2 190,000	261,899	102,000	363,899
15	Oriental de Pernambuco	25 300	3 380,00	950,000	4 330,000	150,931	175,000	325,931
16	Bacias Alagoanas	17 100	1 430,00	1 650,000	3 000,000	7,917	232,600	240,517
17	São Francisco	487 000 <sup>1</sup>	24 400,00	16 700,000	41 100,000	64 385,280	452,600	64 837,880 <sup>2</sup>
18	Vaza-Barris	22 330	810,00	390,000	1 200,000	75,608	35,200	110,808
19	Itapicuru-Real	46 100	1 200,00	880,000	2 080,000	163,442	48,500	211,942
20	Paraguauçu-Salvador	81 560	4 215,00	4 205,000	8 420,000	1 700,000	56,000	1 756,000
21	Contas-Jequié	62 240	4 860,00	700,000	5 560,000	700,000	33,500	733,500
22	Pardo-Cachoeira	42 000	5 820,00	1 240,000	7 160,000	795,000	22,000	817,000
23	Jequitinhonha	23 200 <sup>1</sup>	5 570,00	540,000	6 110,000	540,000	8,500	548,500
24	Extremo Sul da Bahia	27 300 <sup>1</sup>	1 540,00	5 440,000	6 980,000	1 400,000	15,000	1 415,000
Nordeste (SUDENE)		166 3230	148 625,000	58 405,000	20 7030,000	92 929,381	4 372,300	97 301,681

Notas: <sup>1</sup>Área da Unidade de Planejamento incluída no Nordeste da SUDENE.

<sup>2</sup>Inclui contribuição do Alto São Francisco fora do Nordeste da SUDENE.

### 1.3 DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

A disponibilidade hídrica pode ser definida, quer em termos de águas superficiais, quer em termos de águas subterrâneas, como a quantidade de água, efetivamente disponível, de forma duradoura ou permanente.

Assim, a disponibilidade de águas superficiais de cada UP foi obtida como se segue:

a) No caso da inexistência de estudos de vazão regularizada, adotou-se um valor igual a 25% da capacidade total de acumulação dos açudes da UP. Esse valor, embora aproximado, na prática, apresenta-se como bastante razoável.

b) Para as existências de estudos de vazão regularizada, foram adotados os valores obtidos nesses estudos.

c) Para as UP de números 1 a 5 (bacias do Maranhão) e de números 20 a 24 (bacias da Bahia), que possuem rios perenes, adotaram-se suas vazões mínimas, fornecidas pelo PIRHINE.

d) Para as UP 6 (Parnaíba) e 17 (São Francisco), adotou-se a vazão regularizada das barragens de Boa Esperança e Sobradinho, respectivamente.

As disponibilidades hídricas subterrâneas foram estimadas a partir de uma apreciação estatística por *sistema aquífero* e distribuídas por bacia hidrográfica em valores anuais; tomou-se por base a disponibilidade nominal dos poços instalados e consideraram-se doze horas de bombeamento diário.

Na tabela 1.2.1 estão também discriminadas as disponibilidades superficiais, subterrâneas e totais das diversas Unidades de Planejamento; as vazões regularizadas consideradas foram calculadas no nível de garantia de 90%.

#### 1.4 CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO

Como a principal forma de disponibilização de água na região Nordeste é a acumulação em reservatórios, apresentam-se, a seguir, dados comparativos (ver tabela 1.4.1) da potencialidade, disponibilidade e capacidade dos reservatórios de cada UP. Nessa tabela pode-se verificar que, em geral, ainda se poderia ampliar significativamente a acumulação em açudes, uma vez que essa acumulação pode atingir pelo menos duas vezes o valor do escoamento médio, quando se trata de bacias de rios perenes. Em alguns casos, entretanto, como as bacias do Jaguaribe e Piranhas-Açu, a capacidade de acumulação já está próxima do máximo hidrologicamente permissível, e isso indica a necessidade de futura transposição de outras bacias hidrográficas possuidoras de abundância hídrica.

TABELA 1.4.1

#### Capacidade da Açudagem das Unidades de Planejamento

UP – Denominação	Área (km <sup>2</sup> )	Potencialidade (hm <sup>3</sup> /ano)	Disponibilidade (hm <sup>3</sup> /ano)	Capacidade da Açudagem (hm <sup>3</sup> )
1 Tocantins Maranhense	32 900	5 950,000	575,000	0,790
2 Gurupi	50 600 <sup>1</sup>	17 800,000	2 594,000	0,260
3 Mearim-Grajaú-Pindaré	97 000	17 570,000	4 021,500	10,260
4 Itapecuru	54 000	9 300,000	1 753,000	2,440
5 Munim-Barreirinhas	27 700	8 810,000	1 930,000	1,570
6 Parnaíba	330 000	40 120,000	9 064,040	6 779,068

(continua)

(continuação)

UP – Denominação		Área	Potencialidade	Disponibilidade	Capacidade da Açudagem
		(km <sup>2</sup> )	(hm <sup>3</sup> /ano)	(hm <sup>3</sup> /ano)	(hm <sup>3</sup> )
7	Acarau-Coreaú	30 500	5 270,000	700,090	1 825,682
8	Curu	11 500	2 360,000	565,727	1 196,531
9	Fortaleza	14 700	2 270,000	666,199	850,245
10	Jaguaribe	72 000	4 150,000	2 078,360	7 054,173
11	Apodi-Mossoró	15 900	820,000	217,399	657,597
12	Piranhas-Açu	44 100	2 720,000	1 555,525	6 102,101
13	Leste Potiguar	24 440	1 680,000	219,864	458,256
14	Oriental da Paraíba	23 760	2 190,000	363,899	1 047,595
15	Oriental de Pernambuco	25 300	4 330,000	325,931	603,725
16	Bacias Alagoanas	17 100	3 080,000	240,517	31,669
17	São Francisco	487 000 <sup>1</sup>	41 100,000	64 837,880	55 209,933
18	Vaza-Barris	22 330	1 200,000	110,808	302,430
19	Itapicuru-Real	46 100	2 080,000	211,942	653,766
20	Paraguaçu-Salvador	81 560	8 420,000	1 756,000	1 691,652
21	Contas-Iequié	62 240	5 560,000	733,500	617,395
22	Pardo-Cachoeira	42 000	7 160,000	817,000	28,490
23	Iequitinhonha	23 200 <sup>1</sup>	6 110,000	548,500	1,590
24	Extremo Sul da Bahia	27 300 <sup>1</sup>	6 980,000	1 415,000	0,080
Nordeste (SUDENE)		1 663 230	207 030,000	97 301,681	85 127,298

Nota: <sup>1</sup>Área da Unidade de Planejamento incluída no Nordeste da SUDENE.

Na tabela 1.4.2, na qual a capacidade de acumulação está distribuída por estado, observa-se que Ceará assume a liderança, seguido da Bahia, (excluídas as barragens das usinas hidrelétricas da CHESF).

TABELA 1.4.2  
Capacidade da Açudagem dos Estados

Estado	Capacidade da Açudagem (hm <sup>3</sup> )	Capacidade da Açudagem <sup>1</sup> (hm <sup>3</sup> )
Maranhão	15,320	15,320
Piauí	5 511,298	426,298
Ceará	11 557,988	11 557,988
Rio Grande do Norte	3 495,833	3 495,833
Paraíba	3 183,256	3 183,256
Pernambuco	13 271,041	2 489,041
Alagoas	3 859,206	59,206
Sergipe	55,711	55,711
Bahia	43 298,519	7 956,519
Minas Gerais (SUDENE)	879,126	879,126
Nordeste (SUDENE)	85 127,298	30 118,298

Nota: <sup>1</sup>Sem se considerarem as usinas hidrelétricas (Barragem de Boa Esperança-PI, Itaparica-PE, Sobradinho-BA, Xingó-AL, e Moxotó-BA).

Ressalte-se que, dos 85,127 bilhões de metros cúbicos de capacidade total de acumulação, 56,009 bilhões de metros cúbicos referem-se às capacidades de acumulação dos reservatórios de Sobradinho (34,116 bilhões), Itaparica (11,782 bilhões), Xingó (3,800 bilhões), Moxotó (1,226 bilhão) e Boa Esperança (5,085 bilhões).

O Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS) construiu 295 açudes públicos na região semi-árida nordestina, com capacidade total de acumulação de 16,540 bilhões de metros cúbicos, o que possibilitou a percnização de 3 320 km de rios intermitentes. Na tabela I.4.3 estão indicadas, por estado, a quantidade e a capacidade de acumulação dos reservatórios públicos construídos pelo órgão.

**TABELA I.4.3**  
**Açudes Públicos Construídos pelo DNOCS**

Estado	Quantidade	Capacidade (hm <sup>3</sup> )
Piauí	15	292
Ceará	76	8 036
Rio Grande do Norte	52	3 039
Paraíba	43	2 649
Pernambuco	36	1 319
Alagoas	23	59
Sergipe	11	20
Bahia	35	1 044
Minas Gerais	4	83
Total	295	16 541

Fonte: DNOCS.

O DNOCS construiu, ainda, em regime de cooperação com particulares e prefeituras, 676 açudes, que podem acumular, em seu conjunto, 1,431 bilhão de metros cúbicos. Na tabela I.4.4 estão indicadas, por estado, a quantidade e a capacidade de acumulação dos reservatórios construídos em regime de cooperação.

TABELA 1.4.4

Açudes Construídos pelo DNOCS em Regime de Cooperação com Particulares e Prefeituras

Estado	Quantidade	Capacidade (hm <sup>3</sup> )
Piauí	01	0,7
Ceará	463	1 139,5
Rio Grande do Norte	64	104,8
Paraíba	43	110,1
Pernambuco	36	50,5
Alagoas	23	1,0
Sergipe	11	0,8
Bahia	35	23,7
Total	676	1 431,1

Fonte: DNOCS.

## 1.5 RESERVAS DOS AQUIFÉROS DO NORDESTE

O primeiro estudo significativo de avaliação das reservas hídricas subterrâneas data de 1966, e foi efetuado por Rebouças e Gasparry. Publicado sob o título "As Águas Subterrâneas do Nordeste: estimativas preliminares", foi reeditado em 1971 (Série Hidrogeologia nº 6 – SUDENE).

A tabela 1.5.1, sob o título "Possibilidades Hidrogeológicas do Nordeste do Brasil", mostra os valores calculados por Rebouças e Gasparry para a vazão de escoamento natural, reservas permanentes e reservas exploráveis, para cada tipo de aquífero.

A vazão de escoamento natural corresponde ao escoamento de base dos rios, ou seja, à reserva reguladora do sistema aquífero. Nos aquíferos de grande espessura nas bacias sedimentares, a reserva reguladora corresponde a um percentual, em média, da ordem de 0,06% das reservas permanentes, e varia de 0,23%, na Bacia de São Francisco, até 0,001%, na Bacia de Jatobá; no aquífero aluvial, de reduzida espessura, a reserva reguladora média é da ordem de 2,6%. Contudo, para depósitos aluviais muito rasos (inferiores a 2,0m) e com calha ativa profunda, esse percentual pode passar dos 20%.

TABELA 1.5.1  
Possibilidades Hidrogeológicas do Nordeste do Brasil

Tipo de Aquífero	Área (Km <sup>2</sup> )	Vazão Escoamento		Reservas	Reservas
		Natural (m <sup>3</sup> /ano)	Permanentes (m <sup>3</sup> )	Exploráveis <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> /ano)	
Terrenos Cristalinos	720000	50 a 250.10 <sup>6</sup>		50 a 250.10 <sup>6</sup>	
Aluviões (crist.)	35000	1.10 <sup>9</sup>	5.10 <sup>9</sup>	1 a 2.10 <sup>9</sup>	
B. do Maranhão	450000	3.10 <sup>9</sup>	2.10 <sup>12</sup>	10 <sup>10</sup>	
B. de São Luiz/Barreirinhas	50000	5.10 <sup>11</sup>	-	-	
B. de São Francisco	160000	7.10 <sup>8</sup>	3.10 <sup>11</sup>	3.10 <sup>9</sup>	
B. do Rio Jacaré	70000	15.10 <sup>6</sup>	1.10 <sup>11</sup>	10 <sup>9</sup>	
B. Alto Jaguaribe	11500	40.10 <sup>6</sup>	2.10 <sup>12</sup>	10 <sup>7</sup>	
B. do Recôncavo	10000	5.10 <sup>7</sup>	21.10 <sup>10</sup>	2.10 <sup>9</sup>	
B. do Tucano	40000	1.10 <sup>9</sup>	1.10 <sup>12</sup>	10 <sup>9</sup>	
B. do latobã	6000	10 <sup>6</sup>	1.10 <sup>11</sup>	10 <sup>7</sup>	
B. Potiguar	22000		75.10 <sup>9</sup>	75.10 <sup>7</sup>	
B. Costeiras	25000	30.10 <sup>6</sup>	50.10 <sup>9</sup>		
B. do Norte	8000	-	-		
<b>Total</b>		5.10 <sup>11</sup>	3.10 <sup>12</sup>	19.10 <sup>9</sup>	

Nota: <sup>1</sup>Volume explorável em um período de 50 anos.

A recarga anual do aquífero – vazão de escoamento natural – é um importante dado para a avaliação das condições de exploração; a relação entre os volumes de recarga e as reservas permanentes é denominada de coeficiente de realimentação .

A realimentação será tanto mais ativa quanto mais elevado for esse coeficiente. Conforme os dados apresentados na tabela 1.5.1, a realimentação dos aquíferos do Nordeste é de 10<sup>-4</sup> (0,06%) em média; nos aluviões é da ordem de 10<sup>-2</sup> (2%).

Isso é fundamental para o cálculo das reservas exploráveis, sobretudo quando "estudos demonstraram que nos anos de pluviometria abaixo da média, não se verifica infiltração" [Rebouças, 1966].

As reservas exploráveis, como pode ser visto na tabela 1.5.1, foram calculadas admitindo-se a utilização de uma parte das reservas permanen-

tes, durante um período de 50 anos. A soma das parcelas correspondentes às recargas anuais, mais um percentual das reservas permanentes, perfazem, no total, apenas 0,5% das reservas totais. A depleção causada no nível das reservas permanentes é, pois, irrisória, e pode até mesmo ocorrer uma recuperação proporcionada por recargas verticais ascendentes ou descendentes de um aquífero para o aquífero.

Um caso particular e específico na problemática da avaliação das reservas hídricas subterrâneas é o do aquífero fissural, conhecido comumente como cristalino. Na avaliação procedida por Rebouças deixou de ser calculada a reserva total acumulada no aquífero fissural em função da descontinuidade das zonas aquíferas e da insuficiência de dados, apesar de já existirem, naquela época, cerca de 15 mil poços perfurados no Nordeste, em uma área de 720 mil km<sup>2</sup>.

Entretanto, Rebouças observou alguns fatores que justificam a baixa potencialidade do aquífero fissural, entre eles os seguintes :

1) o escoamento superficial difuso é bem mais forte sobre as formações cristalinas do que sobre os terrenos sedimentares, o que representa uma diminuição da infiltração;

2) no final das estações chuvosas, os rios continuam a correr por restituição das águas acumuladas no subsolo: durante 33 dias nas zonas de rochas cristalinas, e 85 dias nas zonas de terrenos sedimentares; nestes últimos freqüentemente ocorre uma restituição perene;

3) a infiltração é um fenômeno excepcional dos anos úmidos; nos anos de pluviometria média, a totalidade das águas que caem é consumida pela evapotranspiração e o escoamento superficial.

Admitiu Rebouças que o valor médio de infiltração para as zonas aquíferas fissurais seria da ordem de 100 a 500 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, o que resultaria, para uma área de 720.000 km<sup>2</sup> representada por rochas cristalinas no Nordeste, uma realimentação anual entre 50 e 250 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Se considerarmos a falta de condições para a acumulação de reservas profundas, como se verifica nas bacias sedimentares, o valor dessa realimentação representa o volume máximo explorável anualmente no embasamento cristalino do Nordeste.

Uma outra situação específica é a do aquífero aluvial, que, apesar de limitado no espaço, possui considerável reserva permanente, sujeita à exploração anual de 20% a 40% desses recursos.



A tabela 1.5.2 mostra uma análise comparativa entre os valores das reservas permanentes calculadas por Rebouças e Gasparly (1966), pelo próprio Rebouças em 1978 e por Chada *et alii* em 1972.

TABELA 1.5.2  
Reservas Permanentes (cm m<sup>3</sup>)

Bacia	Rebouças/Gasparly SUDENE(1966)	Rebouças CNPq (1978)	Chada <i>et alii</i> SUDENE(1972)	Valor Médio
Parnaíba	2,0.10 <sup>12</sup>	10,5.10 <sup>12</sup>	0,5.10 <sup>12</sup>	5,4.10 <sup>12</sup>
São Francisco	3,0.10 <sup>11</sup>	-	-	3,0.10 <sup>11</sup>
Salitre/Jacaré	1,0.10 <sup>11</sup>	-	1,2.10 <sup>11</sup>	1,1.10 <sup>11</sup>
Potiguar	7,5.10 <sup>10</sup>	2,3.10 <sup>11</sup>	2,2.10 <sup>11</sup>	1,4.10 <sup>11</sup>
RN/PB/PE	5,0.10 <sup>10</sup>	-	2,5.10 <sup>10</sup>	2,5.10 <sup>10</sup>
Alagoas/Sergipe	-	1,0.10 <sup>11</sup>	5,0.10 <sup>10</sup>	7,5.10 <sup>10</sup>
REC/TUC/Jatobá	1,3.10 <sup>12</sup>	8,4.10 <sup>11</sup>	1,0.10 <sup>12</sup>	1,0.10 <sup>12</sup>
Aranipe	2,0.10 <sup>9</sup>	1,1.10 <sup>11</sup>	9,1.10 <sup>9</sup>	4,0.10 <sup>9</sup>
Totais	3,8.10 <sup>12</sup>	11,6.10 <sup>12</sup>	1,9.10 <sup>12</sup>	7,1.10 <sup>12</sup>

Nota-se que não houve uma considerável diferença entre os cálculos de Rebouças e Gasparly (1966) e Chada *et alii* (1972). Porém, entre as duas avaliações do próprio Rebouças, houve um acréscimo de 200%, motivado pela elevada taxa encontrada na Bacia do Parnaíba –  $10,5 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup> na segunda avaliação, contra os  $2,0 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup> da primeira (acréscimo de 5,25 vezes).

Frente à grande diversificação entre os valores encontrados nas três avaliações, fica sem resposta a confiabilidade dos resultados apresentados. Qual a avaliação mais precisa? É válido considerar a média dos valores?

Lamentavelmente, os estudos regionais desenvolvidos nas décadas de 60 e 70 não tiveram seqüência com estudos desejáveis de detalhamento.

## 1.6 QUALIDADE DA ÁGUA

Os recursos hídricos da região Nordeste vêm sofrendo a ação degradadora do homem, e muitos deles já apresentam condições indesejáveis de qualidade, com prejuízos para os seus usos.

Embora não existam muitos dados sobre a qualidade das águas dos mananciais hídricos da região, as informações disponíveis conduzem à conclusão de que, em grande parte, os mananciais foram alterados pelas atividades desenvolvidas em suas bacias hidrográficas.

Em grande parte da região, os problemas se tornam mais graves devido à intermitência dos cursos de água. Tendo vazão zero durante grande parte do ano, os rios não podem ser usados como diluidores de despejos. O lançamento de esgotos, mesmo tratados, significa o escoamento de águas com teores não recomendáveis de poluentes, pelas calhas dos cursos de água, em determinados períodos do ano. Nesses casos, não se pode utilizar a capacidade de autodepuração dos mananciais para diluição de despejos.

Associados a esse fato, há os problemas de salinização e assoreamento, que são os principais responsáveis pela degradação da qualidade da água da região.

Com respeito à salinização, estudos apontam o clima como o principal responsável pelo agravamento do fenômeno. Tem sido comprovado por meio de algumas análises que, nos períodos em que as temperaturas são mais elevadas, as concentrações de sais aumentam consideravelmente, devido ao crescimento das taxas de evaporação.

Assim, pesquisas realizadas pela SUDENE (1989) mostram que, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, onde a vulnerabilidade às secas é mais intensa, o processo de salinização tem sido mais agressivo, principalmente nos mananciais formados por açudes construídos sem as devidas especificações técnicas. Essa comprovação sugere o desenvolvimento de uma política de controle e uso das águas nessas regiões, de forma a evitar o agravamento do problema.

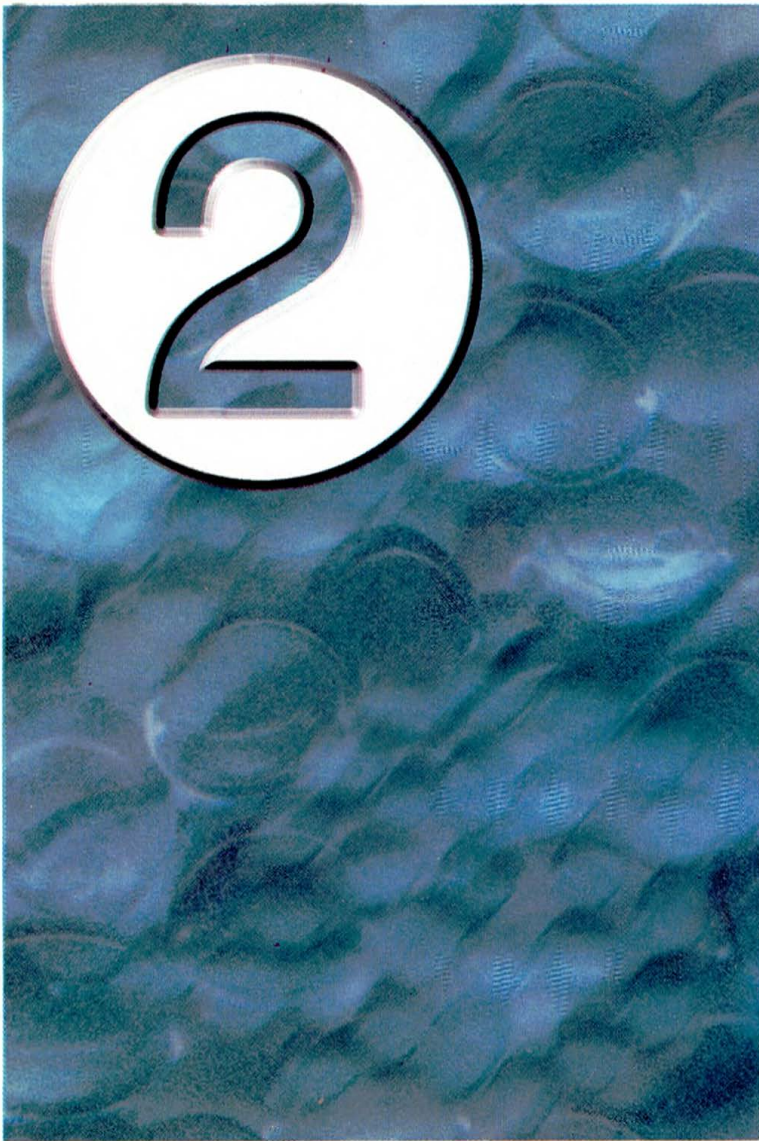
No tocante aos problemas de turbidez e assoreamento, os estudos têm mostrado estágios avançados do fenômeno, principalmente nas bacias do São Francisco, algumas bacias do estado do Maranhão (notadamente nas bacias dos rios Anil e Bacanga) e nas bacias do Paraíba, devido ao mau uso do solo e ao desmatamento que tem ocorrido nessas regiões.

Outro grande problema que tem afetado a qualidade da água dos mananciais nordestinos diz respeito à poluição decorrente dos lançamentos de resíduos das atividades desenvolvidas em suas bacias hidrográficas,

principalmente provenientes de esgotos domésticos, esgotos industriais, matadouros, lixo, fertilizantes químicos e agrotóxicos.

Análises mostram que os problemas de poluição por esgotos domésticos são mais presentes nos cursos d'água que atravessam áreas onde há maior concentração urbana. Como exemplo, podem-se citar as bacias litorâneas do estado do Pernambuco. Ali, os indicadores de poluição, como oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes fecais, ultrapassam os limites máximos permitidos para as classes em que os determinados rios foram enquadrados. Situação semelhante é encontrada nas regiões metropolitanas de Fortaleza, São Luís e Teresina, onde os rios Cocó, Anil, Bacanga e Parnaíba apresentam elevados índices de degradação.

Todos esses aspectos servem para mostrar a necessidade de se desenvolver uma política adequada de uso e ocupação do solo, a fim de se evitarem maiores danos ao meio ambiente.



## **Demanda e Sustentabilidade Hídrica**



## Capítulo 2

# Demanda e Sustentabilidade Hídrica

### SUMÁRIO

2.1 Estudo das Demandas	39
2.2 Indicadores de Sustentabilidade dos Recursos Hídricos	56
2.3 Análise da Sustentabilidade Atual	60
2.4 Sustentabilidade e Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Subterrâneos	67
Glossário	73

---



Como a água é um recurso natural escasso e vital, é incontestável a necessidade de se planejar o seu uso, sob a ótica do desenvolvimento sustentável, de forma a se evitarem as limitações que se possam impor ao desenvolvimento econômico e social, em razão de sua escassez quantitativa ou qualitativa.

São essenciais, portanto, as comparações ou os *balanços* entre as demandas requisitadas pela sociedade em termos atuais e prospectivos e as disponibilidades hídricas existentes.

De acordo com a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED), "desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz às necessidades do presente sem comprometer as habilidades das futuras gerações de satisfazerem suas necessidades" [Baroni, 1992].

A sustentabilidade de uma região, no que tange aos recursos hídricos, está diretamente associada à limitada disponibilidade do recurso, em termos de quantidade e qualidade, e à capacidade de suporte permanente que este pode oferecer às atividades humanas em geral.

Compatibilizar a oferta e a demanda d'água, em face de sua disponibilidade efetiva, é, certamente, o caminho que conduz à desejada sustentabilidade dos recursos hídricos.

O presente estudo pretende apontar e avaliar as condições de sustentabilidade do desenvolvimento do Semi-Árido nordestino, do ponto de vista dos recursos hídricos.

## 2.1 ESTUDO DAS DEMANDAS

O estudo da demanda tem como objetivo determinar, na escala anual, as demandas atuais de água para os diversos usos.

Para efeito de planejamento dos recursos hídricos, entende-se por demandas as quantidades de água, expressas em unidades de volume, que devem satisfazer aos diversos usos, sejam eles consuntivos ou não.

O uso da água refere-se às maneiras pelas quais esta pode ser utilizada pelo homem. Os usos da água incluem: dessedentação, cozimento de ali-



mentos, irrigação, aquecimento e processamento industrial, refrigeração, diluição de efluentes, geração de energia, navegação, pesca, paisagismo e outras atividades ou processos.

### 2.1.1 Abastecimento Humano

Com o propósito de se estimarem as demandas de água para a população, consideraram-se duas grandes categorias:

- demanda para abastecimento urbano; e
- demanda humana rural difusa.

Os dados básicos utilizados para a realização do estudo foram os dos censos do IBGE, por município, até 1991, e os coeficientes de demandas obtidos do PLIRHINE.

Os dados do Censo de 1991 indicaram que a população do Nordeste da SUDENE era de 43 834 483 habitantes. A tabela 2.1.1 mostra a população total, urbana e rural dos estados nordestinos, obtidas do referido censo.

A região semi-árida nordestina abrange áreas pertencentes a nove estados; inclui o norte de Minas Gerais e exclui o Maranhão. A população total residente na região semi-árida era de 26 336 297 habitantes, em 1991, e Ceará e Bahia eram os estados com o maior número de habitantes residentes nessa região.

A tabela 2.1.2 mostra a população total, urbana e rural dos residentes na região semi-árida nordestina. Verifica-se que a população urbana, em 1991, era de 14 924 334 habitantes. Esta apresentou taxa de crescimento anual elevada na última década (4,01% ao ano), superior à taxa de crescimento da população urbana de todo o Nordeste, que foi de 3,53% ao ano.

A população urbana da região semi-árida, que representou 56,67% da população total em 1991, tende a crescer a médio e longo prazos, devido aos crescimentos absoluto e relativo da influência das cidades na economia regional.

**TABELA 2.1.1**  
**População Total (Urbana e Rural) dos Estados Nordestinos em 1991**

Estado	Total	Urbana	Rural
Maranhão	4 929 016	1 972 009	2 957 008
Piauí	2 582 137	1 367 184	1 214 953
Ceará	6 366 641	4 162 007	2 204 634
Rio Grande do Norte	2 415 562	1 669 267	746 295
Paraíba	3 201 108	2 052 066	1 149 042
Pernambuco	7 126 166	5 049 968	2 076 198
Alagoas	2 514 097	1 482 033	1 032 064
Sergipe	1 491 875	1 002 877	488 998
Bahia	11 867 969	7 016 769	4 851 199
Minas Gerais <sup>1</sup>	1 339 912	736 830	603 082
<b>Total</b>	<b>43 834 483</b>	<b>26 511 010</b>	<b>17 323 473</b>

Fonte: IBGE – Censo Demográfico de 1991.

Nota: <sup>1</sup>Região do norte de Minas incluída no Nordeste da SUDENE.

**TABELA 2.1.2**  
**População Total (Urbana e Rural) Residente na Região Semi-Árida Nordestina em 1991**

Estado	Total	Urbana	Rural
Piauí	2 535 024	1 352 454	1 182 570
Ceará	6 321 142	4 145 384	2 175 758
Rio Grande do Norte	2 368 200	1 658 873	709 327
Paraíba	3 133 250	2 029 419	1 103 831
Pernambuco	3 449 084	1 810 560	1 638 524
Alagoas	926 352	420 257	506 095
Sergipe	497 561	228 269	269 292
Bahia	5 765 770	2 542 288	3 223 482
Minas Gerais <sup>1</sup>	1 339 914	736 830	603 084
<b>Total</b>	<b>26 336 297</b>	<b>14 924 334</b>	<b>11 411 963</b>

Fonte: IBGE – Censo Demográfico de 1991.

Nota: <sup>1</sup>Região do norte de Minas incluída no Nordeste da SUDENE.

A crescente urbanização da região semi-árida conduz, assim, ao aumento da concentração espacial dos habitantes. Esse fato, se por um lado facilita a adoção de políticas governamentais para garantir o abastecimento de água para essas populações, por outro provoca um aumento na demanda de água, porque também acarreta uma mudança de costumes em relação ao seu uso.

Entretanto, o aumento da população atendida por sistemas de abastecimento de água apresenta vantagens incontestes para a saúde e para o bem-estar das populações beneficiadas, devido, sobretudo, à diminuição das doenças de veiculação hídrica.

O crescimento das cidades irá certamente demandar mais esforço na aplicação de recursos em infra-estrutura e serviços básicos, reconhecidamente deficientes na maioria das cidades nordestinas.

As populações urbana, rural e total, das Unidades de Planejamento (UP) foram obtidas com a soma dos dados de população dos municípios componentes dessas unidades.

A tabela 2.1.3 mostra a população total, urbana e rural dos residentes nas UP.

**TABELA 2.1.3**  
População Urbana, Rural e Total Residente nas Unidades de Planejamento em 1991

UP - Unidade de Planejamento	Total	População	
		Urbana	Rural
01 Tocantins Maranhense	449 374	264 818	184 556
02 Gurupi <sup>1</sup>	578 784	192 304	386 480
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	2 321 572	842 469	1 479 103
04 Itapecuru	771 619	326 331	445 288
05 Munim-Barreirinhas	415 757	121 818	293 939
06 Parnaíba	3 359 466	1 741 595	1 617 872
07 Acaraú-Coreaú	900 418	426 746	473 672
08 Curu	385 162	192 629	192 533
09 Fortaleza	2 674 090	2 409 979	264 111
10 Jaguaribe	2 021 552	982 511	1 039 041
21 Apodi-Mossoró	538 053	361 263	176 790
12 Piranhas-Águ	1 245 411	684 734	560 677
13 Leste Potiguar	1 693 082	1 147 096	545 986
14 Oriental da Paraíba	2 140 124	1 528 240	611 884
15 Oriental de Pernambuco	5 273 638	4 161 890	1 111 748

(continua)

(continuação)

UF - Unidade de Planejamento	Total	População	
		Urbana	Rural
16 Bacias Açoanãs	1 961 477	1 253 953	707 524
17 São Francisco <sup>1</sup>	6 438 117	3 184 912	3 253 205
18 Vaza-Barris	1 019 247	755 592	263 655
19 Itapicuru-Real	1 409 143	517 118	892 025
20 Paraguaçu-Salvador	4 714 186	3 408 425	1 233 761
21 Contas-Jequié	1 407 999	612 371	795 628
22 Pardo-Cachoeira	1 396 107	909 008	487 099
22 Jequitinhonha <sup>1</sup>	224 185	107 415	116 769
24 Extremo Sul da Bahia	495 920	305 793	190 127
<b>Total</b>	<b>43 834 403</b>	<b>26 511 010</b>	<b>17 323 473</b>

Fonte: IBGE - Censo Demográfico de 1991.

Nota: <sup>1</sup>Parcela da bacia incluída no Nordeste da SUDENE.

### *Abastecimento de Água de Áreas Urbanas*

Nas cidades e distritos situados na região semi-árida, para se dar sustentabilidade ao desenvolvimento, não basta apenas que sejam implantados sistemas de abastecimento de água. É preciso, antes de tudo, ter-se certeza de que as fontes de água desses sistemas ofereçam a garantia suficiente para o atendimento nos períodos de seca que, costumeira e ciclicamente, acontecem.

Na verdade, esse é um crucial problema que enfrentam as cidades e distritos. Como exemplo da vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento de água em operação na região, durante a seca de 1993, até mesmo as grandes capitais do Nordeste, como Recife e Fortaleza, enfrentaram sérios problemas, o que implicou a necessidade de se praticarem racionamentos na distribuição de água para uso das populações ali residentes.

Ressalte-se que os estados de Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba não são banhados por rios perenes, o que dificulta sobremaneira o abastecimento de água de suas populações, que ficam a depender, primordialmente, das águas acumuladas em açudes e, secundariamente, das exíguas reservas de água subterrânea existentes.

Com base nas informações extraídas do Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (CADES), elaborado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), para o ano de 1991, foi realizado um diagnóstico da situação atual do abastecimento urbano dos estados nordestinos.

A área total da região Nordeste é de 1 556 000 km<sup>2</sup>. Segundo dados do censo realizado em 1991, abrigava uma população de 42 496 316 habitantes, distribuídos em 1 547 municípios.

A população urbana do Nordeste correspondia a 60,65% da população total da região.

Segundo o CADES, até 1991, foram implantados 1 424 sistemas de abastecimento de água em sedes municipais e 1 125 sistemas em distritos, em um total de 2 549 sistemas. Do total, as empresas estaduais de saneamento eram responsáveis pela operação de 1 708 sistemas: 1 231 em sedes municipais e 477 em distritos. Em 1991, apenas 123 sedes municipais na região não contavam com sistema de abastecimento de água, o que corresponde a um índice de atendimento de 92,05% dos municípios.

A população urbana total abastecida, em 1991, era de 20 376 773 habitantes, que correspondem a 79,05% da população urbana da região. O Ceará é o estado que apresenta o mais baixo percentual de atendimento, com apenas 59,55% da sua população urbana atendida por sistema de abastecimento de água. Já o estado do Piauí é o que apresentou o melhor desempenho, com 92,82% de sua população urbana atendida por sistema de abastecimento de água.

Na tabela 2.1.4, a seguir, demonstra-se a situação, por estado, do atendimento da população urbana, por sistema de abastecimento de água.

TABELA 2.1.4  
População Urbana Nordestina Atendida por Sistema de  
Abastecimento de Água em 1991

Estado	Sedes Municipais Atendidas (em %)	Total	População Urbana Atendida (em %)	
			Capital	Interior
Maranhão	100,00	84,40	79,86	59,68
Piauí	85,14	92,82	100,00	100,00
Ceará	78,80	59,55	79,31	43,05
Rio Grande do Norte	88,87	84,74	91,10	78,59
Paraíba	90,64	97,28	91,38	98,11
Pernambuco	99,40	92,23	91,31	91,13
Alagoas	100,00	75,52	81,44	68,50
Sergipe	100,00	88,45	79,30	99,18
Bahia	93,25	77,60	94,64	65,55
Nordeste	92,05	79,05	87,99	76,24

Fonte: Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (CADES), elaborado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES).

TABELA 2.1.6  
Demandas Hídricas dos Estados

Estado	Popul.	Popul.	Dem.Híd.	Dem.Híd.	Dem.Híd.	Dem.Híd.	Dem.Híd.	Dem.Híd.	Dem.Híd.
	Urbana	Rural	Urbana (hm <sup>3</sup> /ano)	Rural (hm <sup>3</sup> /ano)	Animal (hm <sup>3</sup> /ano)	Irrig. <sup>1</sup> (hm <sup>3</sup> /ano)	Agroind. (hm <sup>3</sup> /ano)	Dist.Ind. (hm <sup>3</sup> /ano)	Total (hm <sup>3</sup> /ano)
Maranhão	1 972 008	2 957 021	183,384	75,554	107,778	403,148	13,14	45,846	828,852
Piauí	1 367 184	1 214 953	159,272	31,038	101,641	273,849	5,62	39,818	611,238
Ceará	4 162 007	2 204 640	517,944	56,331	109,075	1 003,169	91,90	129,486	1 907,914
Rio G. do Norte	1 669 267	746 300	189,651	19,070	32,528	267,420	45,63	47,413	601,714
Paraíba	2 052 066	1 149 048	196,964	29,352	46,318	288,824	55,64	49,241	666,348
Pernambuco	5 049 968	2 076 201	593,768	53,050	79,948	1 425,883	547,71	148,442	2 848,805
Alagoas	1 482 033	1 032 067	175,222	26,366	20,718	249,459	410,03	43,806	925,600
Sergipe	1 002 877	488 999	97,599	12,489	23,170	153,959	36,28	24,400	347,898
Bahia	7 016 770	4 851 221	798,814	123,951	366,486	1 643,813	59,60	199,704	3 192,376
Minas Gerais (SUDENE)	736 830	603 018	71,043	15,411	42,648	485,730	7,29	17,761	639,888
Nordeste (SUDENE)	26 511 010	17 323 468	2 983,661	442,612	930,310	6 195,256	1 272,880	745,915	12 570,634

Nota: <sup>1</sup>Foram considerados 18 000 m<sup>3</sup>/ha/ano, com 30% de água de retorno.

*Demanda Humana Rural Difusa*

A demanda humana rural difusa corresponde à água a ser alocada ao atendimento das populações humanas que habitam o meio rural.

Segundo o PLIRHINE, estima-se que as populações de baixa renda e não servidas por sistemas de abastecimento demandam diariamente em torno de 70 a 100 l/hab/dia, conforme as dotações discriminadas a seguir:

Discriminação	Necessidade (l/dia)
Bebida	2 a 3
Preparo de alimentos	3 a 5
Asseio corporal	25 a 32
Lavagem de roupa	20 a 30
Limpeza de casa e utensílios de cozinha	20 a 30
Total diário	70 a 100

A população rural nordestina era de 17 902 156 habitantes em 1980, e passou para 17 323 473 habitantes em 1991, o que significa que houve um decréscimo na população residente no meio rural da região, no período. A taxa de crescimento da população rural foi de 0,32% ao ano.

É importante relembrar que o início da década de 80 coincidiu com uma das maiores e mais prolongadas secas ocorridas na região (1979/1983), fenômeno que decerto deve ter provocado uma aceleração nos deslocamentos do campo para as cidades, embora estes tenham sido amortecidos pela recessão econômica, pelo fechamento das fronteiras agrícolas e pelas medidas emergenciais adotadas pelo governo federal no período.

As tabelas 2.1.5 e 2.1.6, em páginas anteriores deste texto, apresentam as estimativas da demanda humana rural difusa das Unidades de Planejamento e dos estados, respectivamente, para o ano de 1991.

### 2.1.2 Demanda da Pecuária

A demanda de água para a pecuária corresponde ao somatório das demandas dos rebanhos animais domésticos de médio e grande portes.

Os coeficientes de demanda *per capita* para os rebanhos de animais domésticos são muito bem estudados pela literatura técnica.

Para efeito de cálculo de demandas, os efetivos pecuários foram transformados em uma unidade hipotética proposta pelo PLIRHINE, denominada BEDA – bovinos equivalentes para demanda de água. Essa unidade agrega as projeções dos bovinos, eqüinos, ovinos, caprinos e suínos, e pondera o que cada espécie utiliza de água em relação ao bovino.

$$\sum_{BEDA} = \sum_{BOVINO} + \sum_{EQÜINO} + \sum_{ASININO} + \frac{\sum_{OVINO} + \sum_{CAPRINO}}{5} + \frac{\sum_{SUÍNO}}{4}$$

Os principais rebanhos nordestinos são o bovino e o suíno.

Para o cálculo de demanda de água dos rebanhos aplicou-se o mesmo coeficiente de demanda selecionado pelo PLIRHINE, que admitiu que a demanda de água de um bovino é da ordem de 50 l/cab/dia.

Os efetivos pecuários foram obtidos da publicação do IBGE: "Produção da Pecuária Municipal - 1988".

O comportamento da população animal é diretamente relacionado às condições vigentes no meio rural, em especial à ocorrência de períodos de estiagem.

A ocorrência de estiagens prolongadas, nos últimos anos, provocou desfalques substanciais nos efetivos pecuários, devido à venda, pelos produtores, de grande parte de seus plantéis, principalmente matrizes, e isso dificultou a elaboração de projeção do efetivo pecuário da região.

A solução encontrada para efeito de projeção da demanda para abastecimento pecuário, tendo em vista a desestruturação da pecuária regional provocada pelas grandes secas de 1979/1983 e de 1990/1993, foi admitir, no presente estudo, que o efetivo pecuário relativo ao ano de 1988 permaneceria constante até o ano de 2020, ou seja, considerou-se o efetivo pecuário relativo ao ano de 1988 como representativo do rebanho médio do período.



As tabelas 2.1.5 e 2.1.6 também apresentam, para as Unidades de Planejamento e estados da região, respectivamente, os valores das demandas de água para a pecuária.

### 2.1.3 Demanda na Irrigação

Em função das deficiências de chuva, tanto em relação à quantidade quanto à distribuição, a irrigação é uma tecnologia indispensável à implantação, na região Nordeste, de uma agricultura moderna.

No entanto, o Nordeste é, entre as regiões semi-áridas mais populosas do mundo, a que tem, proporcionalmente, a menor área irrigada.

Considerou-se como irrigação pública a que se encontra circunscrita aos perímetros sob responsabilidade técnica e administrativa de órgãos públicos, sendo praticada tanto por colonos quanto por empresários. Por sua vez, foi considerada como irrigação privada aquela desenvolvida pela iniciativa particular.

Inicialmente, procurou-se avaliar a evolução da área irrigada proposta pelo PLIRHINE.

Da análise da tabela 2.1.7, constata-se que o PLIRHINE foi muito otimista na estimativa do ritmo de crescimento da área irrigada na região. Em vista disso, resolveu-se utilizar a projeção que foi preparada por consultor especializado do Grupo de Ordenamento do Espaço Regional e Agricultura do Projeto ÁRIDAS.

Segundo dados do Censo Agropecuário de 1985, do IBGE, eram irrigados na região apenas 366 826 ha.

A evolução da área irrigada dos estados nordestinos, no período de 1970 a 1991, é apresentada na tabela 2.1.8. Da análise dos dados, constata-se que a área irrigada da região passou de 115 972 ha, em 1970, para 366 826 ha, em 1985 – ano de realização do último censo agropecuário do IBGE.

Entre 1985 e 1991, a área irrigada dos estados nordestinos aumentou em 86 311 ha, quando totalizou 453 137 ha. Ressalte-se que foi a partir

de 1985 que a irrigação passou a ter maior impulso na região, principalmente com o surgimento do Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE), em 1985, e, recentemente, com o aumento do volume de recursos para o setor, em decorrência da criação do Fundo de Desenvolvimento do Nordeste (FNE). A área irrigada na região Norte de Minas Gerais, incluída no Nordeste da SUDENE, era de 38 850 ha em 1988.

De acordo com a Secretaria Nacional de Irrigação, do Ministério da Integração Regional (ver tabela 2.1.9), a área irrigada do Nordeste, em 1991, era de 452 420 ha, e incluía áreas do PROVARZEAS/PROFIR, DNOCS, DNOS, CODEVASF, linhas de crédito e Decreto-Lei nº 2 032.

**TABELA 2.1.7**  
Projeção da Área Irrigada para o Nordeste

Ano	Área Irrigada (ha)	Demanda (hm <sup>3</sup> /ano)
1980	244 213	4 409
1985	424 612	7 585
1990	741 249	12 528
1995	1 209 099	20 103
2000	1 904 499	30 221

Fonte: PLIRHINE.

**TABELA 2.1.8**  
Evolução da Área Irrigada Implantada por Estado

Estado	(Em ha)				
	1970	1975	1980	1985	1991
Maranhão	1 820	524	2 037	24 034	32 920
Piauí	1 863	1 944	6 386	13 560	22 163
Ceará	25 484	29 887	63 599	67 304	71 750
Rio Grande do Norte	5 471	7 896	15 417	17 588	20 193
Paraíba	13 433	18 227	18 085	18 895	19 867
Pernambuco	19 002	34 553	65 039	83 456	105 556
Alagoas	13 218	18 643	12 410	27 814	18 021
Sergipe	8 639	10 678	3 163	7 121	11 871
Bahia	27 042	41 007	70 602	107 054	150 796
Nordeste	115 972	163 359	256 738	366 826	453 137

Fontes: <sup>1</sup>Até 1985, dados dos censos agropecuários do IBGE.

<sup>2</sup>Para 1991, estimativas do GT – Organização do Espaço Regional e Agricultura do Projeto ÁRIDAS.

TABELA 2.1.9  
Evolução da Área Irrigada Implantada por Estado

Estado	(Em ha)			
	1985	1987	1989	1991
Maranhão	11 450	17 375	24 685	26 748
Piauí	26 822	35 200	45 086	46 406
Ceará	39 412	72 149	87 004	88 961
Rio Grande do Norte	10 538	21 292	27 381	28 589
Paraíba	22 933	27 703	29 757	30 735
Pernambuco	41 449	82 538	68 477	71 953
Alagoas	4 398	8 496	12 560	13 290
Sergipe	10 469	15 069	15 563	16 284
Bahia	68 615	112 818	126 918	129 454
Nordeste	236 086	372 640	437 431	452 420

Fonte: Secretaria Nacional de Irrigação. Inclui áreas do PROVARZEAS/PROFIR, DNOCS, DNOS, CODEVASE, linhas de crédito e Decreto - Lei nº 2.032.

#### 2.1.4 Demanda Industrial

Os esforços de industrialização do Nordeste geraram os *distritos industriais*, nos quais se localiza a grande maioria das indústrias modernas da região.

Os distritos industriais localizam-se em áreas urbanas situadas na periferia das cidades. Contudo, os seus sistemas de abastecimento de água são normalmente independentes dos sistemas das cidades, o que justifica uma consideração independente. Algumas indústrias chegam a ter sistemas independentes ou particulares de captação e tratamento de água.

O PLIRHINE observou que a evolução das demandas para os abastecimentos domésticos e distritos industriais apresenta ritmo de crescimento semelhante. Da análise dos dados do PLIRHINE, observou-se que a demanda para o abastecimento dos distritos industriais equivalia a cerca de 25% da demanda para o abastecimento urbano.

Assim, neste livro, considerou-se a demanda para o abastecimento dos distritos industriais como equivalente a um quarto da demanda para o abastecimento urbano.

### 2.1.5 Demanda das Agroindústrias

As agroindústrias enquadram-se na categoria de demandas convencionadas como demanda rural concentrada. Estas destacam-se, no Nordeste, não pelo grande consumo de água, mas sobretudo pelos efeitos dos seus efluentes nos corpos de água receptores (poluição).

Como não se dispõe de informações mais atualizadas sobre as demandas de água para o abastecimento das agroindústrias, foram utilizadas as informações do Estudo de Demanda do PLIRHINE.

Nos estudos do PLIRHINE, foram dez os tipos de agroindústrias consideradas:

- usina de açúcar;
- destilarias de álcool;
- óleos vegetais;
- laticínios;
- frigoríficos e matadouros;
- fecularias;
- curtumes;
- sucos e conservas vegetais;
- bebidas; e
- têxteis.

As demandas das agroindústrias foram calculadas por meio da utilização de coeficientes de demanda que relacionassem as produções de cada tipologia com demandas de água.

### 2.1.6 Demanda para Usos não Consuntivos

As demandas não consuntivas são ligadas às modalidades do tipo *in stream use*.

Os referidos usos englobam principalmente:

- geração hidroelétrica;
- navegação interior;
- pesca; e
- recreação e turismo.

As demandas para esses usos, embora não consuntivas, podem apresentar restrições ou competições com os demais usos, o que propicia o surgimento de conflitos.

### *Geração Hidroelétrica*

A utilização da água para geração de energia elétrica é um uso não consuntivo dos recursos hídricos, embora provoque perdas por evaporação nos reservatórios, as quais são consideradas no estudo da disponibilidade hídrica.

As perdas por evaporação nos reservatórios de Três Marias e Sobradinho são, segundo o PLANVASF, 30 m<sup>3</sup>/s e 190 m<sup>3</sup>/s, respectivamente, ou 6,9 bilhões de m<sup>3</sup>/ano.

Segundo dados da CHESF, cada 1 m<sup>3</sup>/s retirado do Rio São Francisco equivale a uma perda de geração de 2,52 MW/ano.

A geração hidráulica de energia atua sobre a capacidade de armazenamento disponível e exige que um certo volume d'água seja reservado para esse fim, muito embora este seja repostado no rio mais a jusante.

No caso de usinas que trabalham na ponta há que considerar também a alteração que estas acarretam no padrão de variabilidade do escoamento a jusante.

Atualmente, o sistema elétrico da região Nordeste está ligado ao da região Norte, a partir de Tucuruí.

Segundo informações do BNB (1994):

- O consumo *per capita* de energia no Nordeste é o menor das regiões brasileiras: corresponde à metade da média nacional e a um terço do consumo da região Sudeste.
- Grande parte da população rural nordestina ainda depende da lenha como principal fonte energética. Esse fato, unido ao uso da lenha com fins energéticos em algumas indústrias (açúcar e cerâmica) e pequenos negócios (olarias e padarias), representa um fator de deterioração da vegetação natural da região.
- A capacidade instalada do Nordeste é de 7 200 MW; esta será adicionada em 3 000 MW com a entrada em operação de Xingó.

- A atual capacidade hidroenergética instalada no Nordeste corresponde a 75% do total de seu potencial hidroelétrico.

Os estudos da CHESF, com base em projeções do crescimento da demanda, indicam que, com a implantação de Xingó, o Nordeste terá energia garantida apenas até o ano 2002.

### *Navegação Interior*

A navegação fluvial constitui um uso não consuntivo, mas a necessidade de manterem-se vazões mínimas para esse propósito constitui uma restrição ao emprego desse recurso hídrico para outros usos consuntivos.

De maneira geral, as principais exigências para que um rio seja navegável são: vazão mínima e declividade baixa.

Cada rio ou trecho de rio exige um estudo para a determinação da vazão mínima, abaixo da qual não é possível a navegabilidade em corrente livre. Caso se canalize um rio, desaparecem as limitações de vazão e declividade exigidas pela navegação em corrente livre.

Caso seja construída uma barragem ao longo de um rio para garantir a navegação, é também necessária a construção de uma eclusa.

No Nordeste, do aspecto da navegabilidade destacam-se os seguintes rios: Mearim e seus afluentes Pindaré e Grajaú; Itapecuru; Parnaíba e seus afluentes Balsas, São Francisco e Tocantins.

### *Pesca*

A pesca realizada em águas interiores (rios, lagos e açudes) não se constitui em uso consuntivo dos recursos hídricos, mas implica uma restrição aos outros usos, pois exige a manutenção de uma certa vazão ou volume de água com determinados padrões de qualidade para permitir a sobrevivência das espécies.

No presente estudo, estabeleceu-se uma demanda mínima, chamada *demanda ecológica*, para cada Unidade de Planejamento, visando à manutenção da vida aquática.

### *Recreação e Turismo*

As atividades de recreação e turismo, no que diz respeito aos recursos hídricos, se traduzirão especialmente na utilização de espelhos líquidos de

lagos, reservatórios e, mais raramente, calhas dos rios, para o desenvolvimento das seguintes atividades principais:

- natação e esportes náuticos;
- vela;
- pesca e caça;
- balneário; e
- paisagismo.

Na região semi-árida nordestina, um espelho d'água representa um ponto de atração, por possibilitar excelentes condições de lazer.

Essa modalidade de uso não tem expressão como demanda de água em termos quantitativos, mas exige padrões estéticos e sanitários adequados.

#### *Demanda Ecológica*

Por demanda ecológica entende-se a quantidade de água mínima necessária para a manutenção da vida aquática nos rios.

No presente estudo, considerou-se que a demanda ecológica equivaleria a 10% da disponibilidade de água da Unidade de Planejamento. Os resultados foram apresentados na tabela 2.1.5.

## 2.2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS

A sustentabilidade do Semi-Árido nordestino, no que tange aos recursos hídricos, está diretamente associada à limitada disponibilidade desses recursos, em termos de quantidade e qualidade, e à capacidade de suporte que pode oferecer às atividades humanas, em geral.

A sustentabilidade de um sistema se evidencia por intermédio da análise da evolução das mudanças, ao longo do tempo, de um conjunto de indicadores individuais.

O conjunto de indicadores deve ser robusto, embora não exaustivo [Müller, 1993]. Robusto, no sentido de traduzir as condições por ele descritas. Estas devem ser sensíveis, com base estatística ou de medição suficiente. Não deve ser exaustivo, e somente referir-se às categorias e elementos mais significativos do sistema em análise.

Os indicadores da sustentabilidade, no tocante aos recursos hídricos, estão ligados à quantidade, qualidade, confiabilidade e acessibilidade do elemento água.

O desenvolvimento sustentável requer que o estoque de capital, que passa de uma geração a outra, se mantenha ou melhore.

Entre os confrontos mais importantes no estudo do Balanço dos Recursos Hídricos, destaca-se aquele que se estabelece entre as potencialidades da oferta dos recursos hídricos e as respectivas demandas. Tal confronto oferece uma primeira idéia da carência ou da abundância desses recursos. Em decorrência, fornece uma primeira visão sobre quais providências poderão ser tomadas para alcançar, em primeira aproximação, o equilíbrio amplo, pois aí se consideram, essencialmente, os usos consuntivos.

As variáveis utilizadas nos cálculos dos indicadores são:

1)  $Q_p$  – *Potencialidade Hídrica da Unidade de Planejamento*. Representa a quantificação dos recursos hídricos sem a intervenção humana, ou seja, em seu estado natural. O potencial de uma bacia ou de um conjunto de bacias é constituído pela soma dos escoamentos (de superfície e de base), e é representado pelo escoamento médio anual.

2)  $Q_o$  — *Disponibilidade Hídrica da Unidade de Planejamento*. É a parcela da potencialidade ativada pela ação do homem, por meio de barragens e poços. De maneira geral, as disponibilidades hídricas compreendem as parcelas dos recursos de água que podem ser prontamente aproveitadas e que, portanto, estão disponíveis para diversos fins. O PLIRHINE considerou como disponibilidade máxima factível a que corresponde ao nível de ativação de 80% da disponibilidade potencial. As disponibilidades hídricas superficiais de uma bacia hidrográfica nordestina são aqui representadas pelas parcelas das águas represadas nos açudes, possíveis de serem retiradas por meio de regularização. Para um reservatório, a disponibilidade é função da sua capacidade de acumulação e do nível de garantia adotado, que, a rigor, depende do uso e do risco de falha socialmente aceito. A quantificação total das disponibilidades hídricas subterrâneas é representada pelas disponibilidades atuais, que são estimadas pela vazão total e anual de todos os poços de cada sistema de aquíferos em efetiva exploração.



3) Qd – *Demandas de Água*. Para efeito de planejamento dos recursos hídricos entendem-se por demandas as quantidades de água, medidas em unidades de volume, que devem satisfazer a determinados usuários, sejam eles consuntivos ou não.

Os indicadores de sustentabilidade dos recursos hídricos considerados no presente estudo são:

1)  $Q_0/Q_p$  – *Índice de Ativação da Potencialidade (IAP)*. Representa o grau de ativação dos recursos hídricos da Unidade de Planejamento (constituída por uma ou mais bacias). Varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, mais ativados foram os recursos potenciais da Unidade de Planejamento.

2)  $Q_d/Q_0$  – *Índice de Utilização da Disponibilidade (IUD)*. Representa o grau de utilização da disponibilidade. Se seu valor é menor que a unidade, significa dizer que a disponibilidade está sendo suficiente para satisfazer à demanda, e, se é maior que a unidade, a disponibilidade não está sendo suficiente para atender à demanda; nesse caso, existe uma demanda reprimida, e isso implica a necessidade de construção de novos reservatórios ou a perfuração de mais poços.

3)  $Q_d/Q_p$  – *Índice de Utilização da Potencialidade (IUP)*. Representa o grau de utilização do potencial. Quanto mais próximo de 0,8 for seu valor, mais próxima estará a Unidade de Planejamento de atingir o limite máximo possível de utilização do seu potencial.

4)  $Q_0 - Q_d$ . É utilizado para representar o balanço tradicional entre a disponibilidade e a demanda. Se seu valor é positivo, as demandas estão sendo satisfeitas, e, se negativo, existe uma demanda insatisfeita, o que implica a necessidade de construção de novos reservatórios ou a da perfuração de mais poços.

Em termos de qualidade de água, a sustentabilidade está relacionada à capacidade de um manancial de depurar uma carga poluidora nele lançada.

Com relação à poluição hídrica, é comum avaliar-se um manancial considerando-se sua capacidade de autodepurar matéria orgânica pelo processo de decomposição por bactérias aeróbicas. Existem fórmulas e modelos matemáticos que permitem estudar o comportamento de um corpo de água, após receber determinada carga orgânica, por meio de oxigênio dissolvido presente na água.

A salinidade da água também pode ser utilizada como um indicador de sustentabilidade, uma vez que teores elevados de sal prejudicam seus usos.

Assim, são propostos os seguintes indicadores de sustentabilidade, do ponto de vista da qualidade da água:

- Índice de Comprometimento com a Poluição;
- Capacidade de Auto-Depuração;
- Teor de Oxigênio Dissolvido; e
- Salinidade da Água.

Índice de Comprometimento com a Poluição

$$ICP = \frac{\text{Vazão Superficial Disponível (VD)}}{\text{Vazão Comprometida com a Poluição (VCP)}}$$

Determina-se esse índice, para cada Unidade de Planejamento do PLIRHINE, a partir dos dados desse plano e das estimativas dos volumes disponíveis, para vários cenários.

Capacidade de Auto-Depuração

$$CA = \frac{\text{Vazão Mínima do Curso de Água (VMi)}}{\text{Vazão de Esgoto (VE)}}$$

De acordo com Dacach (1984), se a relação entre a vazão do corpo receptor e a vazão dos esgotos domésticos for igual ou superior a 40, dificilmente ocorrerão problemas de poluição. Se a proporção for de 20 ou menos para 1, os problemas fatalmente existirão.

Teor de Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) da água tem sido um indicador bastante utilizado. Baixos teores de oxigênio dissolvido revelam que um corpo de água encontra-se poluído por carga orgânica.

Salinidade da Água

Os aspectos de salinidade existentes nos mananciais hídricos são estudados e quantificados por meio da condutividade elétrica (CE), expressa

em mohs/cm. O conhecimento desse parâmetro permite que se estabeleçam os níveis de salinização da água para os mais diversos tipos de mananciais, e também possibilita que se estabeleça uma classificação desse corpo hídrico em relação aos riscos de salinização.

A análise desses indicadores, ao longo do tempo, é que retratará a sustentabilidade dos recursos hídricos de cada Unidade de Planejamento.

Implicitamente, considerou-se que as potencialidades dos recursos hídricos se manteriam constantes. Também considerou-se que a produção dos poços não seria reduzida, seja por assoreamento ou pela degradação da qualidade da água. Essas hipóteses foram alteradas apenas quando se analisou a situação de mudança climática.

### 2.3 ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE ATUAL

A tradicional realização de um balanço oferta x demanda, se se utilizam valores médios para uma região como a nordestina, tendo em vista os longos períodos de estiagem que, periodicamente, inibem o desenvolvimento dos meios de produção e afetam, conseqüentemente, a qualidade de vida das populações, pode levar a visões distorcidas da realidade.

O regime hidrológico dos rios intermitentes da região é bastante crítico, pois depende de um regime pluviométrico irregular (tanto mensal quanto anual), da natureza geológica das rochas (na grande maioria, cristalina) e de um clima megatérmico de alto poder evaporante.

A integração dos fatores antes citados é diretamente responsável pelas características extremadas do escoamento, ora com cheias de grandes proporções, ora com períodos de demorada escassez. O resultado é a inadequabilidade do balanço tradicional entre a oferta e a demanda dos recursos hídricos.

Além disso, as disponibilidades hídricas se localizam às margens dos açudes e dos rios perenes ou perenizados, de forma que as áreas mais afastadas das infra-estruturas hídricas, que representam a maior parte da região, não têm acesso direto à água. Deste modo, torna-se difícil uma avaliação confiável do conflito oferta x demanda nessas áreas.

Essas afirmativas podem ser facilmente comprovadas se analisamos, por exemplo, o caso do município de Orós, no Estado do Ceará. Nesse município foi construído, pelo governo federal, o açude Orós, com 2,1 bilhões de

metros cúbicos de capacidade. Entretanto, é comum, em qualquer seca, a presença de carros-pipa e queda acentuada na produção agrícola do município, pois a influência de um açude ou de um rio perene ou perenizado somente é sentida até uma distância de 10 quilômetros.

A sustentabilidade dos recursos hídricos do Semi-Árido nordestino passa pela adoção de uma política que estabeleça níveis crescentes de proteção contra os efeitos das secas.

O abastecimento da população rural dispersa em toda a região deve ser realizado prioritariamente por meio de poços, cacimbas e cisternas, como forma de garantir uma fonte de água permanente para o seu abastecimento. Evita-se, assim, a frequente utilização de carros-pipa.

As aguadas, de regularização anual, são essenciais à distribuição geográfica da água, mas não oferecem nenhuma resistência às secas. São pontos de água para o gado, em anos de médios ou de pequenos déficits, que acontecem, segundo o PLIRHINE, em 80% do tempo. As aguadas são, portanto, importantes para dar sustentação à estrutura ocupacional, disseminada em todo o espaço territorial da região.

O PLIRHINE fixou em 16 km<sup>2</sup> a área de atendimento de cada uma das aguadas. Essa fixação decorreu do fato de considerar-se a distância de 4 km como o máximo percurso recomendável para o gado.

Os pequenos e médios açudes, de regularização interanual e menor densidade geográfica do que as aguadas, são calculados normalmente para enfrentar mais de um ano de estiagem, e são fundamentais à defesa contra as secas. Eles se destinam sobretudo ao abastecimento humano e agrícola, e são impotentes somente diante das secas prolongadas. Durante os últimos cem anos ocorreram seis períodos nos quais as secas foram plurianuais (dois ou mais anos consecutivos de seca).

Finalmente, os grandes açudes, de regularização plurianual, projetados para enfrentar vários anos consecutivos de seca, garantem a proteção adequada para as secas excepcionais. Esses açudes são destinados a fins múltiplos (abastecimento de cidades, irrigação em larga escala, controle de cheias, recreação, turismo, entre outros usos). Os grandes açudes normalmente estão associados ao desenvolvimento global da bacia onde se situam. Exercem, assim, um papel preponderante no balanço oferta x demanda dos recursos hídricos.

Para garantir a proteção contra as secas excepcionais, que duram vários anos, entretanto, esses grandes açudes pagam um tributo altíssimo. Como é necessário reservar água dos anos normais para enfrentar os anos de seca, os açudes precisam ser mantidos sempre cheios, o que faz que sua disponibilidade média anual para atendimento das demandas seja muito baixa: cerca de 20% a 30% da sua capacidade de acumulação. Disso decorre que os grandes açudes perdem por evaporação (na região Nordeste esta atinge mais de 2 000 mm/ano) a maioria de suas águas acumuladas.

A exigência de se manterem cheios os grandes açudes, para se contar com reserva estratégica de água na região semi-árida do Nordeste, é mal compreendida pelo grande público, que vê, no fato, um desperdício, com a falsa impressão de que a região dispõe de muita água acumulada, e de que as mesmas são pouco exploradas.

O exemplo mais claro de que dispomos sobre a importância da função dos grandes açudes como reserva hídrica estratégica é o do abastecimento de água da cidade de Fortaleza. Em abril de 1993, com a confirmação de que a estação chuvosa tinha terminado e com os dados técnicos indicando que os açudes que suprem Fortaleza somente teriam condições de abastecê-la até o mês de setembro, e assim mesmo racionando em 50% o fornecimento de água à população, o governo do estado tomou a decisão de construir um canal de 115 km de extensão, em noventa dias, ligando os açudes que abastecem Fortaleza ao Rio Jaguaribe, perenizado pelas águas liberadas pelo Açude Orós.

O DNOCS prontamente concordou em aumentar a liberação de água do Açude Orós, utilizando, para isso, a reserva estratégica de água mantida no açude, de modo a atender ao abastecimento de uma metrópole de mais de dois milhões de habitantes. Assim, devido à política adotada pelo DNOCS em relação à operação de seus grandes reservatórios estratégicos, foi possível abastecer Fortaleza de setembro de 1993 a maio de 1994, período em que entraram em colapso os mananciais que abastecem a capital do Ceará.

Os açudes constituem equipamentos de transformação e de adaptação das potencialidades naturais às demandas. O número de reservatórios de uma região depende, portanto, da carência e da variabilidade, no tempo e no espaço, dos recursos hídricos. Assim, a região semi-árida nordestina tem a maior densidade de açudes no país.

Como se percebe, a maneira de se estabelecer a sustentabilidade dos recursos hídricos da região passa pela integração das políticas governamentais para construção de pequenos, médios e grandes açudes, e pela priorização do abastecimento das populações rurais, dispersas em toda a região, a partir de poços, cacimbas e cisternas.

Existe atualmente um esforço dos governos estaduais e do governo federal em aumentar a utilização das águas acumuladas na região, garantindo o abastecimento das cidades situadas fora das margens de rios perenes e/ou perenizados, com a adoção de uma política agressiva de construção de adutoras regionais. Estas possibilitam o atendimento das populações urbanas com água tratada de boa qualidade e de forma garantida.

São marcos significativos dessa política as adutoras construídas a partir do Rio São Francisco pelo governo de Sergipe; a adutora de Salgueiro, construída pelo governo de Pernambuco; a adutora da Ibiapaba, construída pelo governo do Ceará; e a adutora do Oeste, em construção pelo DNOCS, no Estado de Pernambuco.

O Projeto Chapéu de Couro, desenvolvido pelo governo de Sergipe, partiu do princípio que o homem do Semi-Árido nordestino pode conviver com a seca, desde que esta seja vista como um fenômeno previsível, e não inesperado ou imponderável.

Uma das premissas fundamentais em que se baseia o referido programa é o da elaboração de um elenco de soluções integradas, visando, precipuamente, o abastecimento garantido de água às comunidades.

A topografia do Semi-Árido sergipano não é ideal para a construção de grandes açudes. Diante disso, o Programa Chapéu de Couro partiu para a construção de aguadas (pequenos açudes), para a perfuração de poços artesianos e para a construção de adutoras.

A fonte de captação de água das principais adutoras construídas é o Rio São Francisco. Até 1993, tinham sido construídos 1 100 km de adutoras e estavam em execução mais 600 outros, totalizando 1 700 km. A implantação dessas adutoras transformou-se no meio mais eficiente de convivência com as secas em Sergipe.

Quanto aos recursos hídricos subterrâneos, a explorabilidade de um aquífero ou a viabilidade de transformar seu potencial em disponibilidade

depende não somente do custo da água bombeada, mas, igualmente, do benefício derivado de seu uso em determinado contexto sócio-econômico.

O processo de planificação implica uma abordagem de desenvolvimento integrado dos recursos naturais, em geral, e hídricos – superficiais e subterrâneos –, em particular. O desenvolvimento integrado tende a aproveitar, ao máximo, as características próprias de cada uma das fontes de recursos.

A disponibilidade atual de recursos hídricos da região Nordeste, da ordem de 97,3 bilhões de metros cúbicos por ano, concentra-se basicamente nas águas de superfície, oriundas de rios perenes ou perenizados pela ação do homem.

Essa disponibilidade está regionalmente muito concentrada nas bacias dos rios São Francisco (UP 17) e Parnaíba (UP 6), que representam 66,64% e 9,32%, respectivamente, da disponibilidade total da região.

A disponibilidade oriunda da exploração das águas subterrâneas representa atualmente apenas 4,49% da disponibilidade total.

A exploração da água subterrânea na região é mais intensa nas Unidades de Planejamento Parnaíba (UP 6), Mearim-Grajaú-Pindaré (UP 3), São Francisco (UP 17) e Fortaleza (UP 9).

A demanda total de água da região é atualmente da ordem de 21,87 bilhões de metros cúbicos por ano, dos quais 9,29 bilhões de metros cúbicos (42,48%) correspondem à demanda ecológica. Essa demanda, como foi apresentado, corresponde a 10% da disponibilidade dos recursos hídricos superficiais das Unidades de Planejamento.

Atualmente, a demanda de água para usos consuntivos é da ordem de 12,58 bilhões de metros cúbicos, dos quais a irrigação é responsável por 49,28%. O restante é assim distribuído: 23,74% para a demanda urbana; 10,12% para a demanda agroindustrial; 7,40% para a demanda pecuária; 5,94% para a demanda dos distritos industriais; e 3,52% para a demanda humana rural difusa.

Como se percebe, a irrigação é o principal consumidor das águas da região. É na bacia do São Francisco (UP 17) que se encontra a maior área irrigada atualmente. O uso mais intenso, para irrigação, das águas do rio São Francisco pode, no futuro, acarretar conflito com o setor elétrico, pois é nessa bacia que se localiza o maior parque gerador de energia elé-

trica da região Nordeste. A CHESF argumenta que é de 2,52 MW/ano a perda de geração de energia no seu sistema para cada 1 m<sup>3</sup>/s de água retirada a montante de suas usinas.

A maior parte dos despejos provenientes de indústrias e núcleos urbanos situados no litoral (ou próximos deste) são lançados diretamente no mar, prescindindo, em princípio, de recursos hídricos para diluição. Tal fato não minimiza a importância de medidas preventivas e corretivas da poluição nas cidades costeiras, porque estas eventualmente comprometem a orla marítima com altos índices de poluição.

Com base nos dados para as disponibilidades e demandas atuais, foram calculados os índices de sustentabilidade para cada Unidade de Planejamento.

Na tabela 2.3.1 estão apresentados os índices de sustentabilidade dos recursos hídricos para as Unidades de Planejamento em sua situação atual.

Da análise dos índices de sustentabilidade, constata-se que, na situação atual, já existe demanda reprimida nas Unidades de Planejamento Leste Potiguar (UP 13), Oriental da Paraíba (UP 14), Oriental de Pernambuco (UP 15), Bacias Alagoanas (UP 16), Vaza Barris-Real (UP 18) e Itapecuru (UP 19).

A análise dos indicadores da Unidade de Planejamento Fortaleza (UP 9) é o exemplo mais claro da importância da realização de estudos desse tipo. Como as demandas atuais da UP 9 são pouco inferiores às disponibilidades, é de se esperar que essa Unidade de Planejamento apresente problemas para o atendimento das demandas nos anos de seca.

A principal demanda de água da UP 9 é a destinada ao abastecimento humano, responsável por 57,80% da demanda total; em seguida, vem a demanda para irrigação, com 17,72%; e a demanda dos distritos industriais, com 14,45%. Era natural, portanto, que o fornecimento de água para o abastecimento urbano apresentasse baixo nível de garantia, ou seja, trabalhasse com elevada probabilidade de falha no atendimento. Atualmente, somente foram ativadas 29% das potencialidades, e as demandas equivalem a apenas 29% das potencialidades da Unidade de Planejamento Fortaleza.

Assim, o grave problema de racionamento de água que enfrentou a Região Metropolitana de Fortaleza no período 93/94 (o que resultou na importação de água da Bacia do Jaguaribe – UP 10) poderia ter sido evi-



tado, se houvesse um planejamento de longo prazo para os recursos hídricos. No caso, seria necessário ativar os recursos hídricos da própria UP Fortaleza.

Outro caso que merece destaque é o da Unidade de Planejamento Oriental de Pernambuco (UP 15). A UP 15 abrange grande parte do Estado de Pernambuco e uma pequena faixa do norte de Alagoas. Os principais centros urbanos da unidade são as cidades situadas na Região Metropolitana de Recife e Caruaru. Para a UP 15, a demanda de água para irrigação é responsável por 34,16% da demanda total da unidade. Em seguida, vem a demanda agroindustrial, com 28,78%, e a demanda para abastecimento urbano, com 26,95%. O atendimento das demandas para abastecimento urbano é crítico, tendo Recife, recentemente, enfrentado um rigoroso racionamento no abastecimento d'água de sua população.

TABELA 2.3.1

## Índices de Sustentabilidade para a Situação Atual

UP - Unidade de Planejamento	Disp.-Dem. (hm <sup>3</sup> )	Disp./Pot. (IAP)	Dem./Disp. (IUD)	Dem./Pot. (IUP)
01 Tocantins Maranhense	437	0,10	0,24	0,02
02 Gurupi	2 295	0,15	0,12	0,02
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	3 414	0,23	0,15	0,03
04 Itapecuru	1 498	0,19	0,15	0,03
05 Munim-Barreirinhas	1 714	0,22	0,11	0,02
06 Paraíba	7 240	0,23	0,20	0,05
07 Acaraú-Coreaú	493	0,13	0,30	0,04
08 Cuni	337	0,24	0,40	0,10
09 Fortaleza	36	0,29	0,95	0,28
10 Jaguaribe	1 122	0,50	0,46	0,23
11 Apodi-Mossoró	83	0,27	0,62	0,16
12 Piranhas-Açu	1 094	0,57	0,30	0,17
13 Leste Potiguar	-154	0,13	1,70	0,22
14 Oriental da Paraíba	-91	0,17	1,25	0,21
15 Oriental de Pernambuco	-1 583	0,08	5,86	0,44
16 Bacias Alagoanas	-589	0,08	3,45	0,27
17 São Francisco	55 434	1,58	0,15	0,23
18 Vaza-Barris	-84	0,09	1,76	0,16
19 Itapicuru-Real	-11	0,10	1,05	0,11
20 Paraguaçu-Salvador	622	0,21	0,65	0,13
21 Contas-Iequié	72	0,13	0,90	0,12
22 Pardo-Cachoeira	535	0,11	0,35	0,04
23 Iequitinhonha	467	0,09	0,15	0,01
24 Extremo Sul da Bahia	1048	0,20	0,26	0,05
Total	75 429	0,47	0,22	0,11

A necessidade do aumento da disponibilidade da UP 15 para atender às demandas é urgente, e isso deverá ser feito por meio da construção de novos barramentos, que, mesmo assim, não serão suficientes. É, portanto, necessário aumentar a exploração dos recursos subterrâneos e transferir recursos de outras Unidades de Planejamento. Estudos detalhados da possibilidade de ativação das potencialidades da Unidade de Planejamento deverão ser promovidos, de forma a possibilitar a adoção de um plano de obras de longo prazo que enseje um permanente equilíbrio entre a disponibilidade e a demanda d'água. É preciso também que se adotem medidas urgentes no sentido de se preservar a qualidade dos mananciais da UP 15, pois é grande a carga potencialmente poluidora, principalmente das usinas de açúcar, das destilarias de álcool, de engenhos de aguardentes, do parque industrial e dos núcleos urbanos (ver, adiante, a situação atual e futura de sustentabilidade quanto à qualidade da água).

De todas as Unidades de Planejamento, a Oriental de Pernambuco é a que apresenta as piores condições de sustentabilidade de seus recursos hídricos, o que poderá resultar em fator restritivo ao seu desenvolvimento socioeconômico.

Finalmente, a utilização de águas residuárias (recuso de águas), tratadas com tecnologia adequada, é uma alternativa importante a ser estudada, devido à escassez e deterioração dos recursos hídricos da região Nordeste.

## 2.4 SUSTENTABILIDADE E VULNERABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

Inicialmente, convém enfatizar o significado de alguns termos especificamente utilizados no planejamento hidrogeológico:

- *Disponibilidade* – volume diário que o sistema poderá fornecer em função dos poços instalados, no regime máximo de bombeamento (24/24 h.);
- *Potencialidade* – volume máximo que o sistema aquífero poderá fornecer sem depleção; corresponde à vazão de escoamento natural (VEM) do aquífero, ou, em outras palavras, à reserva reguladora (recarga anual);
- *Reservas Permanentes* – volume de água contido no sistema aquífero que não sofre nenhuma influência da variação sazonal;
- *Reservas Exploráveis* – volume anual do aquífero que poderá ser explorado sem que haja comprometimento irreversível das reservas per-

manentes. É preciso que se atenda às condições de qualidade da água e de condicionantes técnicos e econômicos da construção de poços;

- *Reservas Totais* – volume máximo armazenado na zona de saturação, incluindo as reservas permanentes e as reservas reguladoras;
- *Reservas Estratégicas* – parcela que pode ser consumida das reservas permanentes em períodos de extrema escassez hídrica, inclusive na ausência de uma recarga anual, em períodos de seca.

As reservas exploráveis, em condições normais de recarga anual, isto é, em anos de períodos chuvosos acima da média, devem ficar restritas às reservas reguladoras do aquífero, ou seja, à sua potencialidade.

As parcelas a serem utilizadas das reservas permanentes devem ficar resguardadas como reservas estratégicas, para uso nos períodos de seca ou de estiagem prolongada. Nesse aspecto é que reside a reduzida vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos e, por conseguinte, o elevado nível de sustentabilidade no abastecimento d'água a partir dos mananciais do subsolo.

Com efeito, o *coeficiente de realimentação* médio dos aquíferos em bacias sedimentares do Nordeste é de 0,06 % ao ano, o que significa dizer que a ausência de recarga durante cinco anos consecutivos (duração da seca mais prolongada ocorrida no Nordeste) implicaria um consumo depletivo das reservas permanentes de apenas 0,3%; os volumes retirados das reservas permanentes durante esses períodos de seca poderiam ser rapidamente compensados nos anos mais chuvosos, além das trocas existentes no próprio sistema aquífero por drenança vertical ascendente ou descendente.

Pode-se então afirmar que, com exceção dos aquíferos aluviais e fissurais, os reservatórios de águas subterrâneas são praticamente *invulneráveis* às secas da região semi-árida nordestina.

Os índices de sustentabilidade já definidos, aplicados somente às disponibilidades subterrâneas, estão descritos na tabela 2.4.1.

Foi adotada uma simbologia com sinais positivos quando o índice de sustentabilidade é favorável, isto é, a sustentabilidade é elevada, e negativo, quando desfavorável ou de baixa sustentabilidade.

Para melhor distinguir os índices positivos e negativos entre si, foi ainda adotada uma subdivisão do índice como se segue :

- sustentabilidade elevada = (+)
- sustentabilidade muito elevada = (+)(+)
- sustentabilidade baixa = (-)
- sustentabilidade muito baixa = (-)(-)

Foi efetuada, por fim, uma classificação de níveis de sustentabilidade, e tomou-se por base o conjunto dos três índices, da seguinte forma:

Nível de Sustentabilidade		Classificação Predominante dos Índices		
		IUP	IUD	IAP
I	Elevado	(+)	(-)	(+)/(+)(+)
II	Baixo	(-)	(-)/(-)(-)	(+)

A interpretação dos níveis I e II de sustentabilidade deve levar em conta o significado dos índices de sustentabilidade (tabela 2.4.2) que geraram esses níveis.

O Índice de Utilização da Disponibilidade (IUD) revela que a demanda total é, em geral, superior à disponibilidade das águas subterrâneas. Esse fato já havia sido constatado, quando se mostrou que o total da disponibilidade das águas subterrâneas representava apenas 17% das demandas totais atuais, ou seja, as águas subterrâneas na maior parte do Nordeste (exceto nos estados do Piauí e Maranhão e nas áreas metropolitanas dos estados do Rio Grande do Norte e Alagoas) atuam como manancial complementar das águas superficiais.

Além disso, pode ser visto na tabela 2.5.2 que cerca de 60% da área nordestina localizam-se em terrenos cristalinos, e, nessa região, habitam 30% da população do Nordeste (os outros 10% da população rural localizam-se em terrenos sedimentares dos estados do Piauí e Maranhão). Observa-se, ainda, que, nas Unidades de Planejamento (bacias hidrográficas), 75% apresentam predominância de terrenos cristalinos sobre os sedimentares, com média de participação em área de 87,5%.

**TABELA 2.4.1**  
**Índices de Sustentabilidade Atual (1991)**

Denominação da UP	IUP	IUD	IAP	Nível de Sustentabilidade
1. Tocantins Maranhense	0,303 (+)	2,021 (-)	0,150 (+)	
2. Gurupi	0,119 (+)	3,574 (-)	0,033 (+)(+)	
3. Mearim-Grajaú-Pindaré	0,195 (+)	1,136 (-)	0,172 (+)	
4. Itapecuru	0,172 (+)	1,319 (-)	0,131 (+)	I
5. Munim-Barreirinhas	0,071 (+)(+)	1,304 (-)	0,054 (+)(+)	
6. Parnaíba	0,226 (+)	2,095 (-)	0,108 (+)	
7. Acaraú-Coreaú	0,190 (+)	2,158 (-)	0,088 (+)(+)	
8. Curu	0,774 (+)	1,377 (-)	0,560 (+)	
9. Fortaleza	1,409 (-)	1,682 (-)	0,837 (+)	II
10. Jaguaribe	1,506 (-)	8,652 (-)	0,174 (+)	
11. Apodi-Mossoró	0,783 (+)	6,113 (-)	0,176 (+)	
12. Piranhas-Açu	0,936 (+)	18,400 (-)(-)	0,050 (+)(+)	I
13. Leste Potiguar	0,629 (+)	4,371 (-)	0,143 (+)	
14. Oriental da Paraíba	0,615 (+)	5,421 (-)	0,113 (+)	
15. Oriental de Pernambuco	2,496 (-)	13,542 (-)(-)	0,184 (+)	II
16. Bacias Alagoanas	0,573 (+)	4,073 (-)	0,141 (+)	
17. São Francisco	0,623 (+)	23,039 (-)(-)	0,027 (+)(+)	
18. Vaza-Barris	0,542 (+)	6,028 (-)	0,089 (+)(+)	I
19. Itapicuru-Real	0,275 (+)	5,042 (-)	0,054 (+)(+)	
20. Paraguaçu-Salvador	0,307 (+)	23,071 (-)(-)	0,013 (+)(+)	
21. Contas-Jequié	1,088 (-)	23,061 (-)(-)	0,047 (+)(+)	II
22. Pardo-Cachoeiras	0,225 (+)	12,727 (-)(-)	0,017 (+)(+)	
23. Jequitinhonha	0,151 (+)	9,647 (-)	0,015 (+)(+)	I
24. Extremo Sul da Bahia	0,071 (+)(+)	25,866 (-)(-)	0,002 (+)(+)	

(continuação)

UP --- Unidade de Planejamento	Dem. Humana 2000	Rural 2010	Difusa 2020
14 Oriental da Paraíba	13,946	12,286	10,817
15 Oriental de Pernambuco	25,584	22,779	20,276
16 Bacias Alagoanas	17,958	17,882	17,850
17 São Francisco <sup>1</sup>	81,197	79,320	77,699
18 Vaza-Barris	6,537	6,323	6,127
19 Itapicuru-Real	22,688	22,585	22,508
20 Paraguaçu-Salvador	31,827	32,171	32,522
21 Contas-Iequié	20,524	20,746	20,973
22 Pardo-Cachoeira	12,504	12,572	12,644
23 Jequitinhonha <sup>1</sup>	2,930	2,871	2,816
24 Extremo Sul da Bahia	4,905	4,958	5,012
Total	433,228	424,843	418,485

Nota: <sup>1</sup> Parcela da bacia incluída no Nordeste da SUDENE.

### 3.2.3 Evolução da Demanda para Irrigação

Com base nos dados sobre a área irrigada dos estados e das Unidades de Planejamento, foram então estimadas as demandas de água para irrigação.

Para a estimativa dessa demanda de água considerou-se uma dotação média de 18 000 m<sup>3</sup>/ha/ano. Nos estudos, foi considerado que cerca de 30% desse volume volte à calha do rio, por drenagem dos terrenos irrigados.

Com base na estimativa da evolução da área irrigada preparada, como já mencionado, pelo Grupo de Ordenamento do Espaço Regional e Agricultura do Projeto ÁRIDAS, a área irrigada do Nordeste da SUDENE atingirá 1 151 631 ha no ano 2020, representando um aumento de cerca de 134% em relação à área irrigada de 1991.

Na tabela 3.2.5 estão apresentados os dados da evolução da área irrigada, por estado, até o ano 2020.

A tabela 3.2.6, preparada com base nas estimativas do Grupo de Ordenamento do Espaço Regional e Agricultura do Projeto ÁRIDAS, mostra a área irrigada das Unidades de Planejamento até o ano 2020.

Nas tabelas 3.2.7 e 3.2.8, descrevem-se as demandas de água para irrigação para os estados e Unidades de Planejamento, respectivamente, até o ano 2020.

guir, para os estados da região. Para as Unidades de Planejamento, os resultados são apresentados na tabela 3.2.4.

**TABELA 3.2.3**  
Projeção das Demandas para Abastecimento Humano Rural Difuso dos Estados do NE

Estado	(Em hm <sup>3</sup> /ano)		
	Dem. Humana 2000	Rural 2010	Difusa 2020
Maranhão	80,355	86,078	92,184
Piauí	30,507	29,919	29,357
Ceará	51,202	46,041	41,417
Rio Grande do Norte	18,319	17,527	16,786
Paraíba	26,189	23,072	20,312
Pernambuco	47,779	42,541	37,865
Alagoas	26,930	27,568	28,207
Sergipe	11,855	11,165	10,527
Bahia	125,144	126,498	127,878
Minas Gerais <sup>1</sup>	14,947	14,436	13,950
Nordeste	433,226	424,845	418,483

Nota: <sup>1</sup>Região do Norte de Minas incluída no Nordeste da SUDENE.

**TABELA 3.2.4**  
Projeção da Demanda de Água para Abastecimento Humano Rural Difuso das Unidades de Planejamento

UP – Unidade de Planejamento	(Em hm <sup>3</sup> /ano)		
	Dem. Humana 2000	Rural 2010	Difusa 2020
01 Tocantins Maranhense	5,015	5,372	5,754
02 Gurupi <sup>1</sup>	10,502	11,250	12,048
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	40,194	43,056	46,111
04 Itapecuru	12,100	12,962	13,882
05 Munim-Barreirinhas	7,988	8,557	9,164
06 Parnaíba	40,527	39,713	39,003
07 Acaraú-Coreaú	11,001	9,892	8,898
08 Curu	4,472	4,021	3,617
09 Fortaleza	6,134	5,516	4,962
10 Jaguaribe	24,132	21,699	19,520
11 Apodi-Mossoró	4,340	4,152	3,977
12 Piranhas-Açu	13,034	11,752	10,610
13 Leste Potiguar	13,189	12,408	11,695

(continua)

TABELA 3.2.2

Projeção da Demanda de Água para Abastecimento Urbano até o Ano 2020 das Unidades de Planejamento

(Em hm<sup>3</sup>/ano)

UP –	Unidade de Planejamento	Demandas Urbanas		
		2000	2010	2020
01	Tocantins Maranhense	34,934	39,807	43,777
02	Gurupi <sup>1</sup>	20,346	24,070	26,872
03	Mearim-Grajau-Pindaré	102,676	120,661	134,350
04	Itapecuru	35,234	40,959	45,411
05	Munim-Barreirinhas	11,918	14,244	15,964
06	Parnaíba	267,335	318,679	360,806
07	Acaratú-Coreaú	53,408	67,717	80,619
08	Curu	22,328	28,032	33,177
09	Fortaleza	432,733	490,817	543,283
10	Jaguaribe	129,757	163,762	194,427
11	Apodi-Mossoró	45,061	54,022	60,734
12	PiranhasAçu	74,969	92,870	107,727
13	Leste Potiguar	181,662	216,876	243,517
14	Oriental da Paraíba	198,866	234,711	265,592
15	Oriental de Pernambuco	639,658	742,027	825,153
16	Bacias Alagoanas	205,021	237,327	261,745
17	São Francisco <sup>1</sup>	425,969	520,956	592,282
18	Vaza-Barris	103,143	119,275	131,208
19	Itapicuru-Real	69,246	87,395	100,563
20	Paraguaçu-Salvador	614,436	712,999	783,662
21	Contas-Iequié	79,123	97,385	110,357
22	Pardo-Cachoeira	123,916	145,751	161,415
23	Iequitinhonha <sup>1</sup>	12,838	15,894	18,140
24	Extremo Sul da Bahia	37,204	43,992	48,840
	Total	3 921,781	4 630,228	5 189,621

Nota: <sup>1</sup>Parcela da bacia incluída no Nordeste da SUDENE.

### 3.2.2 Abastecimento Humano Rural Difuso

As projeções das demandas de água para o abastecimento humano rural difuso foram realizadas aplicando-se, para as demandas estimadas do ano de 1991, as mesmas taxas de crescimento utilizadas nas estimativas das populações rurais. Os resultados são apresentados na tabela 3.6, a se-



(continuação)

UF – Denominação	Disponibilidade			
	1991	2000	2010	2020
17 São Francisco <sup>1</sup>	64 837,88	64 892,19	64 942,88	64 981,91
18 Vaza-Barris	110,80	114,32	117,42	119,91
19 Itapicuru-Real	211,94	216,79	221,06	224,50
20 Paraguaçu-Salvador	1 756,00	1 761,60	1 766,53	1 770,50
21 Contas-Jequié	733,50	736,18	737,99	739,13
22 Pardo-Cachoeira	817,00	818,76	819,95	820,70
23 Jequitinhonha <sup>1</sup>	548,50	548,92	549,18	549,36
24 Extremo Sul da Bahia	1 415,00	1 416,20	1 417,01	1 417,52
<b>Total</b>	<b>97 301,68</b>	<b>100 189,71</b>	<b>100 746,35</b>	<b>101 225,61</b>

Nota: <sup>1</sup>Área da hafia incluída no Nordeste da SUDENE.

## 3.2 PROJEÇÕES DAS DEMANDAS

### 3.2.1 Abastecimento Urbano

As projeções das demandas de água para o abastecimento urbano foram realizadas aplicando-se, para as demandas estimadas para 1991, as mesmas taxas de crescimento utilizadas nas projeções das populações urbanas.

Para as Unidades de Planejamento, os resultados são apresentados na tabela 3.2.2.

Os resultados são apresentados na tabela 3.4, para os estados nordestinos.

TABELA 3.2.1

Projeção da Demanda de Água para Abastecimento Urbano dos Estados do Nordeste até o Ano 2020

(Em hm<sup>3</sup>/ano)

Estado	Demanda Urbana		
	2000	2010	2020
Maranhão	228,640	266,598	295,928
Piauí	224,796	266,837	300,876
Ceará	657,233	775,314	881,882
Rio Grande do Norte	243,356	290,146	325,142
Paraíba	257,203	308,332	352,428
Pernambuco	755,964	889,421	998,200
Alagoas	236,978	273,876	301,148
Sergipe	134,932	158,385	175,970
Bahia	1 081,666	1 278,297	1 418,764
Minas Gerais <sup>1</sup>	101,014	123,022	139,284
<b>Nordeste</b>	<b>3 921,781</b>	<b>4 630,228</b>	<b>5 189,621</b>

Nota: <sup>1</sup>Região do Norte de Minas incluída no Nordeste da SUDENE.

No caso específico das águas subterrâneas não poderá haver um *cenário desejável* diferente do tendencial, pois, conforme já analisado, a disponibilidade é sempre inferior à demanda e a potencialidade não se constitui um parâmetro sujeito a variações positivas; ao contrário, esta poderá diminuir nos anos de seca.

Os cenários tendenciais para 2000, 2010 e 2020 apresentam-se com perspectivas negativas, pois, nesses decênios, as taxas de aumento da demanda total de água foram respectivamente 22,1%, 17,5% e 14,4%, contra aumentos da disponibilidade de 10,4%, 7,4% e 5,4%, respectivamente, nesses decênios.

A partir das informações sobre a evolução da capacidade de acumulação, da vazão mínima dos rios perenes e da disponibilidade de água subterrânea para cada Unidade de Planejamento, foi estimada a respectiva disponibilidade de recursos hídricos.

A tabela 3.1.3 contém disponibilidades estimadas dos recursos hídricos das Unidades de Planejamento até o ano 2020.

**TABELA 3.1.3**  
Evolução da Disponibilidade dos Recursos Hídricos, por Unidade de Planejamento, até o Ano 2020

UF — Denominação	Disponibilidade			
	1991	2000	2010	2020
01 Tocantins Maranhense	575,00	578,75	581,11	582,73
02 Gurupi <sup>1</sup>	2 594,00	2 598,20	2 600,85	2 602,67
03 Meio-Grajau-Pindaré	4 021,50	4 050,55	4 069,16	4 081,94
04 Itapecuru	1 753,00	1 763,15	1 769,54	1 773,93
05 Munim-Barreirinhas	1 930,00	1 938,50	1 943,85	1 947,53
06 Parnaíba	9 064,04	9 142,20	9 194,96	9 228,19
07 Acaraú-Coreaú	700,09	879,00	973,03	1 065,02
08 Curu	565,72	616,05	648,70	678,04
09 Fortaleza	666,19	762,03	837,94	903,99
10 Jaguaribe	2 078,36	3 530,18	3 545,97	3 558,12
11 Apodi-Mossoró	217,39	440,84	448,15	454,23
12 Piranhas-Açu	1 555,52	1 967,50	1 970,86	1 976,66
13 Leste Potiguar	219,86	235,65	250,18	262,36
14 Oriental da Paraíba	363,89	480,59	545,36	607,92
15 Oriental de Pernambuco	325,93	426,11	487,13	544,23
16 Bacias Alagoanas	240,51	275,40	307,49	334,47

(continua)

A evolução da disponibilidade de água subterrânea foi estimada partindo-se do princípio de que, na atual década, deverá haver maior solicitação desse recurso em função do déficit de abastecimento por águas superficiais, que poderá ser amenizado progressivamente no futuro (ver tabela 3.1.2).

**TABELA 3.1.2**  
Evolução das Disponibilidades de Água Subterrânea nas Unidades de Planejamento

Denominação da UP	(Em 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /ano)			
	1991	2000	2010	2020
1 Tocantins Maranhense	75,00	78,75	81,11	82,73
2 Gurupi	84,00	88,20	90,85	92,67
3 Mearim-Grajaú-Pindaré	591,00	620,55	639,16	651,94
4 Itapecuru	203,00	213,15	219,54	223,93
5 Muni- Barreirinhas	170,00	178,50	183,85	187,53
6 Parnaíba	977,00	1.055,16	1.107,92	1.141,15
7 Acaraú-Coreaú	120,40	132,44	143,03	151,58
8 Curu	196,60	216,26	233,56	247,57
9 Fortaleza	444,30	510,94	572,25	623,70
10 Jaguaribe	141,00	157,92	173,71	185,86
11 Apodi-Mossoró	53,00	60,95	68,26	74,34
12 Piranhas-Açu	30,00	33,60	36,96	42,76
13 LestePotiguar	105,30	121,09	135,62	147,80
14 Oriental da Paraíba	102,00	117,30	131,37	143,23
15 Oriental de Pernambuco	175,20	201,48	225,65	245,90
16 Bacias Alagoanas	232,60	267,49	299,58	326,56
17 São Francisco	452,60	506,91	557,60	596,63
18 Vaza-Barris	35,20	38,72	41,82	44,31
19 Itapicuru-Real	48,50	53,35	57,62	61,06
20 Paraguaçu-Salvador	56,00	61,60	66,53	70,50
21 Contas-Jequié	33,50	36,18	37,99	39,13
22 Pardo-Cachoeiras	22,00	23,76	24,95	25,70
23 Jequitinhonha	8,50	8,92	9,18	9,36
24 Extremo Sul da Bahia	15,00	16,20	17,01	17,52
<b>Total</b>	<b>4 343,20</b>	<b>4 799,42</b>	<b>5 155,12</b>	<b>5 433,46</b>

Pode-se considerar que esse é um *cenário tendencial*, com uma taxa de crescimento da disponibilidade da ordem de 10% entre 1991 e 2000; de 7,5% entre 2000 e 2010; e de 5% entre 2010 e 2020.

de que, entre os anos 2000 e 2020, o crescimento da capacidade de acumulação da região seria equivalente ao atualmente programado para ser implementado nos próximos cinco anos. A exceção foram as Unidades de Planejamento Jaguaribe (UP 10), Apodi-Mossoró (UP 11) e Piranhas-Açu (UP 12), para as quais não se previu a construção de novos reservatórios além dos atualmente programados.

TABELA 3.1.1

Estimativa da Capacidade Total de Acumulação de Água dos Reservatórios, por Unidade de Planejamento, até o Ano 2020

UP --	Denominação	Capacidade de Acumulação (hm <sup>3</sup> )		
		2000	2010	2020
01	Tocantins Maranhense	0,790	0,790	0,790
02	Gurupi <sup>1</sup>	0,260	0,260	0,260
03	Mearim-Grajaú-Pindaré	10,260	10,260	10,260
04	Itapecuru	2,440	2,440	2,440
05	Munim-Barreirinhas	1,570	1,570	1,570
06	Parnaíba	9 312,268	10 578,868	11 845,468
07	Acarau-Coreaú	2 493,182	2 826,932	3 160,682
08	Curu	1 319,231	1 390,581	1 441,931
09	Fortaleza	967,045	1 025,445	1 083,845
10	Jaguaribe	12 794,973	12 794,973	12 794,973
11	Apodi-Mossoró	1 519,597	1 519,597	1 519,597
12	Piranhas-Açu	7 735,601	7 735,601	7 735,601
13	Leste Potiguar	458,256	458,256	458,256
14	Oriental da Paraíba	1 453,195	1 655,995	1 193,325
15	Oriental de Pernambuco	898,525	1 045,925	1 193,325
16	Bacias Alagoanas	31,669	31,669	31,669
17	São Francisco <sup>1</sup>	55 806,533	56 104,833	56 403,133
18	Vaza-Barris	302,430	302,430	302,430
19	Itapicuru-Real	653,766	653,766	653,766
20	Paraguaçu-Salvador	1 698,652	1 702,152	1 705,652
21	Contas-Jequié	705,395	749,395	793,395
22	Pardo-Cachoeira	28,490	28,490	28,490
23	Jequitinhonha <sup>1</sup>	1,590	1,590	1,590
24	Extremo Sul da Bahia	0,080	0,080	0,080
	Total	98 195,798	100 611,898	103 027,998

Nota: <sup>1</sup>Área da bacia incluída no Nordeste da SUDENE.

### 3.1 EVOLUÇÃO DA DISPONIBILIDADE

O governo federal, por intermédio da SUDENE, elaborou recentemente o Plano de Ação Governamental no Nordeste (PAG/NORDESTE). O plano considerou como essencial, para o desenvolvimento do Nordeste, a execução de um programa permanente de fortalecimento da infra-estrutura hídrica regional, com o objetivo de aumentar a oferta de água, notadamente por ocasião das secas.

Posteriormente, a SUDENE elaborou o Programa de Fortalecimento da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste. Entre os objetivos específicos do programa, podem ser destacados:

- utilização da água já acumulada;
- construção de novos reservatórios nos vazios hídricos de cada estado; e
- uso racional e integrado da água, para o desenvolvimento de atividades econômicas de pequenos e médios produtores.

O governo federal, com a execução do programa, pretende criar melhores condições para a convivência do homem nordestino com as secas, um problema histórico que vem desafiando todas as administrações do país.

O tratamento histórico do fenômeno das secas tem-se caracterizado por intervenções isoladas, descontínuas, sem ter sido concedida prioridade governamental para seu planejamento global, o que implica que, nem sempre, guardou-se correlação com os programas de desenvolvimento e que, por outro lado, não se permitiu a execução de obras permanentes, em quantidade, localizações e usos adequados às necessidades da população, dos rebanhos e dos setores produtivos.

Na tabela 3.1.1, a seguir, demonstra-se, por Unidade de Planejamento, a evolução da capacidade total de acumulação de água dos reservatórios da região Nordeste até o ano 2020. Em sua elaboração considerou-se que todos os reservatórios atualmente programados estariam construídos até o ano 2000. Considerou-se, ainda, que, a partir do ano 2000, a tendência é de construção de açudes de menor porte para preenchimento dos vazios hídricos existentes na região, fazendo que tivesse sido adotada a hipótese



## Capítulo 3

### Análise da Sustentabilidade Futura

#### SUMÁRIO

- 3.1 Evolução da Disponibilidade 79
  - 3.2 Projeções das Demandas 83
  - 3.3 Análise da Sustentabilidade Futura  
segundo o Cenário Tendencial 94
  - 3.4 Análise da Sustentabilidade Futura segundo o  
Cenário de Mudança Climática na Região 109
-







**Análise da Sustentabilidade  
Futura**

*Potencialidade Hídrica* – disponibilidade potencial; vazão média anual de longo período.

*Potencialidade Hídrica Subterrânea* – escoamento superficial de base, médio, de longo período.

*Potencialidade Hídrica Superficial* – escoamento superficial direto, médio, de longo período.

*Recarga Anual de Aquífero* – vazão ou escoamento natural de base.

*Reserva Explorável de Aquífero* – volume anual que poderá ser explorado sem que haja comprometimento irreversível da reserva permanente. Deve-se atender às condições de qualidade de água e de condicionantes técnicos e econômicos de construção de poços.

*Reserva Permanente de Aquífero* – volume de água contido no sistema aquífero que não sofre influência da variação sazonal.

*Reserva Total de Aquífero* – volume máximo armazenado na zona de saturação, incluindo reserva permanente e reserva reguladora (recarga anual).

*Seca Edáfica* – insuficiência de umidade no solo para fins agrícolas.

*Seca Hidrológica* – insuficiência de suprimento de água pelos reservatórios ou mananciais.

*Unidade de Planejamento (UP)* – bacia ou conjunto de bacias sobre as quais se fazem os balanços hídricos e as avaliações prospectivas.

*Uso Consuntivo* – uso no qual há efetivo consumo de água.

*Uso não Consuntivo* – uso no qual não há efetivo consumo de água.

*Vazão Comprometida com a Poluição (VCP)* – vazão necessária à promoção da auto-depuração do corpo d'água.

## GLOSSÁRIO

*Assoreamento* – acumulação e/ou obstrução, por areias ou outros quaisquer sedimentos, em rios, canais, estuários e reservatórios.

*Capacidade de Acumulação* – volume máximo de acumulação projetado para um reservatório.

*Capacidade de Auto-Depuração (CA)* – relação entre a vazão mínima do curso d'água e a vazão de esgoto.

*Coefficiente de escoamento* – relação entre o escoamento superficial e a precipitação.

*Coefficiente de Realimentação de Aquífero* – relação entre os volumes de recarga e as reservas permanentes do aquífero.

*Déficit de escoamento* – diferença entre a precipitação e o escoamento.

*Demanda Ecológica* – quantidade de água mínima necessária à manutenção da vida aquática nos rios.

*Disponibilidade Hídrica* – disponibilidade efetiva; vazão regularizada; vazão garantida.

*Evapotranspiração* – combinação da evaporação da superfície do solo com a transpiração vegetal.

*Eutrofização* – enriquecimento da água com nutrientes, com a produção de abundante proliferação de algas.

*Índice de Ativação da Potencialidade (IAP)* – relação entre a disponibilidade e a potencialidade hídricas.

*Índice de Comprometimento com a Poluição (ICP)* – relação entre a vazão superficial disponível e a vazão comprometida com a poluição.

*Índice de Utilização da Disponibilidade (IUD)* – relação entre a demanda e a disponibilidade hídricas.

*Índice de Utilização da Potencialidade (IUP)* – relação entre a demanda e a potencialidade hídricas.

*Potencial Hidráulico Localizado* – soma da evaporação à superfície com a evapotranspiração sub-superficial.

*Potencial Hidráulico Móvel* – soma do escoamento superficial com a percolação profunda, alimentadora dos aquíferos.

Dessa maneira, a oferta de água em relação à demanda total não pode ser muito melhorada; todavia, o atendimento das águas subterrâneas em terreno cristalino deve atender, na maioria dos casos, à demanda difusa, representada pela demanda rural mais a demanda pecuária.

Verifica-se, também, que a disponibilidade de águas subterrâneas é superior à demanda difusa em 17 das 24 UP, sendo inferior apenas na UP do Piranhas-Açu e nas UP localizadas no Estado da Bahia.

Pelo exposto, deduz-se que o IUD não é tão importante quanto os demais índices de sustentabilidade, principalmente o IUP, pois, se esse índice é negativo, isso significa que se torna imprescindível a participação dos recursos hídricos superficiais, sob pena de se ter que explorar parte das reservas estratégicas.

Assim, na atual situação de exploração e de demanda, apenas quatro UP se classificam como de baixa sustentabilidade quanto às águas subterrâneas: Jaguaribe, Oriental de Pernambuco, Bacias Alagoanas e Contas-Jequié.

A bacia do Jaguaribe apresenta elevada demanda devido à população que habita o fértil Vale do Cariri, no sopé da Chapada do Araripe : são as cidades de Juazeiro do Norte, Crato, Barbalha e Missão Velha, entre outras, que, somadas, consomem quase toda a potencialidade de águas subterrâneas.

A UP Oriental de Pernambuco apresenta elevada demanda por conter a Região Metropolitana do Recife, que consome 20% da água servida à população, além de outras grandes cidades.

A UP Bacias Alagoanas tem na capital do estado, totalmente abastecida por água subterrânea, elevada demanda, enquanto a UP Contas-Jequié apresenta certo equilíbrio entre a demanda e a potencialidade de água subterrânea.

**TABELA 2.4.2**  
**Disponibilidades e Potencialidades de Águas Subterrâneas por Bacia**  
**Hidrográfica**

Denominação da UP	População (hab.)		Área (km <sup>2</sup> )		Disponibilidade [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /ano]	Potencialidade {10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /ano}
	Urbana	Rural	T. Sedimentar	T. Cristalino		
1. Tocantins Maranhense	264 818	184 556	32 900	—	75,00	500,00
2. Gurupi	192 304	386 480	50 600	—	84,00	2 510,00
3. Meio-Norte-Grajaú-Pindaré	842 469	1 479 103	97 000	—	591,00	3 430,00
4. Itapecuru	326 331	445 288	54 000	—	203,00	1 550,00
5. Munim-Barreirinhas	121 818	293 939	27 700	—	170,00	3 120,00
6. Parnaíba	1 741 594	1 617 872	283 140	46 860	977,00	9 030,00
7. Açaraú-Coreau	426 746	473 672	4 370	26 130	120,40	1 360,00
8. Curu	192 629	192 533	590	10 910	196,60	350,00
9. Fortaleza	2 411 212	270 894	4 230	10 470	444,30	530,00
10. Jaguaribe	975 770	992 114	14 400	57 600	141,00	810,00
11. Apodi-Mossoró	368 004	223 712	7 470	8 430	53,00	300,00
12. Piranhas-Açu	684 734	560 677	5 070	39 030	30,00	590,00
13. Leste Potiguar	1 145 863	539 203	9 290	15 150	105,30	730,00
14. Oriental da Paraíba	1 519 834	605 283	2 380	21 380	102,00	900,00
15. Oriental de Pernambuco	4 170 296	1 118 349	3 800	21 500	175,20	950,00
16. Bacias Alagoanas	1 253 953	707 524	3 420	13680	232,60	1 650,00
17. São Francisco	3 184 912	3 253 205	14 610	472 390	452,60	16 700,00
18. Vaza-Barris	755 592	263 655	7 040	15 290	35,20	390,00
19. Itapicuru-Real	517 118	892 025	16 520	29 580	48,50	880,00
20. Paraguaçu-Salvador	3 480 425	1 233 761	35 080	46 480	56,00	4 205,00
21. Contas-Jequié	612 731	807 498	—	62 240	33,50	700,00
22. Pardo-Cachoeiras	909 008	475 229	1 630	40 370	22,00	1 240,00
23. Jequitinhonha	107 416	116 769	700	22 500	8,50	540,00
24. Extremo Sul da Bahia	305 793	1 901 27	8 190	19 110	15,00	5 440,00
<b>Total</b>	<b>26 511 010</b>	<b>17 323 468</b>	<b>684 130</b>	<b>979 100</b>	<b>4 343,20</b>	<b>58 405,00</b>

**TABELA 3.2.5**  
**Projeção da Área Irrigada dos Estados Nordestinos Até o Ano 2020**

Estado	Área Irrigada		
	2000	2010	2020
Maranhão	46 248	61 057	75 867
Piauí	35 074	49 420	63 766
Ceará	78 419	85 829	93 239
Rio Grande do Norte	24 101	28 443	32 785
Paraíba	21 325	22 945	24 565
Pernambuco	138 707	175 541	212 375
Alagoas	33 901	51 545	69 189
Sergipe	18 995	26 911	34 827
Bahia	216 410	289 314	362 218
Minas Gerais <sup>1</sup>	86 895	134 780	182 800
<b>Nordeste</b>	<b>700 075</b>	<b>925 785</b>	<b>1 151 631</b>

Fonte: Projeções do GT - Organização do Espaço Regional e Agricultura do Projeto ÁRIDAS.

Nota: <sup>1</sup>Região do Norte de Minas incluída no Nordeste da SUDENE.

**TABELA 3.2.6**  
**Projeção da Área Irrigada por Unidade de Planejamento**  
**Até o Ano 2020**

UP — Unidade de Planejamento	Área Irrigada			
	1991	2000	2010	2020
01 Tocantins Maranhense	2 738	3 847	5 079	6 311
02 Gurupi <sup>1</sup>	219	308	407	506
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	6 250	8 781	11 592	14 404
04 Itapecuru	2 530	3 554	4 692	5 831
05 Munim-Barreirinhas	986	1 385	1 829	2 272
06 Parnaíba	45 689	67 086	90 861	114 636
07 Acaraú-Coreaú	5 117	5 593	6 121	6 650
08 Curu	11 643	12 726	13 928	15 130
09 Fortaleza	8 856	9 679	10 593	11 508
10 Jaguaribe	42 804	46 782	51 203	55 624
11 Apodi-Mossoró	4 440	5 299	6 254	7 209
12 Piranhas-Açu	15 964	18 004	20 271	22 538
13 Leste Potiguar	8 772	10 440	12 293	14 146
14 Oriental da Paraíba	10 883	11 682	12 570	13 457

(continua)

(continuação)

UP — Unidade de Planejamento	Área Irrigada			
	1991	2000	2010	2020
15 Oriental de Pernambuco	51 743	67 994	86 049	104 105
16 Bacias Alagoanas	17 819	32 050	47 861	63 672
17 São Francisco <sup>1</sup>	176 178	280 550	391 021	501 627
18 Vaza Barris	2 753	4 335	6 092	7 849
19 Itapicuru-Real	5 111	7 384	9 910	12 436
20 Paraguaçu-Salvador	18 309	26 275	35 127	43 978
21 Contas-Jequié	36 594	52 517	70 209	87 901
22 Pardo-Cachoeira	3 422	4 912	6 566	8 221
23 Jequitinhonha <sup>1</sup>	104	149	199	249
24 Extremo Sul da Bahia	13 060	18 743	25 057	31 372
Total	491 987	700 075	925 785	1 151 631

Fonte: Elaborado com base nas projeções do GT – Organização do Espaço Regional e Agricultura do Projeto ÁRIDAS.

Nota: <sup>1</sup>Parcela da bacia incluída no Nordeste da SUDENE.

**TABELA 3.2.7**  
**Projeção da Demanda de Água para Irrigação dos**  
**Estados Nordestinos até o Ano 2020**

(Em hm<sup>3</sup>/ano)

Estado	Demanda para Irrigação			
	1991	2000	2010	2020
Maranhão	414,792	582,725	769,318	955,924
Piauí	279,254	441,932	622,692	803,452
Ceará	904,050	988,079	1 081,445	1 174,811
Rio Grande do Norte	254,432	303,673	358,382	413,091
Paraíba	250,324	268,695	289,107	309,519
Pernambuco	1 330,006	1 747,708	2 211,817	2 675,925
Alagoas	227,065	427,153	649,467	871,781
Sergipe	149,575	239,337	339,079	438,820
Bahia	1 900,030	2 726,766	3 645,356	4 563,947
Minas Gerais <sup>1</sup>	489,510	1 094,877	1 698,228	2 303,280
Nordeste	6 199,036	8 820,945	11 664,890	14 510,550

Fonte: Projeções do GT – Organização do Espaço Regional e Agricultura do Projeto ÁRIDAS.

Nota: <sup>1</sup>Região do Norte de Minas incluída no Nordeste da SUDENE.

**TABELA 3.2.8**  
**Projeção da Demanda de Água para Irrigação das Unidades de Planejamento até o Ano 2020**

UP — Unidade de Planejamento	Demanda para Irrigação (Em hm <sup>3</sup> /ano)			
	1991	2000	2010	2020
01 Tocantins Maranhense	35,504	48,473	63,995	79,518
02 Gurupi <sup>1</sup>	2,764	3,884	5,127	6,371
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	78,753	110,637	146,064	181,493
04 Itapecuru	31,878	44,784	59,124	73,465
05 Munim-Barreirinhas	12,423	17,452	23,041	28,630
06 Pamaiba	576,678	845,281	1 144,846	1 444,419
07 Acaraú-Coreaú	64,478	70,471	77,130	83,789
08 Curu	146,706	160,342	175,493	190,644
09 Fortaleza	111,583	121,954	133,478	145,001
10 Laguaribe	539,329	589,459	645,158	700,857
11 Apodi-Mossoró	55,945	66,772	78,801	90,831
12 Piranhas-Açu	201,148	226,856	255,419	283,982
13 Leste Potiguar	110,533	131,546	154,892	178,239
14 Oriental da Paraíba	137,131	147,194	158,376	169,558
15 Oriental de Pernambuco	651,963	856,719	1 084,223	1 311,727
16 Bacias Alagoanas	224,523	403,825	603,044	802,263
17 São Francisco <sup>1</sup>	2 219,844	3 534,934	4 926,863	6 320,494
18 Vaza-Barris	34,689	54,616	76,759	98,901
19 Itapicuru-Real	64,398	93,040	124,866	156,691
20 Paraguaçu-Salvador	230,689	331,065	442,594	554,123
21 Contas-Jequié	461,086	661,713	884,630	1 107,548
22 Pardo-Cachoeira	43,123	61,887	82,735	103,583
23 Jequitinhonha <sup>1</sup>	1,308	1,877	2,510	3,142
24 Extremo Sul da Bahia	164,561	236,164	315,723	395,282
<b>Total</b>	<b>6 199,038</b>	<b>8 820,945</b>	<b>11 664,891</b>	<b>14 510,551</b>

Nota: <sup>1</sup>Parcela da bacia incluída no Nordeste da SUDEBR.

### 3.2.4 Evolução das Demandas de Água para Indústria

Na estimativa do crescimento da demanda de água para o abastecimento dos distritos industriais, considerou-se que este acompanharia o nível de crescimento da demanda para o abastecimento urbano; a demanda para o abastecimento dos distritos industriais sempre equivaleria a 25% da demanda para o abastecimento urbano.



Os resultados são apresentados nas tabelas 3.2.9 e 3.2.10, a seguir, para a demanda dos distritos industriais por estado e por Unidade de Planejamento, respectivamente.

TABELA 3.2.9

Projeção da Demanda de Água Para o Abastecimento dos Distritos Industriais dos Estados do Nordeste até o Ano 2020

(Em hm<sup>3</sup>/ano)

Estado	Demanda dos Distritos Industriais			
	1991	2000	2010	2020
Maranhão	45,799	57,160	66,650	73,982
Piauí	39,817	56,199	66,709	75,219
Ceará	130,006	164,308	193,829	220,471
Rio Grande do Norte	47,639	60,839	72,537	81,286
Paraíba	49,242	64,301	77,083	88,107
Pernambuco	148,441	188,991	222,355	249,550
Alagoas	43,805	59,245	68,469	75,287
Sergipe	24,400	33,733	39,596	43,992
Bahia	200,120	270,416	319,574	354,691
Minas Gerais <sup>1</sup>	17,761	25,254	30,755	34,821
Nordeste	747,027	980,445	1 157,557	1 297,405

Nota: <sup>1</sup>Região do Norte de Minas incluída no Nordeste da SUDENE.

TABELA 3.2.10

Projeção da Demanda de Água para o Abastecimento dos Distritos Industriais para as Unidades de Planejamento até o Ano 2020

(Em hm<sup>3</sup>/ano)

UF — Unidades de Planejamento	Demanda dos Distritos Industriais			
	1991	2000	2010	2020
01 Tocantins Maranhense	7,338	8,734	9,952	10,944
02 Gurupi <sup>1</sup>	3,948	5,087	6,018	6,718
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	20,223	25,669	30,165	33,588
04 Itapecuru	7,103	8,809	10,240	11,353
05 Munim-Barreirinhas	2,260	2,980	3,561	3,991
06 Paraíba	47,797	66,834	79,670	90,202
07 Acaraú-Coreaú	9,267	13,352	16,929	20,155
08 Curu	3,951	5,582	7,008	8,294
09 Fortaleza	91,012	108,183	122,704	135,821
10 Jaguaribe	22,723	32,439	40,941	48,607
11 Apodi-Mossoró	8,740	11,265	13,506	15,184
12 Piranhas-Água	13,582	18,742	23,218	26,932
13 Leste Potiguar	35,455	45,416	54,219	60,879
14 Oriental da Paraíba	39,104	49,717	58,678	66,398
15 Oriental de Pernambuco	128,599	159,915	185,507	206,288

(continua)

(continuação)

UP — Unidades de Planejamento	Demanda dos Distritos Industriais			
	1991	2000	2010	2020
16 Bacias Alagoanas	38,458	51,255	59,332	65,436
17 São Francisco <sup>1</sup>	73,593	106,492	130,239	148,071
18 Vaza-Barris	19,317	25,786	29,819	32,802
19 Itapicuru-Real	10,611	17,312	21,849	25,141
20 Paraguaçu-Salvador	118,486	153,609	178,250	195,916
21 Contas-Iequié	13,218	19,781	24,346	27,589
22 Parco-Cachoeira	23,212	30,979	36,438	40,354
23 Jequitinhonha <sup>1</sup>	2,159	3,210	3,974	4,535
24 Extremo Sul da Bahia	6,874	9,301	10,998	12,210
Total	747,027	980,445	1.157,557	1.297,405

Nota: <sup>1</sup>Parcela da bacia incluída no Nordeste da SUDENE.

### 3.2.5 Demanda das Agroindústrias

Como o PI.RHINE superestimou a evolução das áreas irrigadas, que abasteceriam as agroindústrias, no presente estudo, considerou-se que as projeções do PI.RHINE para as demandas agroindustriais relativas ao ano 2000 somente seriam atingidas no ano 2020.

Para os estados da região, os resultados são apresentados na tabela 3.2.11, a seguir. Para as Unidades de Planejamento, os resultados são apresentados na tabela 3.2.12.

TABELA 3.2.11

Projeção da Demanda de Água para o Abastecimento das Agroindústrias dos Estados do Nordeste até o Ano 2020

Estado	Demanda das Agroindústrias (Em hm <sup>3</sup> /ano)			
	1990	2000	2010	2020
Maranhão	13,142	15,577	18,013	20,448
Piauí	5,620	6,855	8,089	9,324
Ceará	91,909	99,007	106,105	113,203
Rio Grande do Norte	45,632	49,340	53,048	56,756
Paraíba	55,649	59,062	62,475	65,888
Pernambuco	547,714	572,197	569,710	621,224
Alagoas	410,030	425,866	441,703	457,539
Sergipe	36,281	38,874	41,468	44,061
Bahia	59,608	72,307	85,007	97,706
Minas Gerais <sup>1</sup>	7,326	10,481	13,635	16,790
Nordeste	1 272,880	1 349,566	1 426,253	1 502,939

Nota: <sup>1</sup>Região do Norte de Minas incluída no Nordeste da SUDENE.

TABELA 3.2.12

Projeção da Demanda de Água para o Abastecimento das Agroindústrias para as Unidades de Planejamento até o Ano 2020.

(Em hm<sup>3</sup>/ano)

UP — Unidades de Planejamento	Demanda das Agroindústrias			
	1990	2000	2010	2020
01 Tocantins Maranhense	0,340	0,535	0,729	0,924
02 Gurupi <sup>1</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	2,222	3,384	4,546	5,708
04 Itapecuru	4,827	5,699	6,571	7,443
05 Munim-Barreirinhas	0,000	0,000	0,000	0,000
06 Parnaíba	34,691	36,966	39,240	41,515
07 Acaraú-Coreaú	2,766	3,436	4,106	4,776
08 Curu	13,983	14,626	15,268	15,911
09 Fortaleza	25,666	28,322	30,978	33,634
10 Jaguaribe	26,165	28,461	30,756	33,052
11 Apodi-Mossoró	0,140	0,140	0,140	0,140
12 Piranhas-Açu	0,531	0,702	0,872	1,043
13 Leste Potiguar	45,538	49,251	52,963	56,676
14 Oriental da Paraíba	54,831	57,910	60,989	64,068
15 Oriental de Pernambuco	549,420	573,206	596,993	620,744
16 Bacias Alagoanas	379,577	394,203	408,828	423,454
17 São Francisco <sup>1</sup>	47,054	57,957	68,859	79,762
18 Vaza-Barris	33,271	34,969	36,668	38,366
19 Itapicuru-Real	3,830	5,240	6,651	8,061
20 Paraguaçu-Salvador	39,882	43,846	47,809	51,773
21 Contas-Jequié	2,981	3,747	4,512	5,278
22 Pardo-Cachoeira	4,000	5,258	6,517	7,775
23 Jequitinhonha <sup>1</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000
24 Extremo Sul da Bahia	1,165	1,710	2,256	2,801
Total	1 272,880	1 349,568	1 426,251	1 502,939

Nota: <sup>1</sup>Parcela da bacia incluída no Nordeste da SUDENE.

### 3.2.6 Demanda Ecológica

Considerando-se a hipótese, já mencionada, de que a demanda ecológica equivaleria a 10% da disponibilidade, os resultados de sua projeção, para as Unidades de Planejamento, até o ano 2020 estão descritos na tabela 3.2.13, a seguir.

**TABELA 3.2.13**  
**Projeção da Demanda Ecológica para as Unidades de**  
**Planejamento até o Ano 2020**

(Em hm<sup>3</sup>/ano)

UP — Unidades de Planejamento	Demanda Ecológica			
	1991	2000	2010	2020
01 Tocantins Maranhense	50,000	50,000	50,000	50,000
02 Gurupi <sup>1</sup>	251,000	251,000	251,000	251,000
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	343,000	343,000	343,000	343,000
04 Itapecuru	155,000	155,000	155,000	155,000
05 Munim-Barreirinhas	176,000	176,000	176,000	176,000
06 Parnaíba	808,704	808,704	808,704	808,704
07 Acaraú-Coreaú	57,969	74,657	83,000	91,344
08 Curu	36,913	39,980	41,514	43,048
09 Fortaleza	22,190	25,110	26,570	28,030
10 Jaguaribe	193,706	337,226	337,226	337,226
11 Apodi-Mossoró	16,440	37,990	37,990	37,990
12 Piranhas-Açu	152,553	193,390	193,390	193,390
13 Leste Potiguar	11,456	11,456	11,456	11,456
14 Oriental da Paraíba	26,190	36,330	41,400	46,470
15 Oriental de Pernambuco	15,093	22,463	26,148	29,833
16 Bacias Alagoanas	0,792	0,792	0,792	0,792
17 São Francisco <sup>1</sup>	6 438,528	6 438,528	6 438,528	6 438,528
18 Vaza-Barris	7,561	7,561	7,561	7,561
19 Itapicuru-Real	16,344	16,344	16,344	16,344
20 Paraguaçu-Salvador	170,000	170,000	170,000	170,000
21 Contas-Jequié	70,000	70,000	70,000	70,000
22 Pardo-Cachoeira	79,500	79,500	79,500	79,500
23 Jequitinhonha <sup>1</sup>	54,000	54,000	54,000	54,000
24 Extremo Sul da Bahia	140,000	140,000	140,000	140,000
<b>Total</b>	<b>9 292,938</b>	<b>9 539,031</b>	<b>9 559,123</b>	<b>9 579,216</b>

Nota: <sup>1</sup>Parcela da bacia incluída no Nordeste da SUDENE.

### 3.2.7 Demanda Total

Na tabela 3.2.14 são apresentados os dados da evolução da demanda total para as Unidades de Planejamento até o ano 2020.

**TABELA 3.2.14**  
**Projeção da Demanda Total para as Unidades de**  
**Planejamento até o Ano 2020**

(Em hm<sup>3</sup>/ano)

UP— Unidades de Planejamento	Demanda Total			
	1991	2000	2010	2020
01 Tocantins Maranhense	138,073	159,516	181,680	202,742
02 Gurupi <sup>1</sup>	299,350	306,789	313,435	318,979
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	607,705	670,384	732,316	789,074
04 Itapecuru	254,515	277,544	300,774	322,472
05 Murim-Barreirinhas	215,784	224,889	233,954	242,300
06 Parnaíba	1 823,634	2 189,885	2 555,090	2 908,887
07 Acaraú-Coreaú	207,291	249,966	282,416	313,222
08 Curu	224,246	253,303	277,309	300,664
09 Fortaleza	629,798	730,988	818,615	899,283
10 Jaguaribe	956,690	1 198,803	1 296,871	1 391,018
11 Apodi-Mossoró	134,701	179,528	202,570	222,815
12 Piranhas-Açu	461,788	553,016	602,844	649,007
13 Leste Potiguar	373,919	447,687	517,981	577,630
14 Oriental da Paraíba	455,345	530,002	592,480	648,943
15 Oriental Pernambuco	1 908,831	2 298,501	2 678,633	3 035,012
16 Bacias Alagoanas	829,790	1 087,588	1 341,738	1 586,074
17 São Francisco <sup>1</sup>	9 403,440	10 892,008	12 411,696	13 903,767
18 Vaza-Barris	195,284	249,053	292,846	331,406
19 Itapicuru-Real	222,663	286,114	341,934	391,552
20 Paraguaçu-Salvador	1 133,688	1 413,948	1 652,988	1 857,161
21 Contas-Iequié	661,224	895,626	1 142,357	1 382,483
22 Pardo-Cachoeira	282,495	341,413	390,882	432,640
23 Jequitinhonha <sup>1</sup>	81,997	87,767	92,161	95,545
24 Extremo Sul da Bahia	366,664	450,993	539,636	625,854
<b>Total</b>	<b>21 872,914</b>	<b>25 975,308</b>	<b>29 793,203</b>	<b>33 428,527</b>

Nota: <sup>1</sup>Parcela da bacia incluída no Nordeste da SUDENE.

### 3.3 ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE FUTURA SEGUNDO O CENÁRIO TENDENCIAL

Com base nos dados para as disponibilidades e demandas projetadas para o cenário tendencial, foram calculados os índices de sustentabilidade para cada Unidade de Planejamento.

As tabelas 3.3.1 a 3.3.3 apresentam os índices de sustentabilidade dos recursos hídricos para as Unidades de Planejamento nos anos 2000, 2010 e 2020, respectivamente.

Da análise dos índices de sustentabilidade constata-se que a situação já existente de demanda reprimida nas Unidades de Planejamento Leste Potiguar (UP 13), Oriental da Paraíba (UP 14), Oriental de Pernambuco (UP 15), Bacias Alagoanas (UP 16), Vaza-Barris-Real (UP 18) e Itapecuru (UP 19) tende a se agravar. Começa a haver demanda reprimida também nas Unidades de Planejamento Paraguaçu-Salvador (UP 20) e Contas-Jacuié (UP 21).

Para a Unidade de Planejamento Oriental de Pernambuco, a situação se tornará crítica, pois, para o atendimento das demandas programadas para o ano 2020, seria preciso ativar 70% das potencialidades da Unidade de Planejamento, o que técnica e economicamente é uma tarefa muito difícil.

A situação é também preocupante para as unidades Jaguaribe (UP 10), Apodi-Mossoró (UP 11) e Piranhas-Açu (UP 12), tendo em vista que para estas está prevista uma grande ativação de suas disponibilidades até o ano 2020. Caso isso não ocorra, essas unidades ficarão em situação crítica.

Analisando-se isoladamente a situação das águas subterrâneas, a tabela 3.3.4 mostra que a evolução do IDEP no cenário tendencial para 2000, 2010 e 2020 acusou uma situação decrescentemente progressiva. Assim, no ano de 1991 havia 20 Unidades de Planejamento (83,3%) enquadradas no nível I de sustentabilidade, contra apenas 4 UP, ou 16,7%, no nível II; no ano 2000, as UP nos níveis de sustentabilidade I e II passariam respectivamente a 75% e 25%; no ano de 2010, essas proporções seriam de 70,8% e 29,8%, e, no ano de 2020, passariam a 62,5% contra 37,5%, respectivamente.

TABELA 3.3.1

Índice de Sustentabilidade para o Cenário Tendencial — Ano 2000

UP — Unidade de Planejamento	Disp. - Dem. (hm <sup>3</sup> )	Disp./Pot. (IAP)	Dem./Disp. (IUD)	Dem./Pot. (IUP)
01 Tocantins Maranhense	419	0,10	0,28	0,03
02 Gurupi	2 291	0,15	0,12	0,02
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	3 380	0,23	0,17	0,04
04 Itapecuru	1 486	0,19	0,16	0,03
05 Munim-Barreirinhas	1 714	0,22	0,12	0,03
06 Paraíba	6 952	0,23	0,24	0,05
07 Acaraú-Coreaú	629	0,17	0,28	0,05
08 Curu	363	0,26	0,41	0,11

(continua)

(continuação)

UP — Unidade de Planejamento	Disp. - Dem. (hm <sup>3</sup> )	Disp./Pot. (IAP)	Dem./Disp. (IUD)	Dem./Pot. (IUP)
09 Fortaleza	31	0,34	0,96	0,32
10 Jaguaribe	2 331	0,85	0,34	0,29
11 Apodi-Mossoró	261	0,54	0,41	0,22
12 Piranhas-Açu	1 414	0,72	0,28	0,20
13 Leste Potiguar	212	0,14	1,90	0,27
14 Oriental da Paraíba	-49	0,22	1,10	0,24
15 Oriental de Pernambuco	-1 872	0,10	5,39	0,53
16 Bacias Alagoanas	-812	0,09	3,95	0,35
17 São Francisco	54 000	1,58	0,17	0,27
18 Vaza-Barris	-135	0,10	2,18	0,21
19 Itapicuru-Real	-69	0,10	1,32	0,14
20 Paraguaçu-Salvador	348	0,21	0,80	0,17
21 Contas-Jequié	-159	0,13	1,22	0,16
22 Pardo-Cachoeira	477	0,11	0,42	0,05
23 Jequitinhonha	461	0,09	0,16	0,01
24 Extremo Sul da Bahia	965	0,20	0,32	0,06
Total	74 214	0,48	0,26	0,13

TABELA 3.3.2

Índice de Sustentabilidade para o Cenário Tendencial — Ano 2010

UP — Unidade de Planejamento	Disp. - Dem. (hm <sup>3</sup> )	Disp./Pot. (IAP)	Dem./Disp. (IUD)	Dem./Pot. (IUP)
01 Tocantins Maranhense	399	0,10	0,31	0,03
02 Gurupi	2,287	0,15	0,12	0,02
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	3,337	0,23	0,18	0,04
04 Itapecuru	1,469	0,19	0,17	0,03
05 Munim-Barrerinhas	1,710	0,22	0,12	0,03
06 Parnaíba	6,640	0,23	0,28	0,06
07 Acaraú-Coreaú	691	0,18	0,29	0,05
08 Curu	371	0,27	0,43	0,12
09 Fortaleza	19	0,37	0,98	0,36
10 Jaguaribe	2,249	0,85	0,37	0,31
11 Apodi-Mossoró	246	0,55	0,45	0,25
12 Piranhas-Açu	1,368	0,72	0,31	0,22
13 Leste Potiguar	(268)	0,15	2,07	0,31
14 Oriental da Paraíba	(47)	0,25	1,09	0,27
15 Oriental de Pernambuco	(2,192)	0,11	5,50	0,62
16 Bacias Alagoanas	(1,034)	0,10	4,36	0,44
17 São Francisco	52,531	1,58	0,19	0,30
18 Vaza-Barris	(175)	0,10	2,49	0,24
19 Itapicuru-Real	(121)	0,11	1,55	0,16
20 Paraguaçu-Salvador	114	0,21	0,94	0,20
21 Contas-Jequié	(404)	0,13	1,55	0,21
22 Pardo-Cachoeira	429	0,11	0,48	0,05
23 Jequitinhonha	457	0,09	0,17	0,02
24 Extremo Sul da Bahia	877	0,20	0,38	0,08
Total	70,953	0,49	0,30	0,14

TABELA 3.3.3

Índice de Sustentabilidade para o Cenário Tendencial — An● 2020

UP — Unidade de Planejamento	Disp. - Dem. (hm <sup>3</sup> )	Disp./Pot. (IAP)	Dem./Disp. (IUD)	Dem./Pot. (IUP)
01 Tocantins Maranhense	380	0,10	0,35	0,03
02 Gurupi	2,284	0,15	0,12	0,02
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	3,293	0,23	0,19	0,04
04 Itapecuru	1,451	0,19	0,18	0,03
05 Munim-Barrerinhas	1,705	0,22	0,12	0,03
06 Parnaíba	6,319	0,23	0,32	0,07
07 Acaraú-Coreaú	752	0,20	0,29	0,06
08 Curu	377	0,29	0,44	0,13
09 Fortaleza	5	0,40	0,99	0,40
10 Jaguaribe	2,167	0,86	0,39	0,34
11 Apodi-Mossoró	231	0,55	0,49	0,27
12 Piranhas-Açu	1,328	0,73	0,33	0,24
13 Leste Potiguar	(315)	0,16	2,20	0,34
14 Oriental da Paraíba	(41)	0,28	1,07	0,30
15 Oriental de Pernambuco	(2,491)	0,13	5,58	0,70
16 Bacias Alagoanas	(1,252)	0,11	4,74	0,51
17 Sao Francisco	51,078	1,58	0,21	0,34
18 Vaza-Barris	(211)	0,10	2,76	0,28
19 Itapicuru-Real	(167)	0,11	1,74	0,19
20 Paraguaçu-Salvador	(87)	0,21	1,05	0,22
21 Contas-Jequié	(643)	0,13	1,87	0,25
22 Pardo-Cachoeira	388	0,11	0,53	0,06
23 Jequitinhonha	454	0,09	0,17	0,02
24 Extremo Sul da Bahia	792	0,20	0,44	0,09
Total	67,797	0,49	0,33	0,16



**TABELA 3.3.4**  
**Evolução do IUP (Demanda/Potencialidade) nos Cenários Tendenciais**

Denominação da UP	1991	2000	2010	2020
1 Tocantins Maranhense	0,303(+)	0,352(+)	0,403(+)	0,452(+)
2 Gurupi	0,119(+)	0,123(+)	0,125(+)	0,128(+)
3 Mearim-Grajaú-Pindaré	0,195(+)	0,219(+)	0,243(+)	0,265(+)
4 Itapecuru	0,172(+)	0,189(+)	0,206(+)	0,222(+)
5 Munim-Barreirinhas	0,071(+)(+)	0,074(+)(+)	0,078(+)(+)	0,081(+)(+)
6 Parnaíba	0,226(+)	0,268(+)	0,311(+)	0,351(+)
7 Acaraú-Coreaú	0,190(+)	0,247(+)	0,300(+)	0,351(+)
8 Curu	0,774(+)	0,997(+)	1,234(-)	1,471(-)
9 Fortaleza	1,409(-)	1,733(-)	2,045(-)	2,345(-)
10 Jaguaribe	1,506(-)	2,094(-)	2,534(-)	2,972(-)
11 Apodi-Mossoró	0,783(+)	1,080(-)	1,320(-)	1,554(-)
12 Piranhas-Açu	0,936(+)	1,222(-)	1,452(-)	1,676(-)
13 Leste Potiguar	0,629(+)	0,795(+)	0,965(+)	1,121(-)
14 Oriental da Paraíba	0,615(+)	0,777(+)	0,938(+)	1,091(-)
15 Oriental de Pernambuco	2,495(-)	3,103(-)	3,724(-)	4,318(-)
16 Bacias Alagoanas	0,573(+)	0,693(+)	0,808(+)	0,916(+)
17 São Francisco	0,623(+)	0,748(+)	0,874(+)	0,999(+)
18 Vaza Banis	0,542(+)	0,674(+)	0,782(+)	0,874(+)
19 Itapicuru-Real	0,275(+)	0,348(+)	0,412(+)	0,470(+)
20 Paraguaçu-Salvador	0,307(+)	0,383(+)	0,449(+)	0,508(+)
21 Contas-Iequié	1,088(-)	1,420(-)	1,768(-)	2,108(-)
22 Pardo-Cachoeiras	0,225(+)	0,269(+)	0,306(+)	0,335(+)
23 Iequitinhonha	0,151(+)	0,161(+)	0,168(+)	0,174(+)
24 Extremo Sul da Bahia	0,071(+)(+)	0,086(+)(+)	0,101(+)	0,115(+)

Imagina-se que a bacia do Rio São Francisco será o local onde provavelmente ocorrerão os principais conflitos de uso d'água na região. Resolveu-se fazer uma análise do seu comportamento, baseada nos dados do PLANVASE.

A bacia do São Francisco (UP 17) é a maior Unidade de Planejamento em estudo, ocupando uma área de 640 000 km<sup>2</sup>, dos quais 487 000 km<sup>2</sup> fazem parte do Nordeste da SUDENE.

A demanda de água para irrigação, na área em estudo, assume papel preponderante, por constituir-se no principal uso consuntivo.

Segundo o PLANVASF, a área irrigada na bacia do São Francisco, em 1988, é estimada em 209 400 ha. O programa de irrigação proposto pelo PLANVASF prevê a implantação, até o ano 2000, de 170 projetos, com uma área total de 593 821 ha, totalizando uma área irrigada, em operação no ano 2000, de 803 221 ha.

Embora o PLANVASF tenha afirmado que o programa, previsto para ser implantado de 1989 a 2000, não oferece perigo de incompatibilidade com o setor de geração de energia elétrica, não é esta a visão do sistema elétrico sobre o assunto.

O setor elétrico prevê que a retirada de água para irrigação na Bacia do São Francisco poderá vir a ter significativa influência nas condições de atendimento ao mercado de energia elétrica, na medida em que contribuirá para a redução da disponibilidade de geração das usinas hidrelétricas, porque o desvio de água para irrigação, a montante de um aproveitamento hidrelétrico, redundará em perda de energia ao longo da cascata a jusante.

O trabalho intitulado "Avaliação do Impacto dos Programas de Irrigação na Oferta de Energia Elétrica da Região Nordeste", elaborado por Soares *et alii* (1992), afirma que:

"Até o ano de 1986, não se considerava nenhuma retirada de água para irrigação nos estudos de Planejamento da Geração do Setor Elétrico.

A instituição do PROINE em janeiro de 1986, com metas de irrigar 1 milhão de hectares no período 1986/1991, na região Nordeste, dos quais cerca de 550 mil hectares localizados na bacia do São Francisco, levou o setor elétrico e, particularmente, a CHESF a considerar as retiradas de água para irrigação nos estudos de Planejamento Decenal da Geração do Sistema Interligado Norte/Nordeste, a partir do Ciclo de Planejamento de 1987".

O conflito potencial de uso entre a atividade de irrigação e o setor elétrico assume atualmente novos contornos, com a disposição do governo federal em implementar o Projeto da Transposição de Águas do São Francisco para algumas bacias dos estados do Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte. Assim, surge um novo conflito potencial para a utilização das águas do Rio São Francisco, que é o de irrigar, dentro ou fora da bacia.

Um ponto que também merece ser enfatizado diz respeito às previsões de implantação de novas áreas irrigadas.

É importante ter-se em mente que, se a previsão da implantação de novas áreas irrigadas não se desenvolver conforme o previsto, isso pode levar o setor elétrico a antecipar investimentos desnecessários; por outro lado, se houver uma aceleração não prevista na implantação de novas áreas irrigadas na bacia, tal situação pode acarretar um aumento da probabilidade de déficits no suprimento de energia (acionamento).

Admitindo-se uma demanda unitária de 20 750 m<sup>3</sup>/ha/ano, como o PLANVASF considerou, a demanda total de água requerida, abrangendo as áreas atualmente irrigadas e as projetadas, em um total de 803 221 ha, será de 16,7 bilhões de m<sup>3</sup>/ano. Admitindo também que 30% desse volume volta ao rio por drenagem dos terrenos irrigados, o consumo efetivo será de cerca de 11,7 bilhões de m<sup>3</sup>/ano, o qual corresponde a cerca de 12,5% da vazão anual do Rio São Francisco em Traipu.

Como se observa, o principal conflito de uso da bacia do Rio São Francisco é entre um uso consuntivo (irrigação) e um não consuntivo (geração de energia elétrica).

A apresentação de situação da bacia do Rio São Francisco reflete como os principais setores envolvidos (elétrico e irrigação) desenvolvem suas programações sem que exista um esforço maior de compatibilização de interesses.

### 3.3.1 Cenário Tendencial Quanto à Qualidade da Água

Se a situação presente for projetada para os anos 2000, 2010 e 2020, existirão probabilidades muito grandes de ocorrer um colapso generalizado em várias microrregiões nordestinas, em decorrência de suas extremas fragilidades no tocante a recursos hídricos e, em conseqüência, no tocante a outros recursos naturais. Indicadores apontam para um crescimento do setor industrial, fato esse que demandará enormes recursos energéticos, os quais terão de vir de setores da própria região. Por outro lado, o cenário presente projeta para o cenário tendencial futuro uma redução nas atividades agropecuárias, além de uma forte retração na presença do homem do campo. Com isso, se perceberá a tendência de se ter uma explosão na população urbana, comprometendo mais ainda o modelo de desenvolvimento atual. As pressões de demanda serão extremamente fortes e certa-

mente haverá um campo bem desfavorável ao desenvolvimento sustentável. Em outras palavras, haverá forte comprometimento da qualidade ambiental em parte da zona rural, em decorrência do êxodo rural, como também da zona urbana, pela própria incapacidade de assimilação ambiental.

Se a esse cenário forem acrescentados fatores decorrentes de mudanças climáticas, a situação poderá tornar-se ainda mais crítica, pois as perspectivas que têm sido apresentadas, nesse momento, apontam para um recrudescimento dos períodos de estiagens, com um impacto extremamente forte nas zonas de baixa capacidade pluviométrica. Nesse caso, os cenários indicam uma redução na umidade do solo, provocando, assim, grandes prejuízos em sua estrutura. Tal situação certamente terá um grande impacto nos aspectos de salinização, se o clima for considerado como o principal responsável por esse fenômeno. Quanto aos aspectos de poluição por efluentes provenientes de esgotos domésticos e industriais, há que se buscar formas de controlar essas emissões, pois, nesse cenário de mudanças climáticas, os corpos d'água perderão consideravelmente suas capacidades de assimilação. Tudo isso mostra que medidas fundamentais terão de ser tomadas, com o objetivo de reverter-se o quadro de degradabilidade que o modelo atual de desenvolvimento está cearizando. Há uma necessidade muito forte de se desenvolverem políticas sérias, que contornem os atuais problemas, e ofereçam uma perspectiva real de contração na vulnerabilidade às secas, e, em consequência, o estabelecimento de condicionantes consistentes que conduzam o Nordeste semi-árido ao desenvolvimento sustentável.

Em termos objetivos, o único indicador de sustentabilidade estimado numericamente e projetado para os horizontes 2000, 2010 e 2020 foi o Índice de Comprometimento com a Poluição (ICP).

Nas tabelas 3.3.5, 3.3.6 e 3.3.7, a seguir, são apresentadas, respectivamente, as Vazões Comprometidas com a Poluição, as Vazões Disponíveis Superficiais Anuais, e os Índices de Comprometimento com a Poluição (com seus mapas de áreas críticas).

TABELA 3.3.5

Vazões Comprometidas com a Poluição, por UP, de 1990 a 2020

(Em hm<sup>3</sup>/ano)

Unidade de Planejamento	Vazões Comprometidas com a Poluição			
	1990 <sup>1</sup>	2000 <sup>2</sup>	2010 <sup>3</sup>	2020 <sup>2</sup>
1	272	351	430	509
2	103	125	147	169
3	1 619	2 266	2 914	3 561
4	2 297	3 095	3 892	4 690
5	93	103	112	122
6	3 362	4 014	4 667	5 319
7	1 373	1 841	2 309	2 777
8	245	275	304	334
9	4 906	6 003	7 101	8 198
10	2 344	3 317	4 291	5 264
11	2 554	3 133	3 711	4 290
12	2 706	4 204	5 702	7 200
13	2 935	3 560	4 184	4 809
14	4 956	5 753	6 549	7 346
15	27 003	37 123	47 242	57 362
16	14 826	18 421	22 016	25 611
17	6 722	9 457	12 193	14 928
18	7 863	9 857	11 850	13 844
19	1 281	2 224	3 167	4 110
20	20 808	24 366	27 925	31 483
21	3 351	4 106	4 862	5 617
22	2 033	2 454	2 876	3 297
23	46	47	47	48
24	674	868	1 063	1 257

Notas: <sup>1</sup> De acordo com o PLIRHINE.<sup>2</sup> Previsão feita pelo PLIRHINE.<sup>3</sup> Calculado por interpolação linear.

**TABELA 3.3.6**  
**Vazões Disponíveis por Unidade de Planejamento**  
**do PLIRHINE, de 1990 a 2020**

Unidade de Planejamento	Vazões Superficiais Disponíveis (hm <sup>3</sup> /ano)			
	1990	2000	2010	2020
1	500	500	500	500
2	2 510	2 510	2 510	2 510
3	3 430	3 430	3 430	3 430
4	1 550	1 550	1 550	1 550
5	1 760	1 760	1 760	1 760
6	8 087	8 087	8 087	8 087
7	580	747	830	913
8	369	400	415	430
9	222	251	266	280
10	1 937	3 372	3 372	3 372
11	164	380	380	380
12	1 526	1 934	1 934	1 934
13	115	115	115	115
14	262	363	414	465
15	151	225	261	298
16	8	8	8	8
17	64 385	64 385	64 385	64 385
18	76	76	76	76
19	163	163	163	163
20	1 700	1 700	1 700	1 700
21	700	700	700	700
22	795	795	795	795
23	540	540	540	540
24	1 400	1 400	1 400	1 400

TABELA 3.3.7  
Índice de Comprometimento com a Poluição, por Unidade de Planejamento do PLIRHINE, de 1990 a 2020

Unidade de Planejamento	Índice de Comprometimento com a Poluição			
	1990	2000	2010	2020
1	1,8382	1,4245	1,1628	0,9823
2	24,3689	20,0800	17,0748	14,8521
3	2,1186	1,5135	1,1772	0,9632
4	0,6748	0,5009	0,3982	0,3305
5	18,9247	17,1429	15,6677	14,4262
6	2,4054	2,0145	1,7329	1,5204
7	0,4224	0,4058	0,3595	0,3288
8	1,5061	1,4563	1,3636	1,2874
9	0,0453	0,0418	0,0375	0,0342
10	0,8264	0,0165	0,7859	0,6406
11	0,0642	0,1213	0,1024	0,0886
12	0,5639	0,4600	0,3392	0,2686
13	0,0392	0,0323	0,0275	0,0239
14	0,0529	0,0631	0,0632	0,0633
15	0,0056	0,0061	0,0055	0,0052
16	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003
17	9,5783	6,8079	5,2806	4,3130
18	0,0097	0,0077	0,0064	0,0055
19	0,1272	0,0733	0,0515	0,0397
20	0,0817	0,0698	0,0609	0,0540
21	0,2089	0,1705	0,1440	0,1246
22	0,3910	0,3239	0,2765	0,2411
23	11,7391	11,5714	11,4085	11,2500
24	2,0772	1,6123	1,3174	1,1138

Obs.: ICP = Vazão Superf. Dispon./Vazão Compr. c/Poluição:

ICP < 1 - Situação crítica

1 < ICP < 2 - Situação quase crítica

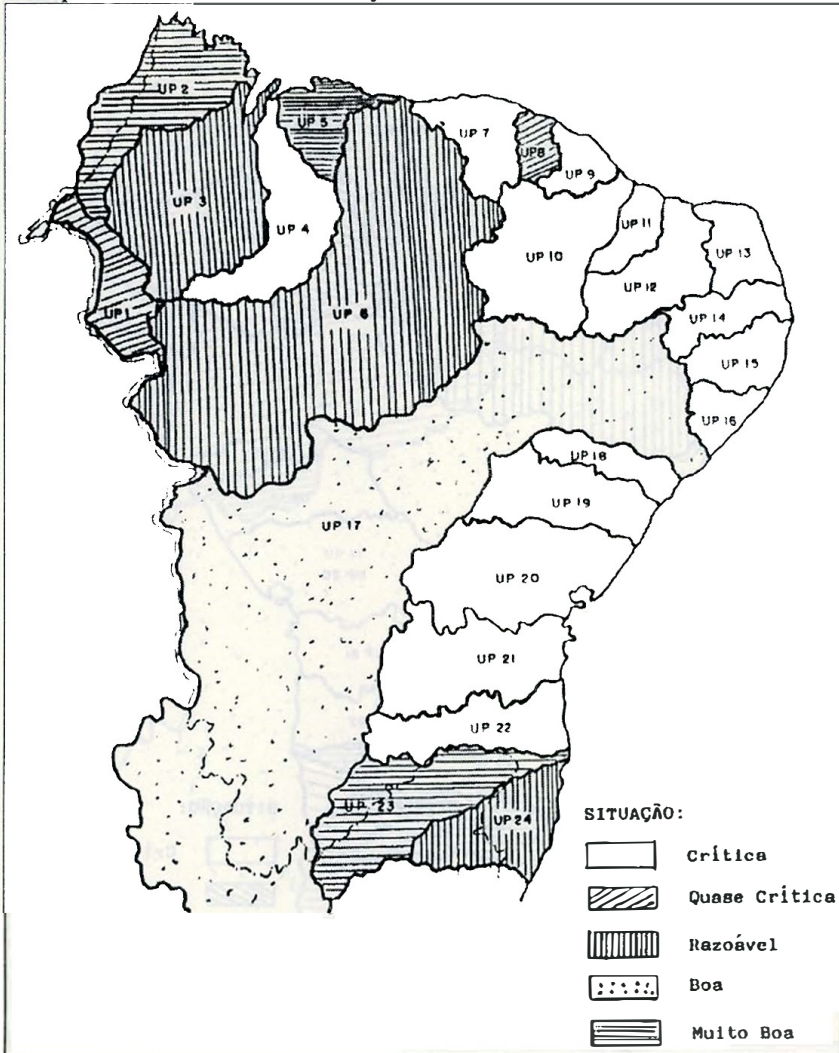
2 < ICP < 5 - Situação razoável

5 < ICP < 10 - Situação boa

ICP > 10 - Situação muito boa

### MAPA 3.1

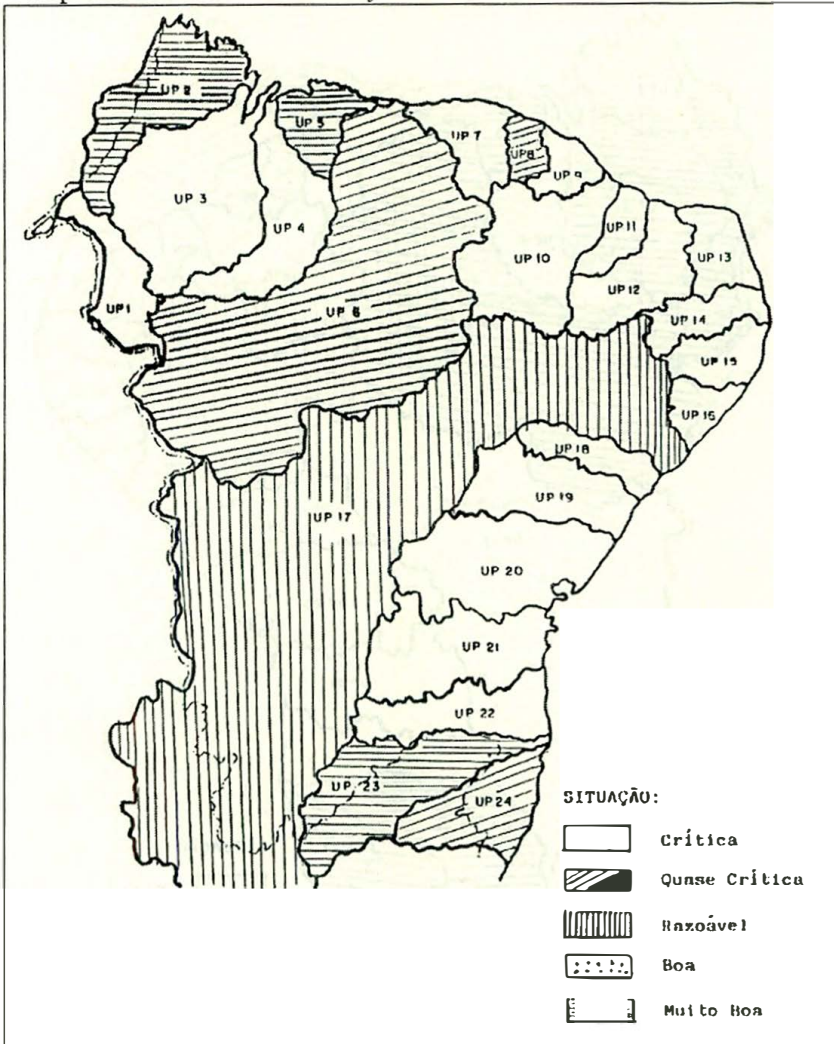
Comprometimento com a Poluição – Cenário: 1990





MAPA 3.4

Comprometimento com a Poluição – Cenário: 2020



### 3.4 ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE FUTURA SEGUNDO O CENÁRIO DE MUDANÇA CLIMÁTICA NA REGIÃO

Se ocorrerem mudanças climáticas na região Nordeste, estas afetarão o projeto, a construção e a operação de seus sistemas de abastecimento de água para os diversos usos.

O cenário mais desfavorável, elaborado por Nobre (1994), para desvios de temperatura, precipitação e umidade de solo sobre o Nordeste do Brasil, nos anos 2000, 2010 e 2020, devido ao aquecimento global decorrente do acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera, está apresentado na tabela 3.4.1.

TABELA 3.4.1

Cenário para Desvios de Temperatura, Precipitação e Umidade do Solo sobre o Nordeste do Brasil nos Anos 2000, 2010 e 2020, Devido ao Aquecimento Global Decorrente do Acúmulo de Gases e do Efeito Estufa na Atmosfera

Variável	Ano		
	2000	2010	2020
Temperatura (°C)	0,6	1,7	2,9
Umidade do solo (mm)	-3,4	-10,3	-17,1
Precipitação (%)	-2,1	-6,4	-10,7

Fonte: Nobre (1994).

Ainda segundo Nobre (1994), também há indicações no sentido de que as chuvas sobre as regiões tropicais se tornariam mais intensas e episódicas, o que traria consequências para a quantidade dos recursos hídricos, a umidade e erosão do solo, e as inundações, entre outras.

Quanto à probabilidade de ocorrência de seca no Nordeste (com base nos registros históricos nos últimos quatrocentos anos, o índice de ocorrência de secas situa-se em torno de 20%) [Magalhães, 1994], estima-se que esse fenômeno aumentará na mesma proporção em que aumente a temperatura do ar, ocasionando maior número de secas agrícolas.

Em uma análise preliminar, a ocorrência desse cenário poderá provocar os seguintes efeitos sobre os recursos hídricos da região:

- aumento da demanda de água para irrigação na região, devido à diminuição da umidade no solo e à elevação da evapotranspiração da vegetação;

- diminuição da disponibilidade de água dos reservatórios construídos na região, provocada pelo aumento das sangrias (devido ao aumento na intensidade das precipitações e a diminuição do total anual de chuvas), e pelo aumento da evaporação nos espelhos líquidos dos reservatórios (decorrente da elevação da temperatura do ar à superfície);

Poderá haver ainda um aumento no coeficiente de escoamento superficial (*run off*), decorrente do aumento da intensidade das precipitações.

Ressalte-se que, mesmo considerando-se que a variabilidade internada do clima sobre a região Nordeste do Brasil permaneça inalterada, durante os próximos vinte e cinco anos existem vários fatores antrópicos que poderão vir a afetar a disponibilidade dos recursos hídricos para as atividades humanas, agrícolas e industriais na região. Assim, é possível que a disponibilidade de água venha a diminuir em função da redução da cobertura vegetal provocada pela ação antrópica.

Um solo com pouca vegetação costuma ser mais impermeável, concorrendo para que as chuvas possam causar fortes erosões e para a diminuição da alimentação do lençol freático.

Um desflorestamento, além de acentuar as condições de erosão da bacia, pode causar maior irregularidade na distribuição dos deflúvios, o que pode ser compensado com a construção de reservatórios de regularização de enchentes e de estiagens.

O aumento da erosão na bacia tenderá a provocar aumento no assoreamento dos reservatórios existentes, diminuindo suas capacidades de acumulação, e por conseguinte, seus volumes disponíveis anuais e sua vida útil.

A degradação da qualidade das águas, provocada principalmente pelo retorno das águas de irrigação e pelo lançamento de efluentes industriais e domésticos também provocará uma diminuição na disponibilidade de água, devido à restrição de seu uso.

Assim, na análise da sustentabilidade futura dos recursos hídricos, é fundamental que se leve em conta, também, o fator antrópico de degradação ambiental.

No presente estudo, para a avaliação da sustentabilidade dos recursos hídricos da região em um cenário de mudança climática e de ação antrópica desfavoráveis, procurou-se fazer uma análise da sensibilidade dos indicadores de sustentabilidade dos recursos hídricos, com duas hipóteses:

- aumento de 5% nas demandas, combinado com a correspondente redução de 5% nas disponibilidades;
- aumento de 10% nas demandas, combinado com a redução de 10% nas disponibilidades.

Com base nos dados para as disponibilidades e demandas projetadas, considerando se o cenário de ocorrência de mudança climática na região, foram calculados os índices de sustentabilidade para cada Unidade de Planejamento, com base nas duas hipóteses apresentadas.

Nas tabelas 3.4.2 e 3.4.3 são apresentados os índices de sustentabilidade dos recursos hídricos para as Unidades de Planejamento para o ano de 2020, para as duas hipóteses apresentadas.

Da análise dos índices de sustentabilidade na hipótese de aumento nas demandas em 5% e diminuição de iguais 5% nas potencialidades e disponibilidades constata-se, como era de se esperar, que a situação (já existente) de demanda reprimida nas Unidades de Planejamento Leste Potiguar (UP 13), Oriental da Paraíba (UP 14), Oriental de Pernambuco (UP 15), Bacias Alagoanas (UP 16), Vaza-Barris-Real (UP 18) e Itapecuru (UP 19) tende a se agravar. Começa a haver demanda reprimida também nas Unidades de Planejamento Fortaleza (UP 9), Paraguaçu-Salvador (UP 20) e Contas-Jequié (UP 21).

Para a Unidade de Planejamento Oriental de Pernambuco, a situação se tornará crítica, o que implicaria a necessidade de transposição de água de outras unidades de planejamento com disponibilidade. Outras soluções, seriam: *i*) inibir o aumento de demandas por meio de medidas restritivas à implantação de novas áreas irrigadas; e *ii*) estimular o reuso das águas.

Para a hipótese de aumento nas demandas em 10% e diminuição nas potencialidades e disponibilidades em 10%, a situação de demanda reprimida deverá ser agravada nas Unidades de Planejamento já deficitárias.

O que mais preocupa é que, no cenário tendencial, no ano 2020, as demandas programadas atingiriam mais de 30% das potencialidades da Unidade de Planejamento Oriental de Pernambuco (UP 15). Nesse cenário, as unidades Fortaleza (UP 9), Apodi - Mossoró (UP 11), Leste Potiguar (UP 13), Oriental da Paraíba (UP 14), Bacias Alagoanas (UP 16), São Francisco (UP 17) e Vaza-Barris (UP 18) também atingiriam esse patamar.

O conflito de uso entre irrigação e geração de energia na bacia do São Francisco (UP 17) deverá ser agravado em decorrência do possível aumento nas demandas para irrigação e da diminuição das disponibilidades.

TABELA 3.4.2

Índices de Sustentabilidade para o Cenário de Mudanças Climáticas com Aumento de 5% nas Demandas e Diminuição de 5% nas Potencialidades e Disponibilidades

UP — Unidade de Planejamento	Disp. - Dem. (hm <sup>3</sup> )	Disp./Pot. (IAP)	Dem./Disp (IUD)	Dem./Pot. (IUP)
01 Tocantins Maranhense	341	0,10	0,38	0,04
02 Gurupi	2,138	0,15	0,14	0,02
03 Nearim-Grajaú-Pindaré	3,049	0,23	0,21	0,05
04 Itapecuru	1,347	0,19	0,20	0,04
05 Murim Barreirinhas	1,596	0,22	0,14	0,03
06 Parnaíba	5,712	0,23	0,35	0,08
07 Acaraú-Coreaú	683	0,20	0,33	0,07
08 Curu	328	0,29	0,49	0,14
09 Fortaleza	(85)	0,40	1,10	0,44
10 Jaguaribe	1,920	0,86	0,43	0,37
11 Apodi-Mossoró	198	0,55	0,54	0,30
12 Piranhas-Açu	1,196	0,73	0,36	0,26
13 Leste Potiguar	(357)	0,16	2,43	0,38
14 Oriental da Paraíba	(104)	0,28	1,18	0,33
15 Oriental de Pernambuco	(2,670)	0,13	6,16	0,77
16 Bacias Alagoanas	(1,348)	0,11	5,24	0,57
17 São Francisco	47,134	1,58	0,24	0,37
18 Vaza-Barris	(234)	0,10	3,05	0,31
19 Itapicuru-Real	(198)	0,11	1,93	0,21
20 Paraguaçu-Salvador	(268)	0,21	1,16	0,24
21 Contas-Iequié	(749)	0,13	2,07	0,27
22 Pardo-Cachoeira	325	0,11	0,58	0,07
23 Jequiúnhonha	422	0,09	0,19	0,02
24 Extremo Sul da Bahia	689	0,20	0,49	0,10
Total	61,064	0,49	0,36	0,18

TABELA 3.4.3

Índices de Sustentabilidade para o Cenário de Mudanças Climáticas com Aumento de 10% nas Demandas e Diminuição de 10% nas Potencialidades e Disponibilidades

UP — Unidade de Planejamento	Disp. - Dem. (hm <sup>3</sup> )	Disp./Pot. (IAP)	Dem./Disp. (IUD)	Dem./Pot. (IUP)
01 Tocantins Maranhense	301	0,10	0,43	0,04
02 Gurupi	1,992	0,15	0,15	0,02
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	2,806	0,23	0,24	0,05
04 Itapecuru	1,242	0,19	0,22	0,04
05 Munim-Barreirinhas	1,486	0,22	0,15	0,03
06 Parnaíba	5,106	0,23	0,39	0,09
07 Acaraú-Coreaú	614	0,20	0,36	0,07
08 Curu	280	0,29	0,54	0,16
09 Fortaleza	(176)	0,40	1,22	0,48
10 Jaguaribe	1,672	0,86	0,48	0,41
11 Apodi-Mossoró	164	0,55	0,60	0,33
12 Piranhas-Açu	1,065	0,73	0,40	0,29
13 Leste Potiguar	(399)	0,16	2,69	0,42
14 Oriental da Paraíba	(167)	0,28	1,30	0,36
15 Oriental de Pernambuco	(2.849)	0,13	6,82	0,86
16 Bacias Alagoanas	(1,444)	0,11	5,80	0,63
17 São Francisco	43,190	1,58	0,26	0,41
18 Vaza-Barris	(257)	0,10	3,38	0,34
19 Itapicuru-Real	(229)	0,11	2,13	0,23
20 Paraguaçu-Salvador	(449)	0,21	1,28	0,27
21 Contas-Iequié	(856)	0,13	2,29	0,30
22 Pardo-Cachoeira	263	0,11	0,64	0,07
23 Jequitinhonha	389	0,09	0,21	0,02
24 Extremo Sul da Bahia	587	0,20	0,54	0,11
Total	54,332	0,49	0,40	0,20





Vulnerabilidade às Secas





## Capítulo 4 Vulnerabilidade às Secas

### SUMÁRIO

- 4.1 Secas: Definições e Efeitos 119  
4.2 Vulnerabilidade dos Sistemas Hídricos 125
-



O Semi-Árido nordestino tem sido caracterizado, desde o início de sua história, pelo estigma da seca. A primeira marca, que antecede a ocupação da região das caatingas pelos colonizadores portugueses, conforme Souza (1979), é relatada por Fernão Cardim, que, referindo-se ao ano de 1583, informa: "houve uma grande seca e esterilidade na província (Pernambuco) e desceram do sertão, socorrendo-se aos brancos, cerca de quatro ou cinco mil índios."

Igualmente, Paulino (1992), ao analisar o problema das secas, apresenta a seguinte citação do professor João de Deus de Oliveira: "os primeiros colonizadores lusos testemunharam, por certo, a luta tremenda, dentro das selvas, dos Tabajaras, dos Kariris, indígenas sertanejos, estes últimos acossados pelos efeitos das secas, famintos errantes, em contínuos entrechoques de raças do Jaguaribe, do Apodi e do Açu, ao Norte, às ribeiras do São Francisco Sul e Leste".

Demonstram essas narrativas que, mesmo em condições de baixa densidade demográfica, em áreas sem degradações antrópicas, na ausência de uma infra-estrutura de reservação de águas, a seca, desde quando se conhece o Nordeste, tem resultado em movimentos migratórios.

As condições adversas do Nordeste, incluindo as secas periódicas, retardaram muito o início da ocupação portuguesa da região. Até a primeira metade do século XVII, o domínio das áreas secas do interior do Nordeste de Pernambuco ao Ceará era dos índios. A partir de então e de forma bastante lenta tem início o processo de ocupação com o "desenvolvimento da pecuária, única atividade possível na região das caatingas" [Paulino, 1992].

#### 4.1 SECAS: DEFINIÇÕES E EFEITOS

O conceito de seca está intimamente relacionado ao ponto de vista do observador. Embora a causa primária das secas resida na insuficiência ou irregularidade das precipitações pluviais, existe uma seqüência de causas e efeitos na qual o efeito mais próximo de uma seca torna-se causa de um outro efeito, e esse efeito também passa a ser denominado seca. Assim, para citar as denominações mais comuns, podem ser definidas as secas

*climatológica* (causa primária ou elemento que desencadeia o processo), *edáfica* (efeito da seca climatológica) *seca* (efeito da seca edáfica), e a *seca hidrológica* ou na *disponibilidade de água* (efeito dos baixos escoamentos nos cursos d'água e/ou do sobreuso das disponibilidades), etc.

A seca climatológica refere-se à ocorrência, em dado espaço e tempo, de uma deficiência no total de chuvas em relação aos padrões normais que determinaram as necessidades. Esse tipo de seca tem causas naturais advindas da circulação global da atmosfera e pode resultar em redução na produção agrícola e no fornecimento de água para cidades e outros usos.

A seca edáfica tem como causas básicas a insuficiência ou distribuição irregular das chuvas e pode ser identificada como uma deficiência da umidade, em termos do sistema radicular das plantas, que resulta em considerável redução da produção agrícola. Esse tipo de seca, associado à agricultura de sequeiro, é o que maiores impactos causa no Semi-Árido nordestino. Os efeitos são severas perdas econômicas e grandes transtornos sociais tais como a fome, a migração, a desagregação das famílias, etc.

Por sua vez, a seca hidrológica, ou de suprimento de águas, pode ser entendida como a insuficiência de águas nos rios ou reservatórios para atendimento das demandas já estabelecidas em dada região. Essa seca pode ser causada por uma seqüência de anos com deficiência no escoamento superficial ou, também, por um mau gerenciamento dos recursos hídricos acumulados nos açudes. O resultado desse tipo de seca é o racionamento (ou colapso), em sistemas de abastecimento d'água das cidades ou das áreas de irrigação.

A qualidade das estações chuvosas de 1991 a 1994, no Nordeste, pode ser tomada como exemplo para os diversos tipos de seca. Em 1991, ocorreu, em grande parte do território do Semi-Árido, pluviosidade bem abaixo da média. A região foi atingida por secas climatológicas e edáficas; contudo, as reservas acumuladas nos grandes reservatórios d'água foram suficientes para atender às demandas durante o ano de 1991. Em 1992, com a repetição da seca climatológica, começaram os primeiros problemas de seca hidrológica. Recife foi a primeira grande cidade atingida, pois teve de se submeter a um racionamento no abastecimento de água. Em 1993, a grande maioria dos pequenos açudes do Semi-Árido secaram. Os grandes açudes atingiram níveis críticos. Em maio de 1993, a cidade

de Fortaleza, com 1,5 milhão de habitantes, chegou a três meses de colapso no sistema de abastecimento de água.<sup>1</sup>

No ano de 1994 a estação chuvosa foi bastante peculiar. Em geral, as precipitações pluviiais foram acima da média. O litoral nordestino foi privilegiado por chuvas bastante prolongadas. No sertão cearense, especialmente no Alto Jaguaribe, as chuvas ocorreram em quantidade suficiente para a produção agrícola. Não ocorreu seca climatológica ou edáfica. Contudo, como essas chuvas ocorreram predominantemente com baixa intensidade e em um longo intervalo de tempo, o escoamento superficial resultante foi muito baixo. Esse fato, aliado à situação crítica em que se encontravam os reservatórios, causou um ano de baixa disponibilidade de águas. Como exemplo, o Orós terminou a estação chuvosa com um volume acumulado de cerca de 500 milhões de metros cúbicos. Essa reserva é insuficiente para atender à demanda existente às margens do rio Jaguaribe. O quadro atual é de racionamento. O perímetro irrigado do Icó, que recebe águas do Orós, estava abastecido até o final de setembro. Motivado por esse fato, um grupo de irrigantes do Icó deslocou-se até o açude de Orós e fechou a válvula dispersora que alimenta os irrigantes das ribeiras do Jaguaribe. Esse é um conflito gerado pela atual seca hidrológica daquele vale. Uma grande diferença entre essa seca e a seca agrícola reside nas condições socioeconômicas das populações atingidas: os camponeses da agricultura de sequeiro não dispõem de reservas financeiras que lhes permitam sobreviver durante a ocorrência da seca.

Em resumo, os efeitos mais graves das secas decorrem de um descompasso momentâneo entre a oferta de água, provida irregularmente pela natureza, e as necessidades para uma determinada atividade, geradas pela sociedade. Barnash e Ferral(1973) afirmam que:

"a seca não deve ser considerada como uma condição seca, mas uma condição de secura anormal em relação às necessidades. Em qualquer área, a natureza geralmente produz uma vegetação em harmonia com o ciclo de umidade disponível para o crescimento da planta. O homem fre-

---

<sup>1</sup> Essa situação resultou na construção, em regime de emergência, de um canal com cerca de 100 quilômetros, ligando as águas do Jaguaribe, regularizadas pelos sistemas Orós, Banabuiú e Pedras Brancas.

qüentemente viola essa harmonia, introduzindo culturas de pouca adaptação, e a crença de seca é aumentada como o mau uso da terra."

#### 4.1.1 Os Potenciais Hidráulicos Localizado e Móvel

Considerando-se uma região hidrográfica como um sistema que é alimentado pelas precipitações pluviais em termos médios, o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica pode ser representado por:

$$P = (E_s + E_r) + (R + I_p),$$

em que P representa a precipitação pluvial média na bacia;  $E_s$ , a evaporação a partir da superfície do solo, das superfícies dos vegetais e dos planos de águas livres;  $E_r$  representa a parte da infiltração que fica retida nas camadas superficiais do solo e é evapotranspirada;  $I_p$  representa a parte de percolação profunda que alimenta o lençol freático; e R representa o escoamento superficial que forma os riachos e rios.

O conjunto ( $E_s + E_r$ ), denominado potencial hidráulico localizado, só pode ser utilizado no local onde acontece a precipitação. Por outro lado, o conjunto ( $R + I_p$ ), denominado potencial hidráulico móvel, representa a parte das águas que se movimenta e pode ser utilizada em local diverso daquele onde aconteceu a chuva.

O conhecimento de como ocorrem as chuvas e de como elas se distribuem entre o potencial localizado e o potencial móvel é de grande importância ao entendimento da seca e da vulnerabilidade de uma dada região a esse fenômeno. Dessa forma, a seca edáfica dá-se no domínio do potencial hidráulico localizado, enquanto a seca hidrológica dá-se no domínio do potencial hidráulico móvel.

#### 4.1.2 Seca no Potencial Hidráulico Localizado: Seca Edáfica

O potencial hidráulico localizado, como definido, consiste na parte da precipitação pluvial que fica retida contra a ação da gravidade, nas camadas superficiais do solo, no nível do sistema radicular das culturas, sob a forma de umidade. Esse potencial somente pode ser utilizado por meio do processo de sucção das raízes, para vencer as forças que mantêm as águas nos vazios do solo.

Analisando-se a evolução do teor de umidade no solo ao longo de uma estação de chuvas, nota-se que existem períodos em que este mantém um teor acima do ponto de murchamento, alternando com períodos nos quais a umidade fica igual ou abaixo desse teor. Dessa maneira, para se gerenciar o potencial hidráulico localizado, é importante que se conheça, pelo menos no sentido estatístico, datas de início e durações dos períodos úmidos. O conhecimento desses períodos irá proporcionar elementos para melhor selecionar culturas e datas de plantio que a elas se adaptem. Quanto mais eficiente for o gerenciamento, menores serão os efeitos negativos dos períodos deficitários ou secas.

Considera-se que ocorreu uma seca edáfica, em determinado ano, para um cultivo de certa duração do ciclo vegetativo (DCV), quando o espaço de tempo em que o solo mantém continuamente água à disposição das culturas é inferior a DCV. A frequência de ocorrência de secas pode ser estimada pelo conceito de Ciclo Máximo Anual Contínuo de Umidade (CMACU) [Campos, 1983; Campos e Lima 1992]. O CMACU representa o número máximo de dias, em um dado ano, no qual o solo mantém, no nível do sistema radicular das culturas, o teor de umidade acima do ponto de murcha permanente. O CMACU é uma variável aleatória que pode ser estimada por intermédio do balanço hídrico do solo, em locais onde se disponha de séries de chuvas diárias de durações suficientemente longas.

#### *Determinação do Ciclo Máximo Anual Contínuo de Umidade (CMACU)*

Executando-se, em um dado ano hidrológico, o balanço diário de umidade no solo, obtém-se uma série de períodos contínuos de dias em que o solo se mantém úmido, alternados por períodos de solo seco. Define-se o Ciclo Máximo Anual Contínuo de Umidade como a duração, em dias, do maior período do ano em que o solo mantém, continuamente, umidade disponível para as culturas. O CMACU pode ser considerado um indicador do período mais apropriado para o cultivo de culturas de inverno.

#### *Conceito de Inverno/Seca Agrícola*

Diz-se que, em dado ano, ocorreu uma seca agrícola para uma cultura de duração do ciclo vegetativo DCV em um solo de capacidade de reten-



ção S se, naquele ano, a duração do Ciclo Máximo de Umidade for inferior ao ciclo vegetativo da cultura considerada; caso contrário, diz-se que ocorreu um *inverno*. Isto é:

$$\text{INVERNO} \rightarrow \text{CMACU} \geq \text{DCV}$$

$$\text{SECA} \rightarrow \text{CMACU} < \text{DCV}.$$

#### *Probabilidade de Ocorrência de Seca*

Dispondo-se, em um determinado local, de uma série histórica de precipitações diárias de  $n$  anos, pode-se, via balanço hídrico, obter  $n$  valores correspondentes ao CMACU. Passa-se, assim, a dispor de uma amostra da população. Ajustando-se, em seguida, essa amostra a uma dada função de probabilidade, é possível calcular a probabilidade de ocorrência de uma seca para uma cultura de ciclo vegetativo de duração DCV por meio da fórmula:

$$\Pr\{\text{SECA}\} = \Pr\{\text{CMACU} < \text{DCV}\}$$

Por sua vez, o período de retorno de secas é igual a:

$$\text{Tr}\{\text{SECA}\} = 1/\Pr\{\text{CMACU} < \text{DCV}\}$$

Obviamente, o modelo descrito não representa toda a complexa dinâmica *solo x água x planta*, o que, aliás, não é o objetivo. Entretanto, o CMACU pode ser considerado uma variável indicativa da aptidão de um dado local para produção de culturas de inverno.

No momento, o estudo de determinação de frequência de secas a partir dessa definição está restrito ao Estado do Ceará.

#### 4.1.3 A Ocorrência de Secas no Potencial Hidráulico Móvel

Os rios, segundo seus regimes de escoamento, podem ser classificados em perenes, intermitentes e efêmeros. Os perenes são aqueles que apresentam escoamento durante o ano todo, todos os anos; os intermitentes são os que escoam durante a parte do ano em que ocorrem as chuvas; os efêmeros são aqueles de pequeno porte, nos quais o escoamento só acontece imediatamente após as chuvas.

Nos rios perenes, as secas ocorrem e são estudadas a partir do regime de vazões mínimas. Nesses rios são estudadas as seqüências de vazões mínimas decendiais, semanais ou de outro número de dias. A demanda es-

tabelece-se em função desse regime de vazões mínimas. Os reservatórios superficiais são introduzidos para elevar tais vazões.

Nos rios intermitentes, em condições naturais, pouca demanda pode ser estabelecida. As águas remanescentes da estação úmida para a estação seca resumem-se àquelas armazenadas nos pacotes aluviais. Nas regiões com substrato cristalino, nas quais as disponibilidades hídricas ficam restritas às reservas acumuladas nos pacotes aluviais, somente a construção de reservatórios superficiais plurianuais permite o atendimento de demandas significativas. Nessas regiões, a seca passa a ser a decorrência de sobreuso ou mau uso dos açudes ou de seqüências de anos secos não previstas quando do estabelecimento das regras de operação dos reservatórios.

Os rios efêmeros, por sua pequena importância, não permitem que se estabeleçam grandes demandas. A ocupação dessas áreas com atividades consumidoras de água só é justificável, no sentido econômico, caso haja um potencial que justifique a importação de água de bacias vizinhas. Nessas regiões, a seca passa a ser uma condição crônica (anual) ou decorrente de secas na região exportadora de água.

#### 4.2 VULNERABILIDADE DOS SISTEMAS HÍDRICOS

Depois do relatório *Nosso Futuro Comum* [Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987], muitas pesquisas e metodologias foram elaboradas com vistas à busca de um desenvolvimento humano que não implicasse a prática do sobreuso da capacidade de depuração da natureza. Esse tipo de desenvolvimento, cuja definição varia segundo a ótica dos diferentes atores sociais, tem sido denominado *desenvolvimento sustentável*. A paternidade (ou maternidade) do conceito é objeto de disputa entre segmentos da sociedade tais como os ecologistas e os desenvolvimentistas (o lado *soft*). Esse conceito contrapõe-se ou atenua o atual modelo de desenvolvimento, que consiste, em grandes linhas, em concentração da população em centros urbanos e utilização despreocupada dos recursos naturais.

Os aglomerados urbanos e as atividades industriais, se, por um lado, representam a possibilidade de aumentar, a um menor custo financeiro, o conforto de parte da população do planeta, por outro lado, podem concentrar a poluição em quantidade acima da capacidade de depuração da

natureza. Entretanto, qualquer que seja o tipo de desenvolvimento, a oferta de águas, na quantidade requerida e na qualidade desejável, é de fundamental importância para a sobrevivência dos aglomerados humanos. A sensibilidade da sociedade a essa questão faz que grande parte dos esforços dispendidos em pesquisas sejam direcionados à questão do gerenciamento das águas. Ênfase especial tem sido dada à questão das secas. Várias regiões do mundo, especialmente as regiões de climas semi-áridos, têm-se mostrado muito sensíveis a esse fenômeno.

#### 4.2.1 Conceituação de Vulnerabilidade

No sentido vernacular, vulnerável é o designativo do lado fraco de um assunto, questão ou sistema; caracteriza também o ponto no qual uma pessoa ou sistema podem ser atacados, e feridos ou danificados. Essa conceituação tem sido utilizada no que se refere aos sistemas de fornecimento de água de uma região.

Ao se edificar uma cidade cria-se a necessidade concentrada do fornecimento de água de boa qualidade. Tal cidade, ao crescer, pode rapidamente esgotar as disponibilidades hídricas das áreas circunvizinhas. Por sua vez, a concentração de atividades poluentes degrada a qualidade dos lençóis subterrâneos. Como resultado desse processo, torna-se praticamente inviável a solução individual. A construção de um sistema confiável de abastecimento de água de boa qualidade e de um sistema de esgotamento sanitário é indispensável à manutenção de uma cidade saudável. Raciocínio semelhante pode ser feito em relação a empreendimentos agrícolas no meio rural.

Nas grandes cidades, a dependência das populações ao fornecimento de água torna-se tão intensa que o colapso do sistema pode ocasionar um verdadeiro caos. Por exemplo, a proximidade do esgotamento do suprimento de águas da cidade de Buenos Aires fez que as autoridades públicas desenvolvessem um plano de retirada da cidade. Dessa forma, no desenvolvimento de projetos de sistemas hídricos é de toda conveniência que tais sistemas sejam analisados quanto à vulnerabilidade.

#### 4.2.2 Características Desejáveis dos Sistemas Hídricos

Todo projeto é feito para o futuro; mas, este, em certos limites determinados pela história, é imprevisível. Os sistemas hídricos são acentua-

damente sujeitos a esse tipo de imprevisibilidade. O processo de projetar obras hidráulicas inicia-se com a observação de eventos do passado; com base nessas observações estabelecem-se as faixas de previsibilidade, de imprevisibilidade e o grau de vulnerabilidade dessas obras. Um bom projeto deve ser de bom custo (ao alcance da sociedade) e pouco vulnerável a falhas, para não se tornar desconfortável para a sociedade.

Do ponto de vista físico, Matalas e Fiering (1977) apontam a *resiliência* e robustez como características desejáveis aos projetos de sistemas hídricos. Para esses autores, sistemas resilientes são aqueles cujo desempenho, em determinada faixa de condições, é tal que o valor presente de custo de falha é presumivelmente inferior ao custo para evitar a falha com modificações no projeto original. Por sua vez, sistemas robustos são aqueles poucos sensíveis a erros, aleatórios ou não.

A preocupação em introduzir a resiliência e a robustez em projetos de sistemas hídricos não tem sido uma constante no Nordeste ou em todo o Brasil. Há que ser ter em mente, todavia, que a variabilidade dos afluxos aos sistemas hídricos influi significativamente na busca de um projeto ideal (resiliente e robusto). As regiões semi-áridas, em geral, apresentam variabilidade hidrológica bem maior que as regiões úmidas ou sub-úmidas. Como consequência, torna-se mais difícil idealizar um projeto resiliente.

No Semi-Árido nordestino, grande parte do sistema de obras hídricas foi projetado e construído a partir de uma base de informações não compatíveis com a variabilidade hidrológica da região, além de antecederem o próprio desenvolvimento teórico desses conceitos. Não há que se esperar, em consequência, que os sistemas existentes sejam resilientes ou robustos. Contudo, a maneira de se operar esses sistemas, a organização da oferta e a disciplina do consumo podem influenciar diretamente na vulnerabilidade da obra existente ou em projeto. Daí a importância de bem entender e estudar esses conceitos.

#### 4.2.3 Classificação da Vulnerabilidade dos Sistemas

Gleick (1989) classifica a vulnerabilidade dos sistemas hídricos em três categorias: as vulnerabilidades meteorológicas e climatológicas; as vulnerabilidades sociais e geográficas; e as vulnerabilidades hidrológicas e de projeto.

As vulnerabilidades meteorológicas e climatológicas englobam principalmente a magnitude e duração das cheias (relacionadas aos extravasores das barragens e sistemas de drenagem); e as frequências, durações e intensidades das secas (relacionadas aos colapsos no fornecimento de águas pelos sistemas hídricos).

Como exemplo, durante o período 1989/1993, ocorreu uma sucessão de anos secos que resultaram em severos racionamentos (ou colapsos, em alguns casos) de sistemas de abastecimento de cidades de pequeno e de médio porte. Fortaleza e Recife são grandes cidades que sofreram prolongados racionamentos. Em todo o Semi-Árido, as cidades e distritos abastecidos a partir das águas superficiais de pequenos e, em alguns casos, médios reservatórios sofreram colapsos em seus sistemas de abastecimento e tiveram de ser supridas por caminhões-pipa.

Na região, de modo geral, só ficaram imunes a esse mal apenas as cidades abastecidas com águas do São Francisco ou aquelas abastecidas por águas subterrâneas de aquíferos sedimentares (excluídos, nesses casos, os aquíferos aluvionais sobre substrato cristalino). Assim, o período 1989/1993 tornou explícita a vulnerabilidade de diversos sistemas de águas superficiais no Semi-Árido.

#### 4.2.4 Indicadores da Vulnerabilidade dos Sistemas Hidrológicos

Foram adotados, no presente trabalho, cinco estimadores da vulnerabilidade dos sistemas hídricos regionais, a saber: insuficiente capacidade de acumulação; demanda crescente por água; sobreexploração das reservas subterrâneas; alta variabilidade interanual dos deflúvios; e intermitência dos cursos d'água. A justificação desses indicadores e o que eles representam será descrita a seguir.

*a) Relação entre a capacidade de acumulação e o suprimento renovável: S/Q*

A razão entre a capacidade de acumulação total de água nos reservatórios de uma dada área e o volume médio anual escoado superficialmente na bacia correspondente é um indicador da capacidade da área em resistir a secas hidrológicas prolongadas. Com uma grande capacidade de acumulação é possível a uma dada região atravessar um período deficitário nos deflúvios. Devido às peculiaridades do Semi-Árido (rios intermitentes

com uma estação seca de duração superior a seis meses e altas taxas de evaporação), os pequenos açudes de profundidade média equivalente à lâmina anual evaporada (2,40m) são incapazes de prover uma regularização interanual e pouco contribuem para diminuir a vulnerabilidade às secas mais prolongadas.

No Nordeste, por razões históricas, tem-se admitido que uma relação S/Q em torno de 2,0 é de bom tamanho. Contudo, estudos recentes mostram que esse número não é absoluto. É possível que uma relação superior a 2,0 seja recomendável para muitas regiões. Contudo, uma relação menor que 1,0 indica baixo uso do potencial de acumulação. A tabela 4.2.1 mostra alguns valores desse estimador de vulnerabilidade.

TABELA 4.2.1

Valores dos Indicadores de Vulnerabilidade no Ano de 1991,  
nas Diversas Unidades de Planejamento nos Horizontes

UP --- Denominação	S/Q	D/Q	Qmin/Qmax
01 Tocantins Maranhense	<0,01	0,03	0,08
02 Gurupi	<0,01	0,02	0,14
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	<0,01	0,04	0,13-0,23
04 Itapecuru	<0,01	0,03	0,10-0,30
05 Munim-Barreirinhas	<0,01	0,03	0,20
06 Parnaíba	0,16	0,05	0,04-0,17
07 Acaraú-Coreaú	0,35	0,05	0,0
08 Curu	0,51	0,12	0,0
09 Fortaleza	0,37	0,33	0,0
10 Igarapé	1,70	0,30	0,0
11 Apodi-Mossoró	0,80	0,29	0,0
12 Piranhas-Açu	2,24	0,20	0,0
13 Leste Potiguar	0,27	0,27	0,0
14 Oriental da Paraíba	0,48	0,26	0,0
15 Oriental de Pernambuco	0,14	0,55	0,0
16 Bacias Alagoanas	0,01	0,31	0,0
17 São Francisco	1,34	0,25	0,00-0,26
18 Vaza-Barris	0,25	0,18	0,0
19 Itapicuru-Real	0,31	0,12	0,0
20 Paraguaçu-Salvador- Recôncavo	0,20	0,15	0,08-0,31
21 Contas-Jequié	0,11	0,14	0,06-0,15
22 Pardo Cachoeira	<0,01	0,04	0,00-0,20
23 Jequiinhonha	<0,01	0,01	0,09
24 Extremo Sul da Bahia	<0,01	0,06	0,20

Fonte: Qmin/Qmax - PLIRHINE - normal hidrológica.

Obs.: Demais valores estimados no estudo.

O valor desse indicador reflete principalmente as ações do governo federal no Nordeste. De maneira geral, os locais de maiores valores de  $S/Q$  estão nas regiões mais áridas. Esse indicador não deve ser considerado isoladamente, pois poderia transmitir uma falsa imagem de invulnerabilidade. Valores altos de  $S/Q$  estão associados a regiões altamente vulneráveis às secas, em condições naturais.

Note-se que, na situação atual (horizonte de 1991, apresentado na tabela 4.1), os maiores valores de  $S/Q$  correspondem à bacia do Piranhas-Açu (2,24), devido à presença da barragem Armando Ribeiro Gonçalves (o maior reservatório em rio intermitente do Nordeste). Em segundo lugar, aparece a bacia do Jaguaribe, com  $S/Q$  igual a 1,70, número resultante da ação do DNOCS, que construiu reservatórios de grande porte como o Orós e o Banabuiú. Na bacia do São Francisco –, rio perene –, o valor relativamente elevado de  $S/Q$  (1,34) é explicado pela presença dos reservatórios do sistema energético. Entre esses sobressai-se o de Sobradinho, maior reservatório do Nordeste.

O Maranhão (UP 01 a 05) e parte da Bahia (UP 22, 23 e 24) apresentam os menores valores de  $S/Q$ . No Maranhão, a presença de rios perenes e a relativamente pequena demanda explicam esses baixos índices. Na Bahia, as disponibilidades dos rios perenes são suficientes para suprir as demandas.

A título de comparação, esse mesmo indicador foi calculado por Gleick (*op.cit.*) para algumas regiões dos Estados Unidos. Gleick encontrou os seguintes valores: Baixo Colorado – 4,22; Alto Colorado – 2,61; Rio Grande – 1,89; Nova Inglaterra – 0,15. Nos Estados Unidos, como acontece no Nordeste brasileiro, observa-se que, nas regiões semi-áridas, há uma demanda por acumulação de águas em reservatórios. Observe-se que o maior valor desse indicador nos Estados Unidos (4,22) é mais de uma vez e meia o maior valor do Nordeste (2,24).

*b) Relação entre o uso consuntivo e os recursos hídricos renováveis:  
D/Q*

As regiões com uso consuntivo alto em relação ao total escoado superficialmente são, obviamente, suscetíveis a crises acentuadas. Uma questão de particular importância é a determinação do índice a partir do qual essa razão torna-se crítica. Szestay (1970), citado por Gleick, considera que, para regiões em desenvolvimento, uma relação  $D/Q$  igual ou

superior a 0,20 é crítica. É evidente, contudo, que o valor da relação crítica depende bastante da capacidade da região em regularizar eficientemente o potencial de escoamento superficial. Em uma região com alta variabilidade anual dos deflúvios, alta taxa de evaporação e prolongada estação seca dos rios como no Nordeste, é de se esperar que o valor da relação crítica um seja dos mais baixos de todo o planeta. Infelizmente, ao que parece, não foram desenvolvidos estudos nesse sentido para a região Nordeste. Para o presente trabalho, adotaremos como indicativo de vulnerabilidade uma relação igual a 0,20 (valor preconizado por Gleick).

Pelos valores da tabela 4.1, pode-se notar que a UP 15 — região Oriental de Pernambuco —, com D/Q igual a 0,55, é a região mais crítica do Nordeste. Em segundo lugar vem a UP 09 de Fortaleza, com D/Q igual a 0,33.<sup>2</sup> Outras UP que apresentam valores elevados para esse indicador são as bacias: Jaguaribe, com 0,30; Apodi-Mossoró, com 0,29; Leste Potiguar, com 0,27; Oriental da Paraíba, com 0,26; Bacias Alagoanas, com 0,31; e São Francisco, com 0,25.

As bacias do Maranhão e Piauí ainda apresentam valores relativamente baixos para esse indicador (todos menores de 0,5). No Ceará, a bacia do Coreaú-Acaraú também apresenta valor bastante baixo (0,05), o que é explicado pela pouca disponibilidade de reservatórios na bacia do Coreaú, a qual resulta em não - estabelecimento de demanda.

*c) Variabilidade dos deflúvios anuais: CV<sup>3</sup>*

A capacidade de regularização de um reservatório depende preponderantemente da variabilidade interanual dos volumes escoados anualmente para os reservatórios. Quanto maior o coeficiente de variação, maior a capacidade requerida por um reservatório para regularizar certa quantidade de água. Por exemplo, para regularizar 50% do volume escoado em dada bacia hidrográfica, em um açude com fator de evaporação igual a

<sup>2</sup> A cidade de Fortaleza vem importando água da bacia do Jaguaribe para atendimento de consumo industrial e domiciliar.

<sup>3</sup> Gleick mede a variabilidade dos deflúvios por meio da relação entre a vazão quantitativamente excedida em 5% do tempo ( $Q_{0.05}$ ) e a quantitativamente excedida em 95% do tempo ( $Q_{0.95}$ ). Essa grandeza não é apropriada para rios intermitentes como os do Nordeste e, dessa forma, optou-se por adotar, no presente estudo, o coeficiente de variação dos deflúvios anuais.



0,20, em um rio intermitente com coeficiente de variação igual a 0,60, é necessário que o reservatório tenha uma capacidade de acumulação igual a uma vez o volume afluente médio anual; nas mesmas condições, um rio com coeficiente de variação igual a 1,4 necessitaria acumular cerca de oito vezes o deflúvio médio anual. Se o coeficiente de variação fosse igual a 1,5, o máximo regularizável por um reservatório (de capacidade infinita e que não permitisse transbordamentos) seria de 49% do volume escoado.<sup>4</sup> Apesar da importância desse indicador, não existe mapa com isolinhas de CV para o Nordeste.<sup>5</sup>

*d) Relação entre as vazões mínima e máxima ( $Q_{min}/Q_{max}$ )*

Esse indicador permite detectar a intermitência de um rio. A intermitência é um indicativo da necessidade de reservação de águas para permitir oferta confiável. Assim, em um rio perene sem variabilidade interanual, o uso contínuo das águas escoadas em seu leito poderia dar-se sem a necessidade de construção de qualquer reservatório. Por sua vez, se o rio fosse intermitente, com duas estações de igual duração, mantidas as demais condições, o uso de suas águas iria requerer um reservatório de capacidade igual à metade do volume médio escoado. Se, como é mais comum no Nordeste, o uso das águas se desse predominantemente na estação seca, a capacidade de acumulação seria aproximadamente igual ao volume médio escoado. Esse seria o valor mínimo de capacidade para permitir uma regularização intra-anual.

O indicador em pauta reflete, de algum modo, a variabilidade dos deflúvios, e também permite detectar as UP cuja fonte de água advém de rios intermitentes – UP com  $Q_{min}/Q_{max} = 0$ . Os valores apresentados referem-se a normais hidrológicas (1930/1961). No PLIRHINE, as UP 03 – Mearim, Grajaú e Pindaré; 04 – Munim, Barreirinhas; 05 – Parnaíba; 17 – São Francisco; 20 – Paraguaçu-Salvador e Recôncavo; 21 – Contas e Jequié; e 22 – Pardo e Cachoeira foram divididas em subunidades. Dessa forma, os valores apresentados referem-se ao mínimo e ao máximo dessas subunidades.

<sup>4</sup> Valores obtidos pelo método do Diagrama Triangular de Regularização [Campos, 1990].

<sup>5</sup> Os valores constantes no PLIRHINE são muito elevados; assim, optamos e optou-se por não reproduzi-los no presente documento.

#### 4.2.5 Sistemas de Água e Esgoto nos Estados

O nível de atendimento em serviços de água e esgoto é um importante indicador de vulnerabilidade. É fato conhecido que esses níveis de atendimento são extremamente baixos nos estados do Nordeste. Um levantamento abrangente e importante foi realizado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Este resultou na publicação do Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, anteriormente mencionado.

#### 4.2.6 Vulnerabilidade dos Reservatórios-Barragens

As características físicas e climáticas do Nordeste semi-árido fazem que a presença da açudagem seja condição *sine qua non* para a habitabilidade da região. Por isso mesmo, a história da açudagem no Nordeste antecede a colonização portuguesa.

Filosoficamente, um açude pode ser entendido como um sistema que *transporta* água ao longo do tempo. Esse processo de transporte temporal consiste em armazenar os excedentes, em água, dos períodos úmidos, para uso nos períodos de estiagem. Dessa maneira, a variabilidade do rio é reduzida e os efeitos das secas podem ser parcialmente mitigados.

Nesse transporte, o açude atua como um sistema de transformação. As águas oriundas dos deflúvios naturais, recebidas e armazenadas pelo reservatório, são transformadas em três partes: sangria, evaporação e consumo.

A sangria forma a parte dos deflúvios que o reservatório, devido a seu tamanho limitado, não consegue controlar. Obviamente, se o açude tivesse capacidade infinita, todas as águas que a este aflúissem seriam controladas, e não haveria sangria. Em contrapartida, o custo desse açude seria demasiadamente elevado, para que a sociedade estivesse disposta a pagá-lo. A sangria constitui a parte das águas que retorna ao leito do rio e, na ausência de outro reservatório a jusante, transformam-se em perdas da bacia hidrográfica para o oceano.

As águas evaporadas a partir do lago consistem em perdas irreversíveis da bacia hidrográfica. As águas da superfície do açude são transferidas para a atmosfera, para, em algum outro lugar não previsível, retornarem à superfície da terra sob alguma forma de precipitação.

Entretanto, uma análise mais profunda do processo mostrará que, no caso específico do Nordeste, os açudes não causam perdas por evaporação, mas, simplesmente, fazem que estas ocorram em lugar distinto daquele onde fatalmente ocorreriam. Se não existissem açudes, as águas dos rios caminhariam para o mar; encontrariam pouco uso<sup>6</sup> nesse percurso, e evaporariam.

As águas regularizadas constituem a parte dos deflúvios naturais controlada pelo açude. Esta proporciona benefícios à sociedade. A regularização pode ser entendida como um ajustamento da oferta à demanda. A demanda em água dá-se em um determinado local, em tempo específico, com dado padrão de qualidade. No Nordeste, a quase totalidade da demanda ocorre na segunda metade do ano, enquanto que as disponibilidades naturais acontecem na primeira metade. Essa regularização de águas é que torna possível a sobrevivência de razoáveis contingentes humanos no Semi-Árido. Buscar regularizar a máxima quantidade de água dentro das limitações da natureza e da economia do país deve constituir um objetivo dos planejadores de recursos hídricos dessa região.

#### *Parâmetros de Vulnerabilidade dos Reservatórios*

São definidos os seguintes parâmetros de vulnerabilidade dos reservatórios:

CV – Coeficiente de Variação dos Deflúvios Anuais. Quanto maior o CV, maior a capacidade requerida para uma regularização interanual das águas;

$f_e$  – Fator Adimensional de Evaporação. Mede o efeito da evaporação no desempenho do reservatório; agrupa os efeitos da intensidade da evaporação, da forma da bacia hidráulica e da capacidade do reservatório de tomar água; obtido da equação adimensional do balanço hídrico [Campos, 1987], é igual a  $(3\alpha^{1/3} \cdot E_L / \mu^{1/3})$ .  $E_L$  representa a lâmina evaporada

---

<sup>6</sup> Em rios intermitentes, não percnizados por açudes, não se instalam atividades consumidoras de água.

durante a estação seca;  $\alpha^7$ , o fator de forma da bacia hidráulica; e  $\mu$ , o volume médio afluente ao reservatório;

$f_k$  – Fator Adimensional de Capacidade. Mede a capacidade que o reservatório tem de acumular água nos anos de excedentes para uso nos anos com deficiência;

$P_E$  – Probabilidade de Esvaziamento. Embora não seja propriamente um parâmetro do reservatório e sim um risco de esvaziamento assumido pelo planejador, a probabilidade de esvaziamento reflete a chance de o reservatório encontrar-se vazio em dada unidade de tempo; assim, em uma escala anual, uma probabilidade de esvaziamento de 10% significa que o açude seca em 10% dos anos.

#### *Definição da Regra de Operação do Açude*

Um dos dilemas enfrentados no Nordeste é a adoção de uma regra de retirada de água dos açudes:

- se for retirada uma pequena quantidade de água em relação ao volume afluente médio anual, aumenta-se a segurança na capacidade de fornecer água nos períodos de crise; contudo, aumenta também o tempo médio de permanência das águas acumuladas nos açudes (tempo de oportunidade para as águas acumuladas evaporarem) e reduzem-se os benefícios gerados nos anos de disponibilidade;

- se for retirada uma grande quantidade de água, haverá um decréscimo das perdas por evaporação e um aumento dos benefícios nos bons anos; porém, em contrapartida, as secas se tornarão meios frequentes.

Inicialmente, como estratégia de segurança, a SUDENE preconizou, durante a elaboração dos Estudos de Base do Vale do Jaguaribe, para os grandes açudes, a adoção de uma retirada na qual não houvesse falha caso a série de vazões, no futuro, repetisse a série observada no passado.

<sup>7</sup> A forma da bacia hidráulica do lago pode ser representada pela equação  $Z(h) = \alpha h^3$ ; nesta,  $Z(h)$  denota o volume da reserva quando a superfície do lago encontra-se na altura  $h$ ; e  $h$  é medido em relação ao ponto mais profundo do açude, isto é:  $Z(0) = 0$ . O adimensional  $\alpha$ , fator de forma, pode ser obtido a partir da regressão linear, passando pela origem das coordenadas (ponto 0; 0) de  $Z(h)$  vs  $h^3$ .

Uma primeira análise para definir-se o ponto de equilíbrio de uma retirada ótima foi desenvolvida no âmbito do Programa Plurianual de Irrigação (PPI), elaborado pelo Grupo Executivo de Desenvolvimento Agrícola (GEIDA). O método, baseado apenas em considerações econômicas e restrito ao uso para irrigação, indicou que a retirada ótima seria aquela na qual a frequência de falhas, ou secas, fosse de dez meses em cada cem.

Dando prosseguimento aos trabalhos da SUDENE no vale do Jaguaribe, o DNOCS adotou, em um estudo de seis açudes de médio porte cearenses,<sup>8</sup> uma política de estratificação do reservatório, para diferentes níveis de garantia. Assim, era garantido um volume no açude a partir do qual a retirada seria reduzida e destinada somente à preservação para usos mais nobres.

A idéia do GEIDA, frequência de falhas com garantia em 90% dos meses, teve certa predominância sobre as demais. Todavia, simulações mostraram que tal frequência de falhas de 10% poderia significar, em alguns casos, uma sequência de 18 meses sem água. Ora, um episódio de 18 meses de falhas é muito mais grave que 18 episódios isolados de um mês. Esse fato alertou os planejadores de recursos hídricos da região e estes retornaram ao conceito de reserva de segurança.

Vale ressaltar também a proposta de técnicos do Bureau of Reclamation, contratados pelo Ministério de Irrigação para assessorar o PROINE (Programa de Irrigação do Nordeste): o Bureau considera que a vazão retirada deve ser aquela obtida da simulação de uma série histórica na qual, no ano mais crítico, o déficit acumulado não supera 65% da demanda anual; no biênio mais crítico, o déficit acumulado não supera 100% da demanda no período; e nos dez anos consecutivos mais críticos, o déficit acumulado não supera 200% da demanda no período. O critério preconizado pelo Bureau, comparado com o do GEIDA, conduz a uma maior segurança no fornecimento d'água e, em consequência, a uma menor retirada. Contudo, sua aplicação ainda não foi bem avaliada.

---

<sup>8</sup> Contrato entre DNOCS, O Sact-International e SIRAC, para os estudos do aproveitamento hidroagrícola dos açudes Aires de Sousa, Forquilha, Várzea do Boi, Cedro e Riacho do Sangue.

Há que se resumir a análise em alguns pontos como:

1. a frequência de secas hidrológicas, ou de falha no atendimento de água a partir dos reservatórios de superfície, é uma decisão do planejamento da operação dos açudes; e
2. a evaporação das águas e acumuladas nos açudes do Nordeste não significa, necessariamente, que estas estejam subutilizadas; além disso, a evaporação é um preço a se pagar pela segurança.

#### *A Seleção de uma Seca Crítica*

Na terminologia científica, as secas são caracterizadas pelas seguintes grandezas:

1. *início*, que delimita, no tempo, o instante em que a seca começa a produzir efeitos;
2. *duração*, intervalo de tempo que vai do início ao final da seca; e
3. *intensidade*, que busca medir o grau de desconforto causado pela seca; e
4. *abrangência*, que define a área afetada pela seca.

A história da hidrologia do Nordeste brasileiro apresenta um grande número de anos secos. Contudo, até meados do século XIX, quando a rede pluviométrica da região era altamente deficiente, a intensidade das secas era mais avaliada por seus impactos sociais do que propriamente pelas anomalias climáticas.

Entretanto, devido à grande deficiência em estações pluviométricas e fluviométricas, não se pode afirmar que, nesse aspecto, a seca de 1877/1879 tenha tido maior ou menor intensidade do que as ocorridas no presente século. A tragédia ocorrida entre 1877 e 1879 pode ser atribuída à vulnerabilidade das estruturas existentes em conviver com o fenômeno, e não à deficiência pluvial. Dessa forma, por falta de medições, não é possível considerar crítica essa seca. Fica a esta reservado o papel de *seca crítica social*.

No início do século, com a criação da Inspeção de Obras Contra as Secas, teve início o processo de medição sistemática das variáveis climatológicas e hidrológicas. Alguns estudos recentes elaborados por consultores do Bureau of Reclamation para o DNOCS determinaram que a seca crítica do presente século correspondia ao período 1974/1983. Esse período inicia-se

com anos de deflúvios fracos (1975/1978), sucedidos por cinco anos de secas (1979/1983).

Para estudar-se esse período, selecionou-se o rio Caxitoré, no local do açude de mesmo nome. A operação simulada do açude foi executada cobrindo o período de 1912 a 1988 (77 anos). Analisaram-se duas regras de operação: a primeira equivale a uma frequência de falhas de 10% mensais, e a segunda corresponde a uma frequência de falhas de 10% anuais. O objetivo foi verificar como as falhas se distribuem ao longo dos meses.

#### ● *operação do açude com frequência de falhas de 10% anual*

Nessa hipótese, o açude Caxitoré regulariza  $46 \text{ hm}^3/\text{ano}$ , o que corresponde a cerca de 36,5% dos  $126,0 \text{ hm}^3$  escoados, em média, na bacia. Na operação ocorreram três períodos de falha: um de dois meses; dois de cinco meses; e um de 21 meses (ver tabela 4.2.1). Conclui-se que a ocorrência de períodos críticos faz que as falhas se concentrem em uma longa sequência de meses. A dificuldade consiste em ultrapassar o período crítico.

#### *Operação do açude com frequência de falhas de 10% mensal*

Nessa hipótese, o açude Caxitoré regulariza cerca de  $66 \text{ hm}^3$  por ano; estas representam aproximadamente 52,3% do escoamento anual. Esse valor também representa um acréscimo de cerca de 44% do volume regularizado, com uma frequência de falhas de 10% anual. Contudo, o grave nesse aspecto é a maneira como as falhas se distribuem ao longo do tempo (ver gráfico 4.2). A operação simulada mostrou que, no período mais crítico (1979 a 1984), ocorreram quatro seqüências de períodos sem oferta d'água com durações de: 20 meses, 5 meses, 2 meses e 22 meses, respectivamente. Esse números representam 49 meses, alternados, sem água, em um período total de 67 meses.

Da operação simulada do açude podem-se extrair as seguintes conclusões:

1) a adoção de uma regra de operação de um açude com menor garantia resulta em um menor tempo de oportunidade para evaporação a partir do lago do reservatório e, em consequência, causa grandes ganhos do volume regularizado;

2) o contraponto a esse ganho em volume regularizado é a ocorrência de longos períodos sem oferta de água. Estes podem ser insuportáveis para consumos mais nobres como o abastecimento humano, ou mesmo

para irrigantes de pequenas áreas que não têm reservas financeiras suficientes para as crises.

TABELA 4.2.2

Quadro de Falhas do Açude Caxitoré em uma Gestão Simulada com Garantia em 90% dos Meses

Duração da Falha (meses)	Número de Ocorrências	Duração da Falha (meses)	Número de Ocorrências
2	2	8	1
4	1	10	1
5	4	20	1
7	1	22	1

Obs: Ocorrências e duração dos períodos sem fornecimento de água no açude Caxitoré para uma frequência de falhas de 10% dos meses, em uma gestão simulada de 948 meses (1912/1988), com uma retirada de 66 hm<sup>3</sup>/ano.

Pode-se resumir do que foi discutido e analisado neste capítulo que as altas perdas por evaporação a partir dos lagos formados pelos açudes do Nordeste podem ser consideradas como um preço a se pagar por uma maior segurança na obtenção de águas.

GRÁFICO 4.1

Operação Simulada do Caxitoré – Retirada 46 hm<sup>3</sup>/ano  
Garantia 90% Anual

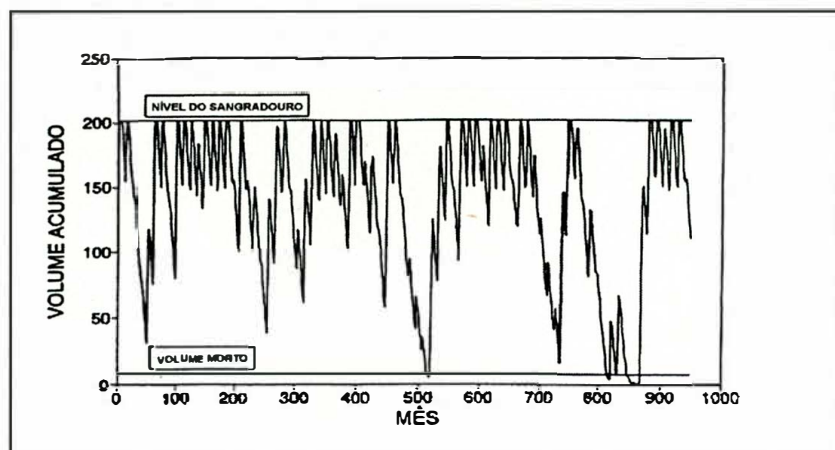
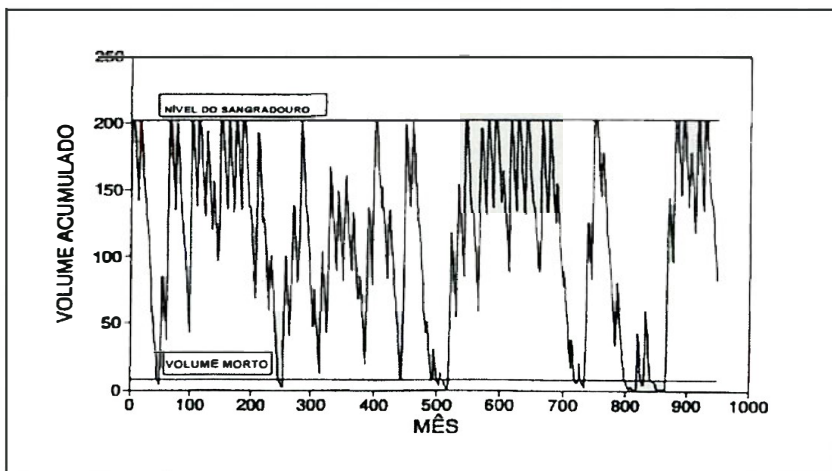




GRÁFICO 4.2

Operação Simulada do Caxitoré – Retirada  $66 \text{ hm}^3/\text{ano}$

Garantia 90% Mensal





Vulnerabilidade Futura



## Capítulo 5 Vulnerabilidade Futura

### SUMÁRIO

- 5.1 Vulnerabilidade às Secas em um Cenário de Mudanças Climáticas 149
  - 5.1.1 As Secas Edáficas em um Cenário de Mudanças Climáticas 150
  - 5.1.2 As Secas Hidrológicas em um Cenário de Mudanças Climáticas 152



No tocante ao cenário tendencial da vulnerabilidade às secas (entendidas em seus aspectos hidráulicos), deve-se fazer a análise das óticas da seca edáfica e da seca hidrológica.

#### *A seca edáfica*

A frequência de ocorrência de secas edáficas é comandada: *i)* pelo regime pluvial, nos aspectos quantitativos de distribuição espacial e temporal; *ii)* pela capacidade de retenção de umidade dos solos; e *iii)* pelo tipo de cultura explorada.

Postos à parte os aspectos da variabilidade climática, o regime pluvial pode ser considerado estacionário, e não se pode esperar como consequência deste uma tendência ao agravamento das secas. Mantidos também a qualidade dos solos<sup>1</sup> e os tipos de cultura tradicionais da região na agricultura de inverno, não há por que esperar um agravamento na frequência de secas. A análise da série histórica das secas corrobora essa assertiva.

Contudo, a gravidade com que as pessoas são atingidas pelas secas depende mais da vulnerabilidade socioeconômica dos grupos atingidos do que propriamente do regime de secas. O grupo atingido normalmente congrega pessoas que não conseguem, nos anos normais e de bom inverno, formar reservas econômicas para enfrentar as secas que fatalmente ocorrem.

#### *A seca hidrológica*

A seca hidrológica, como foi definida, é decorrente da falta de água nos açudes durante épocas críticas. Essa seca pode ser gerada por três motivos principais:

---

<sup>1</sup> Nesse aspecto, é bom frisar que algumas práticas agrícolas resultam no empobrecimento do solo, o que pode conduzir ao agravamento das secas.

1. o sobreuso do reservatório, por falta de conhecimentos para a correta gerência de suas reais disponibilidades;

2. um risco assumido, estrategicamente, pelo *gerente* do açude, ao fazer uso mais rápido das águas para aproveitar parte daquelas que seriam evaporadas. Espera-se que o ganho em água seja transformado em reservas econômicas que permitam ultrapassar a época de crise. Apesar disso, um mínimo de reserva deve ser mantido para esses períodos;

3. por falta de informações hidrológicas que possibilitassem um correto planejamento.

No Semi-Árido, nos últimos anos, houve aumento da demanda e lento crescimento na infra-estrutura hidráulica. Além disso, a coleta de informações hidrológicas no Nordeste também tem sido bastante prejudicada, o que dificulta o estabelecimento de um sistema eficiente de gerenciamento das águas.

Podem-se dizer, no que tange a secas hidrológicas, que o cenário tendencial é de estabelecimento de novas crises, como as que ocorreram em grandes cidades como Fortaleza e Recife em 1993.

No que concerne aos valores dos indicadores de vulnerabilidade anteriormente definidos, estes serão calculados a seguir, para os horizontes de 2000, 2010 e 2020.

*a) Indicador S/Q (armazenamento/escoamento médio)*

Os valores assumidos por S/Q foram projetados (ver tabelas 5.1, 5.2 e 5.3) com base nos programas dos governos estaduais e instituições federais que atuam no setor hídrico do Nordeste. Nos valores projetados, observa-se que o maior índice S/Q passará a ser no vale do Jaguaribe, com 3,08, diante da expectativa de se construir o reservatório do Castanhão. O segundo maior valor passará a ser o da bacia do Piranhas-Açu (2,84). Esses índices projetados ainda se mostram inferiores aos da região semi-árida dos Estados Unidos.

*b) Indicador  $Q_{min}/Q_{max}$  (vazão mínima/vazão máxima)*

Quanto às projeções para os horizontes de 2000 a 2020, considerou-se que, em um lento cenário de mudanças climáticas (escala de tempo da vida humana), os valores pertencem a uma série estacionária. Em consequência, os índices se repetem nos horizontes de 2000, 2010 e 2020.

*c) Indicador D/Q (uso consuntivo/escoamento médio)*

As projeções para os horizontes de 2000, 2010 e 2020 não são otimistas. No horizonte 2020, mantidas as tendências, prevê-se um valor de 0,94 para a região Oriental de Pernambuco.<sup>2</sup> Além dessa situação crítica, sete UP apresentam D/Q superior a 0,40. Isso denota situações ainda mais críticas, principalmente nas bacias de rios intermitentes onde predomina o uso consuntivo das águas.

TABELA 5.1  
Valores dos Indicadores de Vulnerabilidade no Ano 2000 nas Diversas Unidades de Planejamento nos Horizontes

UP — Denominação	S/Q	D/Q	Qmin/Qmax
01 Tocantins Maranhense	<0,01	0,03	0,08
02 Gurupi	<0,01	0,02	0,14
03 Mearim-Grajaú-Pindaré	<0,01	0,04	0,13-0,23
04 Itapecuru	<0,01	0,03	0,10-0,30
05 Munim-Barreirinhas	<0,01	0,03	0,20
06 Parnaíba	0,22	0,06	0,04-0,17
07 Acaraú-Coreaú	0,47	0,06	0,0
08 Curu	0,56	0,15	0,0
09 Fortaleza	0,43	0,40	0,0
10 Jaguaribe	3,08	0,37	0,0
11 Apodi-Mossoró	1,85	0,37	0,0
12 Piranhas-Açu	2,84	0,25	0,0
13 Leste Potiguar	0,27	0,35	0,0
14 Oriental da Paraíba	0,66	0,32	0,0
15 Oriental de Pernambuco	0,21	0,68	0,0
16 Bacias Alagoanas	0,01	0,37	0,0
17 São Francisco	1,36	0,30	0,00-0,26
18 Vaza-Barris	0,25	0,22	0,0
19 Itapicuru-Real	0,31	0,15	0,0
20 Paraguaçu-Salvador-Recôncavo	0,20	0,19	0,08-0,31
21 Contas-Jequié	0,13	0,18	0,06-0,15
22 Pardo Cachoeira	<0,01	0,05	0,00-0,20
23 Jequitinhonha	<0,01	0,01	0,09
24 Extremo Sul da Bahia	<0,01	0,07	0,20

Fonte: Qmin/Qmax – P.I.R.H.I.N.E. – normal hidrológica.

Obs.: Demais valores estimados no estudo.

<sup>2</sup> Esse valor é praticamente insustentável. Se não houver importação de águas de outras regiões, a demanda prevista não poderá ser estabelecida.



TABELA 5.2

Valores dos Indicadores de Vulnerabilidade no Ano de 2010 nas Diversas Unidades de Planejamento nos Horizontes

UP	Denominação	S/Q	D/Q	Qmin/Qmáx
01	Tocantins Maranhense	<0,01	0,03	0,08
02	Gurupi	<0,01	0,02	0,14
03	Mearim-Grajaú-Pindaré	<0,01	0,04	0,13-0,23
04	Itapecuru	<0,01	0,03	0,10-0,30
05	Munim-Barreinhas	<0,01	0,03	0,20
06	Parnaíba	0,25	0,07	0,04-0,17
07	Acarauí-Coreaú	0,54	0,07	0,0
08	Curu	0,58	0,18	0,0
09	Fortaleza	0,45	0,48	0,0
10	Jaguaripe	3,08	0,46	0,0
11	Apodi-Mossoró	1,85	0,46	0,0
12	Piranhas-Açu	2,84	0,30	0,0
13	Leste Potiguar	0,27	0,42	0,0
14	Oriental da Paraíba	0,76	0,38	0,0
15	Oriental de Pernambuco	0,24	0,82	0,0
16	Bacias Alagoanas	0,01	0,43	0,0
17	São Francisco	1,37	0,36	0,00-0,26
18	Vaza-Barris	0,25	0,25	0,0
19	Itapicuru-Real	0,31	0,18	0,0
20	Paraguaçu-Salvador- Recôncavo	0,20	0,23	0,08-0,31
21	Contas-Jequié	0,13	0,22	0,06-0,15
22	Pardo Cachoeira	<0,01	0,05	0,00-0,20
23	Jequitinhonha	<0,01	0,02	0,09
24	Extremo Sul da Bahia	<0,01	0,08	0,20

Fonte: Qmin/Qmax – PLIRHINE – normal hidrológica.

Obs.: Demais valores estimados no estudo.

**TABELA 5.3**  
**Valores dos Indicadores de Vulnerabilidade no Ano de 2020 nas Diversas**  
**Unidades de Planejamento nos Horizontes**

UP	Denominação	S/Q	D/Q	Qmin/Qmax
01	Tocantins Maranhense	<0,01	0,04	0,08
02	Gurup	<0,01	0,02	0,14
03	Mearim-Grajaú-Pindaré	<0,01	0,05	0,13-0,23
04	Itapecuru	<0,01	0,04	0,10-0,30
05	Munim-Barreirinhas	<0,01	0,03	0,20
06	Parnaíba	0,30	0,08	0,04-0,17
07	Acarau-Coreaú	0,60	0,08	0,0
08	Curu	0,61	0,22	0,0
09	Fortaleza	0,48	0,55	0,0
10	Jaguaripe	3,08	0,55	0,0
11	Apodi-Mossoró	1,85	0,54	0,0
12	Piranhas-Açu	2,84	0,35	0,0
13	Leste Potiguar	0,27	0,49	0,0
14	Oriental da Paraíba	0,85	0,44	0,0
15	Oriental de Pernambuco	0,28	0,94	0,0
16	Bacias Alagoanas	0,01	0,49	0,0
17	São Francisco	1,37	0,41	0,00-0,26
18	Vaza-Barris	0,25	0,29	0,0
19	Itapicuru-Real	0,31	0,20	0,0
20	Paraguaçu-Salvador- Recôncavo	0,20	0,25	0,08-0,31
21	Contas-Jequié	0,14	0,27	0,06-0,15
22	Pardo Cachoeira	<0,01	0,06	0,00-0,20
23	Jequitinhonha	<0,01	0,02	0,09
24	Extremo Sul da Bahia	<0,01	0,09	0,20

Fonte: Qmin/Qmax – PLURHINE – normal hidrológica.

Obs.: Demais valores estimados no estudo.

## 5.1 VULNERABILIDADE ÀS SECAS EM UM CENÁRIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Nos meios científicos, muito tem-se falado sobre uma prospectiva mudança climática no planeta, como resultado das emissões de dióxido de carbono e de outros gases. Embora não haja certeza de como a biosfera irá responder à acumulação desses gases, grande parte da comu-

nidade científica internacional acredita na elevação da temperatura média do globo e do nível das águas nos oceanos.

Um aumento médio entre 1°C e 5 °C na temperatura do globo é considerado provável de acontecer nos próximos cinqüenta anos [Chang, Hunsaker e Draves, 1992]. Ao lado dessa idéia predominante, existe praticamente um consenso de que haverá também uma modificação no regime pluvial em muitas regiões. Contudo, a incerteza predomina quando se deseja saber se, em determinado local, haverá acréscimo ou decréscimo na pluviosidade média.

Segundo informações do Grupo de Recursos Naturais, há indícios de que possam ocorrer os seguintes processos:

- aumento do regime de evaporação;
- modificação do regime pluvial, com perspectivas de as chuvas tornarem-se mais intensas e ter maior variabilidade interanual.

Entretanto, poucos cientistas arriscam calcular como esse processo será distribuído espacialmente sobre o globo terrestre: uma previsão quantitativa, para determinada região, envolve grande incerteza. Nesse cenário optou-se por estudar-se como as modificações de certos parâmetros climáticos influenciam a periodicidade de ocorrência das secas. Assim, este estudo foi dividido em duas partes: *i*) na seca edáfica, segue-se a metodologia desenvolvida por Campos, Studart e Lima (1994), que busca determinar qual o percentual de aumento na pluviosidade que contrabalançaria um aumento na evapotranspiração sem alterar a frequência de secas edáficas; *ii*) na seca hidrológica, buscou-se determinar qual a influência da modificação de parâmetros hidrológicos do regime de escoamento na capacidade de regularização dos açudes.

### 5.1.1 As Secas Edáficas em um Cenário de Mudanças Climáticas

*Determinação da ocorrência de seca agrícola:* Diz-se que, em dado ano, ocorreu seca agrícola para uma cultura de duração de ciclo vegetativo DCV em dado solo com capacidade de retenção  $S$  se, naquele ano, a duração do CMACU for inferior ao ciclo vegetativo da cultura considerada.

SECA  $\rightarrow$  CMACU  $<$  DCV

INVERNO  $\rightarrow$  CMACU  $\geq$  DCV

*Determinação da probabilidade de ocorrência de seca:* CMACU é uma variável aleatória cujos parâmetros estatísticos podem ser facilmente determinados. Ajustando-se a amostra de  $n$  valores a uma função de distribuição de probabilidade conhecida, pode-se calcular a probabilidade de ocorrência de uma seca para uma cultura de ciclo vegetativo de duração DCV, como se segue:

$$\text{Pr} \{ \text{seca} \} = \text{Pr} \{ \text{CMACU} < \text{DCV} \},$$

conseqüentemente, o período de retorno da seca é:

$$\text{Tr} \{ \text{seca} \} = 1 / \text{Pr} \{ \text{CMACU} < \text{DCV} \}$$

O referido estudo de Campos *et alii* (1994) selecionou três postos pluviométricos do estado do Ceará: Crato, Saboeiro e Fortaleza. Esses postos representam três diferentes regimes pluviais: o de Crato, que representa a região do Cariri, sul do Ceará, cuja estação chuvosa é determinada por dois sistemas sinóticos distintos – as frentes frias e a ZCIT; o de Saboeiro, representado pelos sertões dos Inhamuns, região mais seca do estado do Ceará, onde o regime pluvial é devido quase que exclusivamente à descida da zona de convergência; e, finalmente, o de Fortaleza, que além da ZCIT, é influenciado pelas brisas do litoral.

Os resultados (ver gráficos 5.1, 5.2 e 5.3) mostraram que, nas três localidades estudadas e nos dois tipos de solos examinados, para que não haja um incremento na freqüência das secas é necessário que o aumento na pluviosidade seja superior ao aumento da taxa de evapotranspiração. Somente uma melhor repartição temporal das chuvas (fato que os modelos parecem não indicar) contrabalançaria os impactos negativos de um provável aumento no total evaporado, mesmo na hipótese de igual aumento na pluviosidade.

Em resumo, em uma situação de aumento de evaporação em determinado local, para que a periodicidade das secas não seja agravada é necessário que a pluviosidade aumente em percentual maior que a evaporação. Esses resultados podem ser explicados da seguinte maneira: se a evapotranspiração e a pluviosidade aumentam ambas em  $x\%$ , para que a periodicidade das secas não seja agravada seria necessário que todo o acréscimo da chuva fosse armazenado pelo solo e ficasse à disposição das culturas. Essa situação é praticamente impossível, pois o acréscimo de chuvas de grande lâmina por certo encontrarão o solo saturado e serão percoladas

ou escoadas superficialmente. Dessa forma, a conclusão obtida numericamente para os três postos do Estado do Ceará pode ser extrapolada para o restante do Nordeste semi-árido onde se pratique a agricultura de sequeiro.

Deve-se observar que alguns modelos indicam redução no total precipitado. Ora, se nas situação de iguais aumentos nas lâminas evaporadas e precipitadas o efeito é o agravamento da periodicidade das secas, caso haja redução a perspectiva torna-se mais grave.

### 5.1.2 As Secas Hidrológicas em um Cenário de Mudanças Climáticas

A ocorrência de secas hidrológicas nos rios intermitentes do Semi-Árido nordestino advém, como anteriormente descrito, da operação dos reservatórios superficiais. Dessa maneira, as tendências de aumento ou diminuição da vulnerabilidade às secas hidrológicas podem ser estimadas indiretamente, ao examinar-se como a alteração de certos parâmetros hidrológicos afeta as eficiências dos reservatórios superficiais.

Analisaram-se os seguintes cenários:

1. em um cenário de aumento de variabilidade dos deflúvios anuais, mantidas as demais condições constantes, como será alterada a eficiência dos açudes;

2. em um cenário de aumento da lâmina de evaporação e deflúvio afluente médio anual, em iguais proporções, mantida a variabilidade interanual, como será alterada a eficiência dos açudes.

#### *Caso 1 — Eficiência dos Reservatórios e a Variabilidade Interanual dos Deflúvios*

Nessa análise utilizou-se o método do Diagrama Triangular de Regularização [Campos, 1990]. Uma descrição sucinta do método é apresentada no anexo B. A análise partiu das seguintes condições: adotou-se, para o fator adimensional de evaporação, o valor de 0,20, que representa um número médio para o Nordeste; para o fator adimensional de capacidade, adotou-se o valor de 2,0; o coeficiente de variação dos deflúvios anuais variou de 0,60 a 1,60, em intervalos de 0,1. Para cada valor do coeficiente de variação calculou-se o percentual regularizado pelo açude, o percentual sangrado do açude e o percentual evaporado. Os valores constam nas tabelas 5.1.1 e 5.1.2 e gráficos 5.4 e 5.5 .

GRÁFICO 5.1

Região do Cariri – Ciclo Vegetativo de Noventa Dias

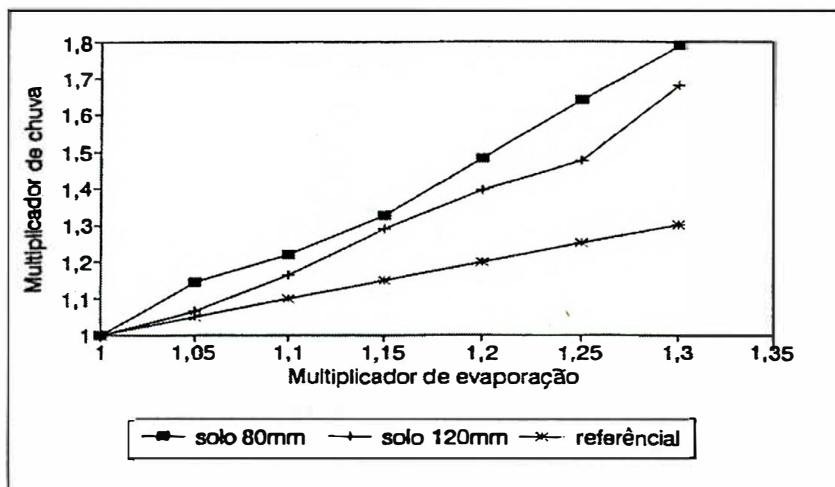


GRÁFICO 5.2

Região do Inhamuns – Ciclo Vegetativo de Noventa Dias

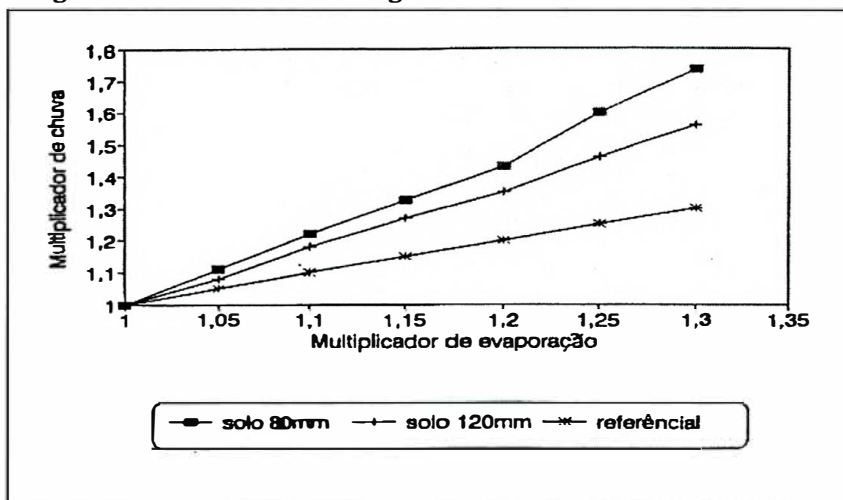


GRÁFICO 5.3

Região do Litoral – Ciclo Vegetativo de Noventa Dias

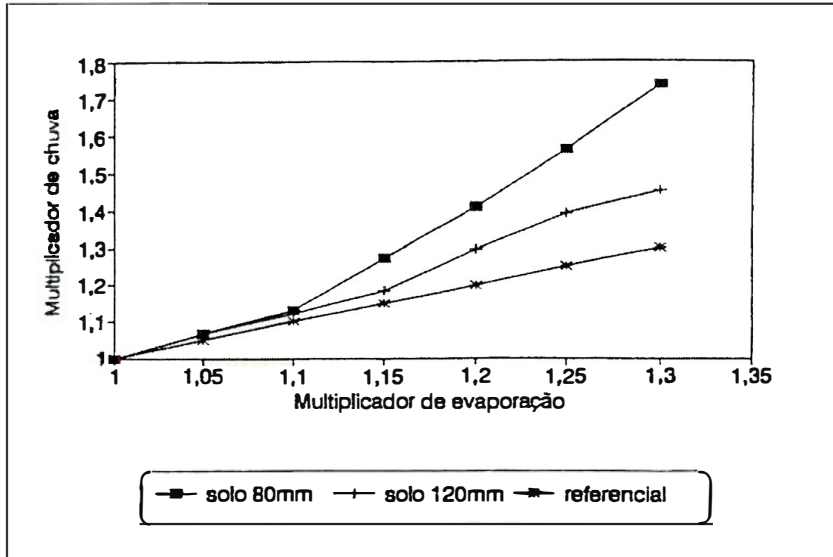


TABELA 5.1.1

Valores dos Percentuais Sangrado, Evaporado e Regularizado por um Açude com Fator Adimensional de Evaporação Igual a 0,2 e Fator Adimensional de Capacidade Igual a 2,0

	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Regul.	63,2	60,0	53,2	49,0	46,0	42,0	38,0	35,0	32,5	29,0	26,5
Evap.	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,5	21,5
Sang.	15,8	19,0	25,8	30,0	33,0	37,0	41,0	44,0	46,5	49,5	52,0

TABELA 5.1.2

Valores dos Percentuais Sangrado, Evaporado e Regularizado por um Açude com Fator Adimensional de Evaporação Igual a 0,2 e Fator Adimensional de Capacidade Igual a 1,0

	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Regul.	48,0	45,0	40,0	38,0	33,5	30	26	24	20,5	19	18
Evap.	13,0	13,0	13,0	14,0	13	13,5	13	13,5	14,0	13	14
Sang.	39,0	42,0	47,0	48,0	53,5	56,5	61,0	62,5	65,5	68,0	68,0

## CONCLUSÕES

Em resumo, o aumento da variabilidade dos deflúvios anuais de um reservatório resulta em uma transferência do volume anual regularizado para um volume de sangria. Como não há incremento das perdas por evaporação, pode-se considerar que as perdas não são irre recuperáveis, pois o aumento da capacidade do açude reverteria o processo. Por exemplo:

Em um rio com deflúvio médio anual ( $\mu$ ) igual a 100 u.v. (unidades volumétricas) existe um reservatório com fator adimensional de evaporação ( $f_E$ ) igual a 0,20, que acumula 200 u.v. Nessas condições, tal reservatório apresenta o seguinte desempenho:

- volume anual regularizado – 46 u.v.
- volume anual evaporado – 21 u.v.
- volume anual sangrado – 33 u.v.

Se, nesse local, o coeficiente de variação passar para 1,2, mantidas constantes as demais condições, o reservatório passará a ter o desempenho:

- volume anual regularizado – 38 u.v.
- volume anual evaporado – 21 u.v.
- volume anual sangrado – 41 u.v.

*Consequência do acréscimo de CV*

O volume regularizado decresceu 8 u.v.; o volume sangrado cresceu 8 u.v.; e o volume evaporado permaneceu constante. Nessa situação, pode-se intuir que, como não houve perdas irreversíveis, as 8 u.v. seriam recuperáveis com o aumento da capacidade do reservatório. Analise-se o que acontece.



GRÁFICO 5.4

Regularização x CV(deflúvios) Valores para  $f_k = 2,0$  e  $f_e = 0,20$

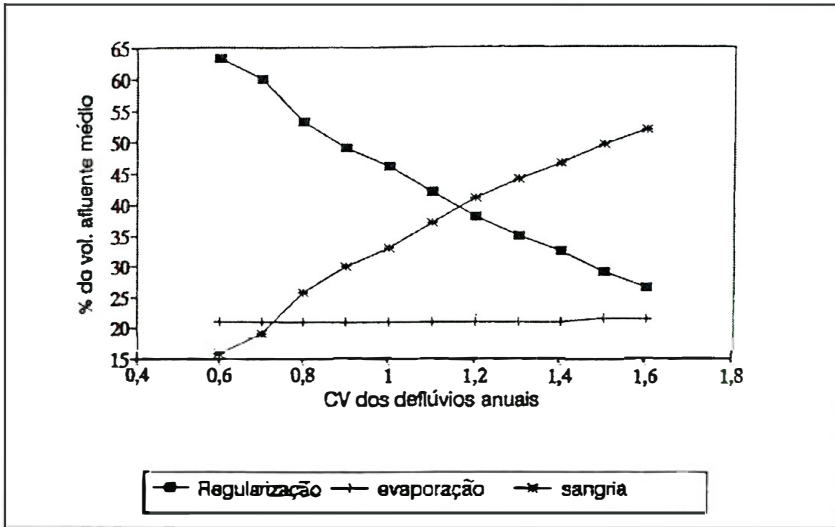
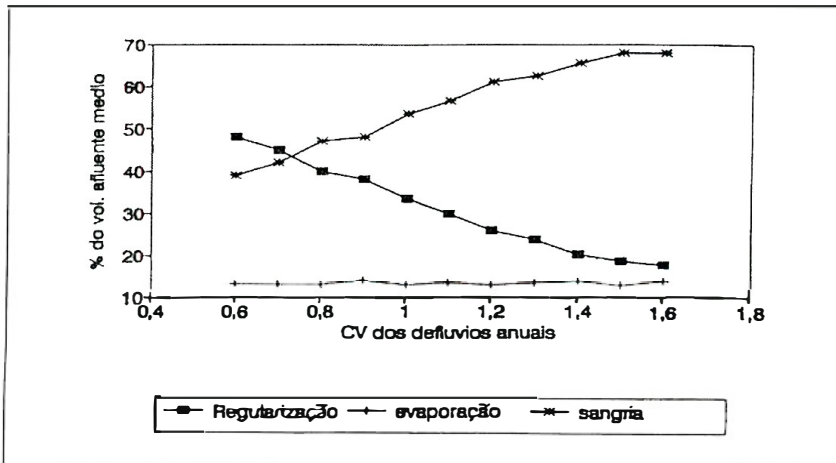


GRÁFICO 5.5

Regularização x CV(deflúvios) Valores para  $f_k = 1,0$ ;  $f_e = 0,20$



*Ação para recuperar as perdas em regularização*

Para recuperar as 8 u.v., a capacidade do reservatório deve ser acrescida para 300 u.v. e o reservatório passará a ter o seguinte desempenho:

- volume anual regularizado – 46 u.v.
- volume anual evaporado – 29 u.v.
- volume anual sangrado – 25 u.v.

## RESULTADO FINAL

O resultado final do acréscimo de evaporação e da ação de aumentar-se a capacidade do açude para recuperar as perdas de regularização seria, além do dispêndio financeiro, transformar 8 u.v. que eram extravasadas do açude, parcialmente regularizáveis a jusante, em 8 u.v. de perdas por evaporação, perdas, portanto, irreversíveis para o sistema.

Deve-se ter em mente, todavia, que existem muitas situações práticas em que essa recuperação não é possível: estas referem-se a valores mais elevados do fator de evaporação e/ou fator de capacidade. Por exemplo, se, no problema anterior, o valor de  $f_{\text{e}}$  fosse 0,40 e  $f_{\text{x}}$  fosse 2,0, o desempenho do reservatório seria:

- volume anual regularizado – 34 u.v.
- volume anual evaporado – 49 u.v.
- volume anual sangrado – 17 u.v.

Entretanto, se o CV passasse para 1,2, a máxima regularização provida pelo reservatório (caso fosse possível construí-lo com tamanho infinito) seria 32 u.v. O desempenho do reservatório seria:

- volume anual regularizado – 32 u.v.
- volume anual evaporado – 68 u.v.
- volume anual sangrado – 0 u.v.

*Caso 2 — Cenário de aumento da lâmina de evaporação e precipitação pluvial em iguais proporções, mantida a variabilidade interanual.*

Admite-se que 25% do acréscimo na pluviosidade se transformaria em lâmina de escoamento. Esse valor é razoável, visto que, em condições normais, o coeficiente de escoamento médio varia entre 10% e 15% da

altura de chuva. Como esse rendimento aumenta com o aumento da pluviosidade, uma transformação de 25% do incremento em chuvas parece ser de razoável para otimista. Além disso, no atual cenário de incertezas, a hipótese torna-se bem aceitável.

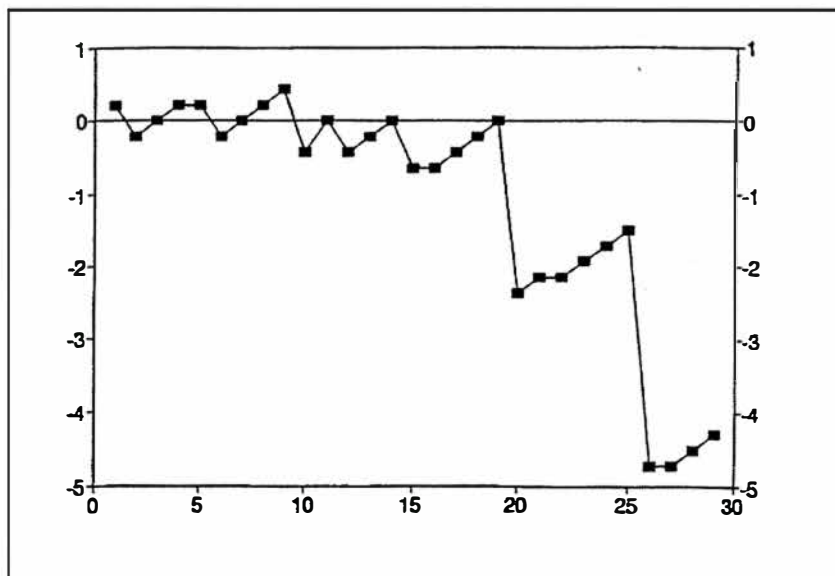
Dessa forma, optou-se por analisar a seguinte situação: um reservatório abastecido por um deflúvio anual de 100 u.v., com coeficiente de variação 1,0, fator adimensional de evaporação 0,20 e capacidade de acumulação de 200 u.v. Estudou-se o comportamento desse reservatório com a evaporação, e a precipitação variando de 0% até 30% positivamente em intervalos de 1%, sempre em relação à condição original.

Nesse caso, a pequena sensibilidade dos fatores adimensionais de evaporação e capacidade impossibilitaram o uso do método do Diagrama Triangular de Regularização. Optou-se então por utilizar a versão analítica que deu origem ao método do DTR [Campos, 1987]. O método analítico consiste na aplicação da teoria estocástica dos reservatórios (método da Matriz de Transição de Moran), adaptada para as condições dos rios do Semi-Árido. Esse método, como trata os volumes de forma discreta, apresenta pequenas flutuações numéricas; porém, como será visto, permite detectar as tendências no comportamento da eficiência do reservatório.

Os resultados (ver gráfico 5.6) mostram que:

- o rendimento do reservatório, na hipótese considerada, é pouco sensível a pequenos incrementos (até 15%) simultâneos, e em iguais proporções, da evaporação e da pluviosidade, considerando-se que 25% do incremento de chuva transforma-se em escoamento superficial;
- a partir de 15% no aumento da evaporação/pluviosidade, o decréscimo no rendimento do reservatório torna-se mais acentuado;
- o aumento simultâneo, e em iguais proporções, da evaporação e da pluviosidade é desfavorável ao rendimento hidrológico dos reservatórios-barragens do Nordeste do Brasil.

GRÁFICO 5.6  
Rendimento de um Açude – Cenário de Mudanças Climáticas







## Avaliação das Políticas



## Capítulo 6

### Avaliação das Políticas

#### SUMÁRIO

6.1 Conceituação da Política de Recursos Hídricos	166
6.2 As Políticas Adotadas e os Instrumentos Legais	167
6.3 Os Conflitos de Uso de Recursos Hídricos	174
6.4 Avaliação dos Programas de Governo	175
6.5 Qualidade e Conservação da Água nas Políticas Atuais	196



sem uso; pelo contrário, poços públicos e mesmo alguns açudes construídos pelos estados e municípios foram apropriados pelos grandes proprietários, constituindo reserva de valor e/ou instrumento de dominação política.

Ao considerarmos as condições de semi-aridez de grande parte do Nordeste, é fundamental que a concepção do uso dos recursos hídricos seja fundamentada no conhecimento cada vez mais aprofundado e abrangente de sua ocorrência, repartição e manejo, com ênfase nos principais componentes do ciclo hidrológico, mediante o monitoramento de bacias hidrográficas. Por outro lado, uma coordenação e um consenso nas decisões deverão se instalar entre os usuários e órgãos interessados no uso da água, a fim de que se assegure um emprego melhor repartido dos recursos disponíveis, entre as atividades produtivas e não produtivas.

A água é um recurso natural escasso e vital, com disponibilidade limitada e conseqüente oferta inelástica e demanda crescente. Assim, sem dúvida alguma, em regiões semi-áridas, o conflito potencial ou mesmo atual de seu uso é uma realidade projetada na vulnerabilidade tendencial, na maioria das bacias hidrográficas de rios temporários, e mesmo em alguns trechos de rios como o São Francisco.

## 6.1 CONCEITUAÇÃO DA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS

A Política de Recursos Hídricos é aqui conceituada como o conjunto de dispositivos legais, normas, diretrizes e demais instrumentos que formulam objetivos, e delinham e orientam a atuação de uma ou mais entidades no sentido de se atingirem tais objetivos.

Assim, não se pode dizer que existe uma política específica para recursos hídricos, pois o setor, dividido entre vários usos e usuários tais como saneamento, energia, irrigação, meio ambiente e outros, não possui uma coordenação efetiva entre eles. O projeto de Lei do Sistema Nacional de Recursos Hídricos somente foi aprovado recentemente, sabendo-se da sua importância para o desenvolvimento dos recursos hídricos, e sua associação intrínseca ao desenvolvimento sustentável.

A gestão dos recursos hídricos busca equacionar e resolver as questões de escassez relativa desses recursos. Do ponto de vista conceitual, a gestão é configurada por pelo menos três elementos básicos. O primeiro é a Política de Recursos Hídricos, que define os princípios, diretrizes e objeti-

vos que se busca alcançar. Em seguida, o Planejamento dos Recursos Hídricos, que virá a proceder à avaliação projetiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e a sua alocação entre usos múltiplos, de forma a se obterem os máximos benefícios sociais, além de equacionarem-se os aspectos relativos à sua proteção e controle. Finalmente, a Administração dos Recursos Hídricos, que define o conjunto de ações necessárias para tornar efetivo o planejamento, com os devidos suportes técnicos, administrativos e jurídicos. Em regiões de balanço deficitário entre a demanda e a disponibilidade, fica evidente que é necessária a elaboração de um plano regional ou mesmo estadual, que contenha uma política e preveja a instituição de um sistema operacional voltado para sua implantação. Assim, o plano e o sistema deverão resolver as questões de escassez de recursos hídricos, evitando conflitos entre uso e usuários, e estabelecendo linhas de relacionamento entre estados vizinhos, quando se tratar de bacias federais.

Por sua natureza, a Política de Recursos Hídricos deveria ser concebida em nível central, embora os processos de manutenção e implantação possam incluir a participação da sociedade civil. É necessário um agente que acolha todos os elementos e os compatibilize da melhor maneira possível em busca de objetivo maior, que é a utilização racional dos recursos hídricos pela sociedade. Já a administração deveria ser realizada de modo descentralizado. Sua finalidade principal é tornar efetivo o que foi planejado; entretanto, esta representa fatos essenciais na realimentação do processo de gestão e no fornecimento de dados da realidade física e socioeconômica, para que se produzam os planos e se desenvolvam as políticas.

## 6.2 AS POLÍTICAS ADOADAS E OS INSTRUMENTOS LEGAIS

### 6.2.1 Em Nível Federal

O propósito desta subseção é analisar as várias políticas de recursos hídricos adotadas especialmente nos anos recentes, sabendo-se que muitas delas estão incorporadas a programas e projetos que se destinavam ou se destinam a superar os problemas que afetam o desenvolvimento econômico do Nordeste semi-árido. De fato, não se pode desvincular qualquer diretriz ou linha de ação referente aos recursos hídricos de outras ações

que objetivam assegurar a produção agropecuária e as condições mínimas de saúde pública, por meio dos sistemas de saneamento.

As secas frequentes que se abatem sobre a região, fruto da irregularidade das precipitações pluviais, agravadas pela intensa evaporação que ocorre nas latitudes baixas, atinge vigorosamente o segmento produtivo de gêneros agrícolas de primeira necessidade, em particular os pequenos e médios agricultores, podendo assumir dimensões de calamidade social, pela vastidão da área que assola.

A questão da água tem sido identificada por várias administrações federais e estaduais como o ângulo do problema ao se constatarem os apavorantes dramas causados pelo flagelo das estiagens prolongadas. Por isso, os governos empenharam-se, sobretudo nas áreas de recursos hídricos subterrâneos, escassos em quantidade e qualidade, sem rios perenes por consequência, em reter as águas superficiais torrenciais, que se escoam em um período curto de três a cinco meses no ano.

As propostas políticas de combate aos efeitos das secas refletem naturalmente o contexto histórico no qual elas foram elaboradas, assim como concepções que as lideranças políticas e intelectuais possuíam, e em parte ainda possuem, da questão nordestina.

Reduziu-se a problemática da seca à falta de água. É na primeira década do corrente século que a proposta de uma política de água tomou forma e se incorporou às decisões de governo. Surgem as primeiras providências no sentido de dotar o Semi-Árido de uma estrutura hidráulica capaz de combater os efeitos das secas. Foram criadas pelo então ministro Lauro Müller as Comissões de Açudes e Irrigação, de Estudos e Obras Contra os Efeitos das Secas, e, finalmente, a Comissão de Perfuração de Poços. Esses órgãos fizeram apenas alguns estudos de açudes. Em 1909, criou-se a Inspeção de Obras Contra as Secas, que passou a chamar-se Inspeção Federal (IFOCS) a partir de 1919, e, finalmente, DNOCS, em 1945.

As atribuições do IFOCS, que iam desde o estudo dos recursos naturais da região semi-árida até a construção de barragens, poços, estradas de rodagem e ferrovias, além de atividades hidroagrícolas, demonstram que aquele órgão teve papel decisivo na política dos recursos hídricos, pelo menos até o advento da SUDENE, criada em 1959. As ações do DNOCS foram sempre intermitentes, sujeitas a disponibilidade de recursos financeiros, e só recebiam aumento substancial nos períodos de fortes estia-

gens. A Lei nº 3 965/19 regulamentou a construção de obras de irrigação, mediante uma caixa especial. Por essa lei, o governo federal era autorizado a contrair empréstimos no exterior até certo limite. Com isso, pretendia-se construir grandes barragens e canais de irrigação.

Para construir os grandes açudes, o IFPCS contratou empresas estadunidenses e inglesas que, além de trazerem *know-how*, capacitaram os quadros técnicos daquele órgão. Em 1921/1922, os dispêndios, quase todos vinculados a obras, atingiram 15% da receita total do país. Em 1931, priorizou-se a açudagem nas bacias do Acaraú e Jaguaribe, no Ceará; Alto Piranhas, na Paraíba; e Baixo Piranhas, no Rio Grande do Norte. Além disso, concentraram-se as ações do DNOCS na açudagem e irrigação, e retirou-se de sua alçada a construção de ferrovias.

A Constituição de 1934 determinou, em seu artigo 5º, que competia à União "organizar defesa permanente contra os efeitos da seca nos estados do Norte". O combate às secas deixava de ser um favor do governo federal para ser uma obrigação constitucional (4% da receita da União). A década de 50 foi pontilhada de secas, destacando-se a de 1958. Apesar de já existirem até aquele ano duzentos açudes públicos, repetiam-se as tragédias anteriores, deixando um rastro de fome, miséria, morte dos rebanhos e emigração em massa. Foi, portanto, a seca de 1958 que estimulou uma mudança de rumo da política de combate às secas, quando o governo procedeu a um reequacionamento da questão regional, fazendo prevalecer os objetivos de desenvolvimento econômico e social.

A SUDENE, em suas diretrizes expressas nos quatro planos diretores, já reconhecia a importância da irrigação como forma de estabilizar as condições de vida de parcela significativa das populações rurais. Entretanto, as ações empreendidas pela Superintendência não foram muito além de alguns estudos básicos em bacias hidrográficas ou áreas específicas e a implantação de dois projetos de irrigação, de caráter piloto.

A criação do Grupo Executivo de Irrigação e Desenvolvimento Agrícola (GEIDA), em 1968, subordinado diretamente ao Ministério do Interior, constituiu um plano importante para a decisão política de instituir o Programa Plurianual de Irrigação (PPI), em 1971, com metas propostas até 1980.

A idéia de irrigar as terras do Semi-Árido é tão antiga quanto o DNOCS: em 1911, o deputado federal Eloy de Souza apresentou projeto

de lei sobre a irrigação no Nordeste, mas foi somente no governo de Epitácio Pessoa que tal iniciativa recebeu atenção do Executivo, mediante o Decreto nº 3 965, de 25/12/1919, que regulamentou a construção e operação de projetos públicos de irrigação, mantendo para esse fim uma conta de caixa especial. Na prática, pouco se fez entre 1919 e 1930. No período de 1950 e 1959, houve maior avanço da irrigação, registrando-se, em 1958, uma área irrigada de 15 mil ha, em um total de dezessete projetos.

A retomada de programa de irrigação no Nordeste dá-se em 1985, com a criação do Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE). Constituiu-se uma comissão interministerial com a finalidade de elaborar, acompanhar e avaliar esse programa. Os trabalhos técnicos do PROINE foram conduzidos pela Coordenadoria de Irrigação da SUDENE e o Núcleo de Irrigação do MINTEK, e suas conclusões foram apresentadas à comissão, para análise e sugestões. Era propósito da comissão interministerial integrar o PROINE às estratégias básicas a serem executadas dentro do I Plano Nacional de Desenvolvimento. As metas preconizavam irrigar, em cinco anos, um milhão de hectares, acrescentando-os aos 260 mil ha já irrigados. Sessenta por cento dessa meta seria atingida pela iniciativa privada, mediante linhas de crédito, ressarcimento de investimentos, assistência técnica e infra-estrutura auxiliares à produção e capacitação. A participação da iniciativa privada compreenderia 600 mil ha; os projetos públicos deveriam cobrir uma área de 400 mil ha.

Outro componente da política das águas para combater os efeitos das secas foi a perfuração de poços. Desde o século passado (1831), um decreto da Regência dizia que o governo mandaria abrir fontes artesianas. Setenta e três anos depois, o ministro Lauro Müller criou a Comissão de Perfuração de Poços, com sede em Natal. Em 1958, o DNOCS já possuía 62 perfuratrizes, empregadas na construção de poços públicos e privados. Estes eram construídos por solicitação dos particulares, que pagavam a mão-de-obra e o combustível; o governo fornecia o material, as máquinas e o pessoal técnico. Assim, esta era uma obra em cooperação. Na década de 60, a SUDENE atuou por meio de sua subsidiária CONESP e os estados do Nordeste organizaram suas equipes técnicas. Estimativa da SUDENE indica que estão perfurados, no Nordeste, mais de 50 mil poços. Infelizmente,

a questão principal no meio rural é a operação e manutenção desses poços, pois estima-se que mais de 30% deles estão permanentemente desativados.

Merece destaque o fato de o governo federal ter criado, por ocasião da grande estiagem de 1970, o Programa de Integração Nacional (PIN), que dava ênfase à irrigação pública e lançava mão de 50% dos incentivos fiscais administrados pela SUDENE.

As ações de governo no âmbito da utilização dos recursos hídricos levam-nos à conclusão de que os programas foram concebidos sob o impacto dos efeitos das estiagens prolongadas, mas não contavam com instrumentos financeiros e institucionais que assegurassem a continuidade daquelas ações.

Com relação aos aspectos legais dos recursos hídricos, constata-se um posicionamento refratário de governantes e legisladores à introdução de normas legais necessárias à disciplina das águas. Quase nada se evoluiu após o Código de Águas de 1934. Aliás, o próprio código não pôde ser aplicado em sua totalidade, pois muitas de suas disposições, que deveriam ter sido objeto de leis especiais e regulamentos, não o foram. Caso típico é o artigo 5º, que prevê tratamento especial para zonas periodicamente assoladas pelas secas.

O Código de Águas estabelece, no caso do Semi-Árido do Nordeste, o uso comum das águas públicas, em função de sua escassez. Assim, o Polígono das Secas teve todas as águas consideradas públicas de uso comum. Apesar da amplitude do dispositivo legal, foram declaradas públicas de uso comum as águas subterrâneas na área da SUDENE, cuja captação fosse realizada por entidade pública federal (art. 6º da Lei nº 4 869/65).

A Constituição brasileira de 1988 manteve-se, em matéria de recursos hídricos, centralizadora e com grandes lacunas. Emendas sobre questões específicas, relativas, por exemplo, ao domínio hídrico, são de suma importância. Assim, foi mantida a competência exclusiva da União para legislar sobre águas (art. 22, parágrafo IV), em lugar de estabelecer-se a possibilidade de os estados legislares supletiva e complementarmente. Entretanto, declarou-se que lei federal contendo a especificação do conteúdo e os termos do exercício poderia autorizar os estados a legislares sobre a matéria (art. 22, parágrafo único). Quanto ao domínio hídrico o artigo 20 (parágrafo III) fixa que são bens da União os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos do seu domínio ou que banhem mais de um estado,

servam de limites com outros países (...), bem como os potenciais de energia hidráulica (artigo 20, parágrafo VIII). O artigo 26 (parágrafo I) estabelece que são do domínio dos estados as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes e emergentes, e em depósito. A questão da competência para outorgar concessões para uso das águas públicas ainda é motivo de conflito, desde que o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), mediante a Lei nº 4 904/65, tem a incumbência de assegurar a execução do Código de Águas, enquanto a Lei nº 6 662/72, regulamentada pelo Decreto nº 89 496/84, que trata da lei da irrigação, atribui ao Ministério do Desenvolvimento Regional a outorga das concessões ou autorizações para o uso das águas públicas, superficiais e subterrâneas, do domínio da União e dos territórios, para a irrigação e atividades decorrentes.

A questão da delegação de competência aos estados para legislar sobre recursos hídricos está parcialmente encaminhada com o Decreto nº 1 044, de 14/1/94, que institui o Programa Nacional de Descentralização. Entretanto, as unidades federadas estarão sujeitas a eventuais outorgas e possíveis revogações dessa competência, decorrentes dos interesses políticos e administrativos da União, nem sempre coincidentes com os estaduais. O ideal seria que a competência estadual derivasse diretamente da Constituição Federal.

O Poder Executivo encaminhou ao Congresso o Projeto de Lei nº 2 249, de 1991, que dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esse projeto de lei vem sendo discutido na Câmara dos Deputados, e já recebeu proposta substitutiva.

#### 6.2.2 Em Nível dos Estados

Os estados do Nordeste iniciaram suas ações no campo dos recursos hídricos, sempre voltados para o abastecimento humano, concentrando suas atividades nas empresas de saneamento e nas instituições responsáveis pela perfuração de poços e construção de pequenas e médias barragens (a cargo das Secretarias de Agricultura).

Iniciativas do DNOCS e da SUDENE estimularam a participação das administrações estaduais também na irrigação pública e privada, especialmente a

partir de meados de 1980, com o advento dos programas de desenvolvimento rural: Sertanejo, PROHIDRO e PAPP. Surgiram aí as primeiras iniciativas de criação de Secretarias Estaduais de Recursos Hídricos (Bahia, Paraíba e, posteriormente, Ceará) e empresas de desenvolvimento de recursos hídricos (Sergipe e Piauí).

O contexto em que estavam situadas essas ações dizia respeito a diretrizes e instrumentos financeiros de programas federais, aos quais os estados se associavam como executores, de acordo com a ação descentralizada, preconizada pelos programas federais.

De todas as iniciativas citadas, consolidaram-se apenas aquelas iniciadas no Ceará e na Bahia, e vale destacar a experiência que vem sendo vivenciada no Ceará, atribuindo-se esse fato à continuidade administrativa que vem-se obtendo nos últimos anos.

A promulgação da Constituição Estadual do Ceará, de 1989, favoreceu a criação do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos do estado, cabendo ao Plano Estadual de Recursos Hídricos a posição de instrumento gerenciador. A configuração institucional e legal vem sendo procedida pelo governo estadual; à Secretaria dos Recursos Hídricos cabe o papel de promover o aproveitamento dos recursos hídricos do estado, além de coordenar, gerenciar e operacionalizar estudos, pesquisas, programas, projetos e obras de recursos hídricos, articulando-se com instituições estaduais, federais e municipais.

A Lei nº 11 996/92 estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos e instituiu o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (SIGERH). Um passo importante para a implementação do sistema estadual foi a criação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH), responsável pela gerência da oferta de água e vinculada à Secretaria de Recursos Hídricos. Três instrumentos do gerenciamento já estão sendo implementados: a outorga do direito de uso, o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e o cadastramento dos usuários.

Além disso, o estado já celebrou convênio com o DNOCS, objetivando a administração e o gerenciamento conjunto dos recursos hídricos das bacias hidrográficas do Estado do Ceará.

Constata-se, no entanto, certa superposição de atividades ou atribuições entre a COGERH e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos



Hídricos (FUNCEME), que saiu da órbita da Secretaria de Recursos Hídricos e ficou vinculada à Secretaria de Ciência e Tecnologia. Essa superposição se daria no monitoramento dos recursos hídricos.

### 6.3 OS CONFLITOS DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS

Os conflitos de uso de recursos hídricos inscrevem-se no âmbito da sustentabilidade e da vulnerabilidade. A sustentabilidade confronta a oferta com a demanda, enquanto a vulnerabilidade, em alguns períodos de estiagem prolongada, torna-se mais sensível, no caso da sustentabilidade se encontrar no seu limite. Assim, a política de alocação de recursos hídricos deve tratar das ações relacionadas com a distribuição de determinadas quantidades de água para os grupos de usuários específicos. Os problemas de uso surgem inicialmente no confronto entre oferta e demanda, o qual caracteriza o conflito atual e o potencial, especialmente no horizonte do Projeto ÁRIDAS. No entanto, existem conflitos de origem qualitativa que devem ser considerados: enchentes nas áreas rurais e urbanas; problemas de erosão dos solos e transporte de sedimentos; e a conservação da água ameaçada pelos processos de poluição, com o lançamento de efluentes poluídos nas calhas fluviais e nos reservatórios no meio rural.

Entendemos por conflito a situação de não-atendimento de uma exigência e/ou demanda inerente ao aproveitamento e/ou controle dos recursos hídricos. Com exceção das cheias, os conflitos têm como característica a deficiência hídrica que ocorre no confronto entre demandas e disponibilidades, para uma determinada bacia ou sub-bacia. O Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste (PLIRHINE) estabelece categorias de conflitos, e há prioridades no atendimento das seguintes demandas: demandas rurais difusas; demandas das pequenas cidades; e, finalmente, demandas de vulto associadas aos grandes aproveitamentos, normalmente de usos múltiplos.

Algumas áreas do Nordeste semi-árido já apresentam coeficiente de atendimento nos níveis de demanda difusa e de cidades de pequeno porte com incidência de conflito, especialmente se se considera o lançamento de efluentes. Estas, portanto, exigem uma reserva hídrica para saneamento rural. São bastante sensíveis os conflitos de irrigação nas bacias do Salitre

e Verde Pequeno, afluentes do São Francisco. Nos grandes reservatórios, é nítido o conflito com atenuação de cheias para o que não foram projetados reservatórios como Orós, Banabuiú, Sobradinho, Itaparica e Armando Ribeiro Gonçalves. As questões de superação dos problemas de déficits e a possível transposição de bacias serão tratadas em outros capítulos.

## 6.4 AVALIAÇÃO DOS PROGRAMAS DE GOVERNO

### 6.4.1 Programas Estaduais

#### *Projeto Asa Branca*

- Antecedentes

O Projeto Asa Branca foi lançado em outubro de 1979, em uma iniciativa do governo de Pernambuco para aumentar a capacidade de acumulação e uso da água no Semi-Árido desse estado. Houve ampliação e melhoramento da infra-estrutura de apoio às atividades produtivas, notadamente do setor primário. As ações do projeto beneficiariam áreas em dezessete vales. Cobriu-se, assim, cerca de 80% de Pernambuco.

O projeto foi concebido com base na premissa de que, a partir da oferta adicional de água, o desenvolvimento do processo de irrigação se daria por intermédio dos mecanismos espontâneos da economia, restringindo-se o apoio governamental à implantação de uma infra-estrutura viária e de eletrificação, além do fornecimento de assistência técnica e creditícia.

- Objetivos

O Projeto Asa Branca tinha por objetivo, basicamente, o fortalecimento da economia agrícola do Agreste e do Sertão, dando ênfase à questão do Semi-Árido, por meio da oferta às comunidades rurais de equipamentos capazes de cumprir forte impulso à atividade econômica e, por consequência, à fixação do homem à terra, proporcionando-lhes melhores condições de bem-estar.

Para melhor caracterizar seus objetivos, o projeto esperava obter:

- melhor organização social da produção, como decorrência de uma infra-estrutura mais resistente aos efeitos advindos do fenômeno da estiagem;

- crescimento das atividades geradoras de emprego e renda;
- expansão da área produtiva até o limite de viabilidade das pequenas unidades de produção; e
- emprego de técnicas de irrigação que fossem assimiláveis pela maioria dos agricultores.

- Impactos Socioeconômicos

Do ponto de vista socioeconômico, consideradas as estimativas efetuadas sobre incrementos da área cultivada, produtividade agrícola e valor da exportação agrícola, concluiu-se que o projeto caracterizou-se por reunir importante intervenção para as regiões beneficiárias; porém, houve limitadas repercussões sociais.

Verificou-se que o projeto não estabeleceu estratégias diferenciadas de atuação para os problemas diferenciados das áreas. Tais problemas não podem ser tratados como se a situação do grande produtor fosse similar à do pequeno produtor ou daqueles que não têm terra.

Destacou-se também que aproximadamente 80% da força de trabalho da região não possui terras. Por outro lado, o projeto não mencionava quais as ações capazes de permitir a essas populações a sua inserção no mercado de trabalho e, por conseguinte, no fluxo de renda, visando assegurar-lhes uma maior mobilidade social.

As barragens construídas em propriedades privadas não garantiram a utilização pública da água armazenada.

Por fim, o projeto não definiu que tipos de atividades deviam ser desenvolvidas por meio do aproveitamento dos recursos hídricos.

- Conclusões

O Projeto Asa Branca caracterizou-se por ser uma importante intervenção do governo do estado no Semi-Arido pernambucano, voltada, fundamentalmente, para a ampliação da acumulação de água, advinda da perenização de rios.

O modelo de intervenção adotado não alterou a estrutura fundiária existente nas áreas circunvizinhas às barragens construídas.

Com relação às metas físicas e financeiras alcançadas até abril de 1982, constatou-se ter havido um bom desempenho na aplicação dos recursos (91% do programado). Quanto aos aspectos físicos, também registrou-se

um bom desempenho com relação às atividades de construção de barragens de grande porte (foram consideradas aquelas com mais de  $30 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) e barragens sucessivas (60% das metas previstas foram atingidas). No que concerne à área irrigada, não se constatou a implantação de nenhum hectare irrigado, em uma área programada de 7 200 ha.

Quanto à perenização de rios, o estado de Pernambuco foi pioneiro, por utilizar, nesse processo, uma nova tecnologia de barramentos (estrutura flexível ou em gabião) construídos em vales com rios de regime torrencial.

Verificou-se que o filtro geotêxtil, utilizado nestas barragens, com o passar do tempo tende a perder a sua propriedade filtrante, devido ao acúmulo de pequenas partículas que tendem a vedar seus orifícios.

Do ponto de vista de engenharia das barragens sucessivas e suas particularidades hidráulicas (reduzida profundidade), previu-se a possibilidade de que tais barragens fossem associadas, formando-se, a montante, solos aluvionais.

Constatou-se também que as barragens sucessivas foram construídas sem a conclusão dos projetos finais de engenharia.

Com relação a gerência de recursos hídricos, foi constatada em alguns vales a ocorrência de conflitos quanto ao uso da água entre grupos de usuários, o que sugere a necessidade de se desenvolverem, de imediato, estudos com vistas à implantação de um mecanismo de operação e manutenção dos sistemas de perenização de rios, com forte gerenciamento e implantação de sistemas de outorga e fiscalização.

#### • Lições Obtidas

Diante dos indícios e evidências verificados ao longo da execução do projeto, alguns aspectos devem ser considerados em ações futuras, para obtenção de maiores benefícios, segundo as seguintes lições:

- orientar as ações, tendo em vista uma maior adequação entre as ações de irrigação e de reestruturação fundiária;
- adotar uma política hidráulica que dê prioridade aos aspectos agrônômicos sobre as obras de engenharia, e ênfase aos aspectos de defesa e conservação de solo e água;
- realizar estudos sobre a possibilidade de implantação de agroindústrias conexas às áreas de intervenção;

- introduzir a construção de barragens subterrâneas em vales onde a espessura do aluvião for igual ou superior a 5,0 m;
- evitar a construção de barramentos próximos à foz dos rios, pois as águas represadas podem vir a apresentar alto grau de salinização; e
- implantar nos pequenos vales, em afluentes dos grandes rios, barragens rígidas de pequeno e de médio porte.

### *Projeto Canaã*

- Antecedentes

A expansão do desemprego, o declínio das atividades produtivas, a redução dos níveis de renda e a baixa produtividade de toda a economia, como diminuíram o padrão de vida das populações do Semi-Árido paraibano, estimularam o novo governo estadual a desenvolver agressivas atividades de infra-estrutura.

Nesse desafiante contexto surgiu o Projeto Canaã, como um projeto-programa de ações concentradas no fator hidroagrícola, com o intuito de modificar, efetivamente, o quadro econômico e social do Semi-Árido da Paraíba.

Visando atenuar os problemas das estiagens prolongadas, com falta d'água para o abastecimento humano e animal e para a agricultura, o Projeto Canaã concentrou-se no aproveitamento regional dos recursos hídricos e de solos das quatro grandes bacias fluviais existentes na região semi-árida do Piranhas, no alto e médio Paraíba, e em Curimataú e Jacu.

- Objetivos

*Objetivo geral:* Promover o desenvolvimento socioeconômico da região semi-árida do estado, visando alcançar a auto-suficiência na produção de alimentos e a erradicação da pobreza absoluta por meio da identificação e implantação de novas oportunidades de ocupação produtiva para os pequenos produtores rurais, com ou sem terra, tendo, como base, um aproveitamento mais racional dos recursos de água e solo.

*Objetivos específicos*

a) determinar a disponibilidade dos recursos de cada bacia hidrográfica, definindo as demandas atuais e potenciais bem como seu racional aproveitamento, mediante a elaboração de planos diretores de bacia;

b) fomentar e construir açudes, poços e implúvios para irrigação e para o abastecimento rural e urbano;

c) implantar c/ou ampliar sistemas de abastecimento d'água para atendimento das comunidades incluídas no espaço de intervenção; e

d) promover a adequação da estrutura fundiária das áreas de intervenção, em função da política de aproveitamento hidroagrícola.

- Análise do Programa e Lições Obtidas

Apesar de o Projeto Canaã pretender ser um instrumento de desenvolvimento hidroagrícola, não atingiu esse objetivo pela desvinculação institucional em relação à Secretaria de Agricultura do estado, sendo um programa só voltado para a infra-estrutura hídrica. Pelas mesmas razões, o projeto também não atingiu suas metas fundiárias. Entretanto, a promoção de estudos das bacias hidrográficas serviu de base para o planejamento dos recursos hídricos do estado. A vida do programa foi efêmera; este permaneceu durante quatro anos de governo, e foi extinto no governo seguinte. Entretanto, a infra-estrutura hidráulica implantada foi aproveitada nas ações posteriormente realizadas pelo PAPP.

#### 6.4.2 Programas Federais

##### *Programa de Aproveitamento de Recursos Hídricos*

- Antecedentes

A necessidade de maior prioridade aos aspectos hídricos no planejamento regional levou a SUDENE a apresentar ao Ministério do Interior (MINTER) (atual Integração Regional) o Plano de Aproveitamento de Recursos Hídricos do Nordeste, como colaboração, nessa área, para elaboração do III PND.

Esse plano, após análise do MINTER e da SEPLAN, fundamentou a fase estratégica do Programa de Aproveitamento de Recursos Hídricos (PROHIDRO), que foi instituído em 12.9.79, mediante a aprovação, pelo presidente da República, da Exposição de Motivos nº 010 do Conselho de Desenvolvimento Econômico.

- Objetivos

Constituíram objetivos gerais do Programa de Aproveitamento de Recursos Hídricos:

- elevar a disponibilidade de água para abastecimento humano e animal;
- dar suporte hídrico à irrigação; e
- fortalecer a economia das unidades agrícolas de produção.

Como se verifica, a ênfase principal do PROHIDRO foi instalar, no Semi-Árido, um suporte hídrico permanente para a estabilização das atividades agrícolas. Com as ações previstas, o programa buscou alcançar o aumento da produção de alimentos e matérias-primas, visando, assim, criar oportunidades de emprego e uma maior segurança econômica e social à população da região nordestina.

- Impactos Socioeconômicos

O Projeto de Aproveitamento de Recursos Hídricos foi bem aceito pelas entidades públicas da região e sua importância foi reconhecida por gerar condições favoráveis de acesso à água pelas populações da região semi-árida.

O programa deu uma contribuição efetiva, ainda que pouco expressiva, no sentido de elevar a disponibilidade de água para consumo humano e animal, aumentar o suporte hídrico à irrigação e fortalecer a economia das unidades agrícolas de produção, dotando-as, assim, de uma infraestrutura hídrica capaz de torná-las mais resistentes à seca. Foram executadas, no período 1980/1982, 21 743 obras, parte delas públicas, com recursos a fundo perdido; e parte privadas, via crédito rural, em uma média global de 7 247 obras por ano.

Tais obras beneficiaram pequenas comunidades rurais com a oferta de água para consumo humano e animal; e populações ribeirinhas dos rios perenizados, com água para abastecimento e irrigação.

Foram atendidas 11 378 propriedades por meio do crédito rural; cerca de 52% contidas na faixa de área até 100 ha. Com relação ao volume de recursos aplicados, constatou-se que 84% destinaram-se às propriedades com área até 500 ha.

Verificou-se, então, que os recursos de crédito rural do PROHIDRO beneficiaram basicamente um público considerado de baixa renda. Desse

modo, contribuiu-se para a redução da pobreza absoluta, nas condições do Semi-Árido nordestino.

- Sugestões e Lições Obtidas

Com a execução do PROHIDRO, têm-se as seguintes conclusões, para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos no Semi-Árido:

- deve-se formular uma política de recursos hídricos para a região, visando orientar a execução de obras públicas para um melhor aproveitamento desses recursos, levando em conta os problemas específicos e potencialidade das bacias hidrográficas;

- nessa linha, devem ser definidas diretrizes, estratégias e ações diferenciadas que permitam o planejamento, programação, construção, operação, manutenção e exploração das obras de captação e armazenamento d'água; e

- deve-se adotar um sistema de planejamento com coordenação regional acoplada a uma estrutura estadual de recursos hídricos, visando permitir uma melhor sincronização das ações com os demais programas e projetos federais, estaduais e municipais, para um melhor aproveitamento de recursos hídricos regionais. A articulação institucional do PROHIDRO foi um fator importante nos resultados obtidos.

#### *Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (PAPP)*

- Antecedentes

A experiência acumulada pelos programas POLONORDESTE, Sertanejo, PROCANOR e PROHIDRO, com diferentes tipos de intervenções no meio rural, levou à necessidade de se elaborar e propor um novo estilo de política, para melhorar o desempenho da ação do governo, orientada para o desenvolvimento rural nordestino.

Em 1984, após intenso trabalho que envolveu especialistas, representantes dos pequenos produtores rurais e integrantes de outros segmentos da sociedade, foi elaborada uma nova política — *a proposta do Projeto Nordeste*. Essa nova concepção foi formulada tendo em vista que o desenvolvimento econômico e social da região necessitava de um conjunto de políticas mais objetivas, tanto para o meio rural quanto para o urbano.



A nova concepção política, aprovada pelo Decreto nº 91 178, de 1/4/1985, estabeleceu o Programa de Desenvolvimento da Região Nordeste — Projeto Nordeste. Ainda, na mesma data, por intermédio do Decreto nº 91 179, foi definida a estratégia de desenvolvimento rural para pequenos produtores; criou-se, então, o Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (PAPP).

No início de sua execução, ou seja, em 1985, o programa operou com recursos nacionais; depois, passou a contar com recursos do Banco Mundial (BIRD), por intermédio dos contratos de empréstimo firmados com os estados de Sergipe e Rio Grande do Norte (e com os demais estados, a partir de 1986).

Embasado nessa nova política desenvolvimentista, o PAPP procurou o aumento da produtividade, da produção e da renda das famílias dos pequenos produtores rurais, promovendo o acesso à terra e à água, às tecnologias de produção, ao mercado de insumos e de produtos, e ao crédito rural.

Para tanto, o PAPP contou com vários instrumentos de ação como: Ação Fundiária, Recursos Hídricos, Geração e Difusão Controlada de Tecnologia, Assistência Técnica e Extensão Rural, Crédito Rural, Comercialização, Apoio a Pequenas Comunidades Rurais e Capacitação.

- Objetivos

O objetivo geral da política de recursos hídricos do PAPP era proporcionar o acesso à água, promovendo a sua utilização no conjunto de atividades básicas nos imóveis rurais dos pequenos produtores

Destacam-se os seguintes objetivos específicos na área de recursos hídricos:

- promover o abastecimento de água para o consumo humano, preservando os princípios de quantidade e qualidade;
- promover o fornecimento de água para o consumo animal;
- dinamizar e ampliar a utilização da água na produção agrícola (via irrigação), assegurando uma renda de dois salários-mínimos para o pequeno produtor rural; e
- promover o manejo racional dos recursos de água e solo no âmbito do desenvolvimento rural da região Nordeste.

- Impactos Socioeconômicos

As ações desenvolvidas pelo PAPP, mais especificamente em seu componente *recursos hídricos*, evidenciaram importantes resultados, revelando o potencial do programa como indutor dos avanços quantitativos e qualitativos no setor produtivo do meio rural.

O PAPP foi o primeiro programa governamental com a participação efetiva dos pequenos produtores rurais em todas as decisões e nos diversos níveis. O programa procurou apoiar a organização e o fortalecimento de atividades comunitárias, conduzidas pelos próprios produtores rurais.

No que se refere a geração de empregos e população beneficiada, as ações de recursos hídricos contribuíram na ocupação da mão-de-obra rural, proporcionando a criação de mais de 29 mil empregos diretos, 57 mil empregos indiretos e uma população beneficiada de 172 mil habitantes, na agricultura irrigada.

Em relação às medidas que amenizaram os efeitos das secas na região, foi dada ênfase às obras de captação, armazenamento e distribuição de água nas áreas mais carentes. Assim, construíram-se 2 932 sistemas de abastecimento d'água, com atendimento de 2 440 comunidades e 120 718 famílias, proporcionando a melhoria quantitativa e qualitativa do abastecimento d'água da região.

O programa desenvolveu, ainda, atividades de piscicultura, com ampliação significativa da renda familiar, principalmente com a ocupação da mão-de-obra ociosa nos períodos de entressafra da região. Em apoio à piscicultura, houve 1 911 açudes peixados e a distribuição de  $9\ 182 \times 10^3$  alevinos.

- Conclusões e Recomendações

Todos os programas de desenvolvimento rural que envolviam o aproveitamento de recursos hídricos da região sempre foram elaborados sem uma política de águas. Com o surgimento do Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste (PLIRHINE), foram definidos os elementos fundamentais para a estruturação de um programa de aproveitamento integrado de recursos hídricos da região.

A experiência no desenvolvimento dos trabalhos e os resultados alcançados na área de recursos hídricos do PAPP indicaram a necessidade de alguns ajustes ou redirecionamento nas ações. Assim, é de fundamental

importância considerarem-se as seguintes questões, a partir da experiência vivida pelos estados e pela SUDENE:

*a) quanto ao abastecimento d'água:*

Uma das lacunas do programa é o atendimento das necessidades de água para o consumo humano nos imóveis rurais. Ficou evidenciada a necessidade da construção de cisternas individuais ou mesmo coletivas, financiadas pelo PAPP a fundo perdido, como estava na proposta original.

Outro ponto que mereceu atenção na implantação de sistemas de abastecimento d'água no meio rural é a aplicação de um modelo de gestão (operação e manutenção) que possa assegurar maior participação das comunidades nessa gestão. Estas poderiam assumir parcial ou totalmente os custos de operação e manutenção.

*b) quanto à irrigação pública estadual:*

As ações de irrigação do PAPP foram dirigidas em áreas de ação fundiária, o que redundou em um lento processo de implementação da irrigação – o principal responsável pelo significativo atraso no cumprimento das metas. Assim, seria indicado priorizar as áreas potenciais que necessitem de uma ação fundiária mínima, com, basicamente, pequenos arranjos, seja de caráter técnico, seja no que diz respeito à superfície irrigada para cada agricultor.

A política de irrigação na região deve estar voltada para o fortalecimento das atividades agrícolas, para que se consiga um desenvolvimento auto-sustentado que proporcione bem-estar às comunidades rurais.

A expansão da irrigação em regiões agrícolas já ocupadas ou de fronteira agrícola com boas condições de solos, clima e recursos hídricos deve constituir uma linha prioritária, pois aí se desenvolverá um processo de tecnificação e capitalização que poderá proporcionar um aumento na produção.

Ao lado dessas sugestões, deve-se reconhecer a necessidade da irrigação no conjunto dos instrumentos da política agrícola e de desenvolvimento rural, sendo recomendável a articulação entre diversos órgãos, federais e estaduais, objetivando apoiar os seguintes aspectos:

- fortalecimento dos mecanismos de preços mínimos;
- adotar um amplo programa de crédito compatível com as particularidades da agricultura irrigada;
- formular um modelo próprio para a agricultura irrigada nas atividades de pesquisa, treinamento de pessoal técnico e assistência aos produtores; e
- estimular a ampliação do uso de insumos modernos.

*c) aspectos institucionais:*

O aproveitamento dos recursos hídricos no Nordeste está associado às características intrínsecas desses recursos naturais. Esses recursos auto-renováveis têm oferta inelástica. Assim, devem ser controlados e preservados mediante o planejamento do seu aproveitamento e o gerenciamento do seu uso.

As atividades de revisão e complementação da legislação de água, com vistas à sua adequação e atendimento à região, tornam-se necessárias para melhor atender ao aproveitamento racional dos recursos hídricos.

No âmbito do Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste, deve-se dar continuidade à Fase I do PLIRHINE; contudo, deve haver uma revisão que atualize as informações sobre potencialidades e disponibilidade de recursos hídricos, e adapte-se às novas condições de demanda, levando em conta uma estratégia de desenvolvimento rural de toda a região.

Deve-se ter um projeto de monitoria dos recursos hídricos das bacias hidrográficas indicadas para a intervenção de diversos usos.

*Projeto Sertanejo*

- Antecedentes

Reconhecendo que as intervenções governamentais voltadas para a solução dos problemas do Semi-Árido nunca atingiram o desejável caráter de prevenção, em 1976, pelo Decreto nº 76 299, de 23.8.76, o governo federal instituiu o Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste — Projeto Sertanejo.

A exposição de motivos do programa destacava que "O Projeto Sertanejo se alinha com o POLONORDESTE, com os programas de irrigação,

agroindústria e trópico semi-árido, e está orientado para a organização e a consolidação da pequena e média propriedade agrícola do Nordeste, com ênfase em uma política de água em nível de unidade de produção (pequena e média açudagem e poços), orientando-a, porém, para o seu aproveitamento econômico em atividades produtivas e para cumprimento da função social de beneficiar o maior número possível de famílias".

Assim, o Projeto Sertanejo procurou, de um lado, a normalização e modernização do processo produtivo e, de outro, a criação de empregos, visando reduzir as repercussões sociais provocadas pelo fenômeno das secas. Trata-se, portanto, do estabelecimento de formas e modelos de produção que levariam em conta as secas como uma *constante* no modelo de transformação e valorização do Nordeste semi-árido.

- Objetivos

O principal objetivo do Projeto Sertanejo foi fortalecer a economia das unidades de produção agropecuárias, sobretudo pequenas e médias, da região semi-árida, tornando-as mais resistentes aos efeitos das secas, a partir de núcleos de prestação de serviços e de assistência técnica.

Destacaram-se, a partir deste objetivo geral, alguns objetivos específicos:

- organizar ou reorganizar as unidades produtivas, para normalizar o processo de produção e assegurar o nível de emprego, a fim de reduzir as repercussões sociais das secas;

- dotar as propriedades de resistência aos impactos das secas mediante associação da agricultura irrigada à agricultura de sequeiro, adaptando as intervenções à ecologia da região;

- dar aos imóveis rurais padrão produtivo e capacidade de emprego semelhantes, no mínimo, aos alcançados em lotes de colonos nos projetos de irrigação pública;

- promover a valorização hidroagrícola das pequenas e médias propriedades, mediante construção de açudes e poços, para armazenamento de água; e

- e) disseminar modernas técnicas agronômicas para lavouras xerófilas.

- Impactos Socioeconômicos

A avaliação do impacto do Projeto Sertanejo seria medida por meio dos seguintes indicadores:

- redistribuição de renda;
- aumento de produção e produtividade;
- aumento de renda;
- geração de emprego;
- melhoria de resistência à seca; e
- organização do público beneficiado.

Para avaliar o impacto, na forma proposta, foram utilizadas informações e relatórios disponíveis na SUDENE, alguns deles de circulação interna.

*a) aumento de produção e produtividade*

Não foi possível obter a quantificação desse indicador por não haver informações sistematizadas, no prazo oportuno, com respeito ao previsto nos projetos elaborados ou contratados.

Por esse motivo, deixou-se de estimar também o impacto do programa no que se relaciona à renda dos beneficiários.

*b) geração de empregos*

O Projeto Sertanejo, até dezembro de 1982, proporcionou condições para que se ofertassem, na região, oportunidades de quase 129 mil empregos, sendo 30 mil permanentes e 99 mil temporários.

Essa previsão, embora expressiva em relação ao tempo de funcionamento do programa e às suas limitações financeiras, representou pouco mais de 2,7% da população economicamente ativa engajada em atividades primárias no Nordeste, do Piauí à Bahia, em 1980.

*c) melhoria de resistência à seca*

Essa contribuição foi estimada com base nos investimentos programados com o objetivo de minimizar os efeitos das estiagens, constante dos programas de inversão dos projetos contratados até dezembro de 1982. Para tanto, foram selecionados alguns indicadores: constatou-se que o programa, em seus cinco anos de funcionamento (1978/1982), proporcionou condições para que a área irrigada do Nordeste fosse ampliada em 13 334 hectares, o que representa quase 1/3 do total irrigado na região pelo DNOCS e CODEVASF (estimado em aproximadamente 41 mil hectares), até 1982.

Não seria correto comparar a irrigação executada pelo Projeto Sertanejo com a desenvolvida pelo DNOCS e a CODEVASF. No caso do Projeto Sertanejo, a área irrigada por estabelecimento agrícola é, normalmente, pequena e o detalhamento técnico torna-se bem mais simplificado do que aquele desenvolvido na irrigação pública realizada pelo DNOCS e a CODEVASF; neste, o planejamento técnico é direcionado a grandes áreas.

Na área específica dos recursos hídricos, o Projeto Sertanejo contribuiu para a construção de 7 160 pequenos e médios açudes, aí incluídos barreiros e aguadas, ampliando, assim, em mais de 166 milhões de metros cúbicos a acumulação de água na região. Construíram-se também 964 poços profundos, 3 171 poços amazonas, 3 493 cisternas e fez-se investimento em 4 609 conjuntos de irrigação, que representaram um apoio substancial tanto à produção de alimentos quanto ao abastecimento de água para a população do Semi-Árido nordestino.

#### *d) organização do público beneficiado*

As ações do Projeto Sertanejo referentes a esse indicador foram, sem dúvida, de pouca expressão. Conforme constatado nas ações de assistência técnica e extensão, o Projeto Sertanejo não conseguiu congrega, com 426 sessões grupais, mais que 5 700 produtores rurais em todo o período de execução do programa.

- Avaliação

O Projeto Sertanejo, na quase totalidade de suas ações, não chegou a produzir resultados que pudessem ser considerados satisfatórios, tendo em vista as metas do programa.

A área de abrangência foi de 474,5 mil km<sup>2</sup>, ou seja, 54% do Semi-Árido nordestino, enquanto a superfície realmente trabalhada não correspondeu a mais de 3,8% desse total.

Vale ressaltar que o programa foi orientado para uma faixa de população de baixa renda (62% das operações de crédito foram de proprietários com menos de 100 ha).

Entretanto, constatou-se a marginalização dos produtores sem terra, pois apenas 146 operações de crédito fundiário foram registradas durante a execução do programa.

Os proprietários de imóveis com mais de 500 ha foram excluídos dos benefícios do programa, por decisão *espontânea* dos próprios produtores, tendo em vista as exigências que lhes foram impostas.

Quanto às ações de assistência técnica, os resultados não foram muito diferentes em termos quantitativos, pois houve indícios de que o público beneficiado com assistência técnica foi praticamente o mesmo assistido com créditos de investimento.

Em termos estratégicos, o impacto do Projeto Sertanejo foi mais significativo, principalmente quanto à sua contribuição para a melhoria de resistência às secas e para a geração de empregos, o que estaria ajustado aos objetivos do programa.

Merce destaque a contribuição do programa na área de recursos hídricos, principalmente no que se refere à ampliação da capacidade de acumulação de água, com a construção de pequenas barragens, perfuração de poços e implantação da área irrigada. No tocante à irrigação, o Projeto Sertanejo conseguiu, em cinco anos, criar condições para ampliação da área irrigada correspondente a um terço da área que o DNOCS e CODEVASF implantaram até aquele ano.

Em relação à aplicação financeira do programa, constatou-se que o apoio recebido em crédito rural foi pouco expressivo, não sendo suficiente sequer para o pleno aproveitamento do esforço desenvolvido pelas equipes, o que acarretou um baixo nível de eficiência do programa, em termos de custos, principalmente na elaboração de projetos. Assim, apenas 66% dos projetos elaborados foram contratados pela rede bancária e, destes, apenas 47% conseguiram concluir os investimentos programados até fins de 1982.

A situação de crédito imposta pelas autoridades monetárias levou o programa a um custo social muito elevado, pois, para cada cruzeiro aplicado em crédito rural, o governo teve de gastar quase a mesma quantia, a fundo perdido.

A estratégia de ação do programa foi alicerçada no crédito rural subsidiado, que, mesmo representando um eficiente instrumento de política econômica, não funcionou a contento.



*Programa de Irrigação do Nordeste*

- Histórico

Em 1960, a SUDENE constituiu o Grupo de Irrigação do São Francisco (GISF) e o Grupo do Vale do Jaguaribe (GVJ), com as respectivas funções de estudar as possibilidades de irrigação no submédio São Francisco, com a implantação de dois projetos em caráter piloto: Bebedouro (PE) e Mandacaru (BA); e, no Vale do Jaguaribe, o Projeto Jaguaruana, também em caráter piloto. Esses estudos receberam assistência técnica da FAO, no sub-médio São Francisco, e do governo francês, no Vale do Jaguaribe.

Em 1968, a criação do Grupo Executivo de Irrigação e Desenvolvimento Agrícola (GEIDA) motivou forte interesse oficial para os aproveitamentos hidroagrícolas. Em 1971, foi aprovado o Programa Plurianual de Irrigação (PPI).

Dada a necessidade de se estabelecer um suporte legal para implementação da irrigação, foi aprovada, em 25 de junho de 1979, a Lei nº 6 662, que dispõe sobre a Política Nacional de Irrigação, que representou um esforço coordenado dos ministérios e entidades interessadas. O diploma legal contém os objetivos, diretrizes e normas de procedimentos necessários à implantação de agricultura irrigada; nesse sentido, a lei estabelece disposições relativas ao planejamento, implementação e operação de perímetros irrigados e consolida dispositivos legais vigentes, resguardando, ao mesmo tempo, os princípios do Código de Águas.

- Organização Institucional

No que diz respeito à organização institucional da irrigação, a execução do Programa de Irrigação do Nordeste é de responsabilidade do Ministério da Integração Regional, por intermédio da Secretaria Nacional de Irrigação, cabendo à Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e ao Departamento Nacional de Obras Contra às Secas a parte executiva dos perímetros públicos federais.

- Estrutura de Decisão e Articulação

Procedendo-se a uma análise institucional, constata-se a existência de três níveis no desenvolvimento da agricultura irrigada na região Nordeste:

a) *Nível Político-Estratégico*: com a participação dos Ministérios da Irrigação Regional, via Secretaria Nacional de Irrigação; e Agricultura; o

de Minas e Energia, na definição de linhas de atuação política; e os ministérios da Fazenda e do Planejamento, no planejamento, aprovação e liberação de recursos;

b) *Nível Estratégico-Operativo*: conta com a participação de entidades e órgãos de caráter nacional e regional, como a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA), Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA), que tratam da definição do planejamento, execução, acompanhamento e avaliação do Programa de Irrigação do Nordeste.

c) *Nível Operativo*: nesse nível, o programa conta com diferentes órgãos ou entidades, com suas infra-estruturas locais para operacionalização das políticas de irrigação, como: Coordenações Regionais da CODEVASF, Diretorias Regionais do DNOCS, Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Empresas Estaduais de Pesquisas Agropecuárias (EMPA), companhias de eletricidade e entidades estaduais de controle de poluição e meio ambiente.

Cresce gradativamente a participação dos estados do Nordeste nesses três níveis institucionais, o que poderá construir um esforço conjugado com a ação federal.

- Análise do Programa de Irrigação

Os projetos de irrigação pública no Nordeste foram implantados com vistas a se constituírem centros de polarização de desenvolvimento agropecuário. Contudo, apesar dos esforços do governo federal, vários fatores contribuíram para que os objetivos, assim delineados, não fossem alcançados plenamente.

Além disso, o governo procurou incentivar o desenvolvimento da irrigação pelo setor privado (irrigação privada), empregando, para isso, mecanismos financeiros como o FINOR.

- Entraves que Limitam o Desenvolvimento da Irrigação

A irrigação tem-se constituído, no Nordeste semi-árido, em um instrumento para viabilizar a exploração agrícola, tendo em vista que as áreas de terras aptas para a agricultura, naquela região, somente poderão ser incorporadas ao processo produtivo por meio dessa atividade.

A irrigação exige ações complementares, pois não se resume em apenas planejar e implementar projetos. Implica também, o uso e manejo adequado da água, dos solos e outros insumos, bem como de um agressivo processo de capacitação de recursos humanos.

No desempenho das ações da irrigação, na região Nordeste, podem ser identificados vários fatores restritivos e que têm contribuído de forma significativa para o insatisfatório desenvolvimento da agricultura irrigada. Entre outros, destacamos os seguintes:

- 1) inexistência de uma política fundiária, voltada para promover o acesso dos produtores sem terra às áreas potencialmente irrigáveis;
- 2) falta de eletrificação rural em locais onde existem solo e água em condições de pronta utilização;
- 3) crédito insuficiente e inoportuno para as condições dos produtores nordestinos;
- 4) baixa eficiência dos sistemas de irrigação, ocasionada pelo acompanhamento técnico deficiente;
- 5) ausência de uma assistência técnica dirigida para agricultores irrigantes na estruturação atual do sistema de extensão;
- 6) ausência de uma política de comercialização dirigida para as áreas irrigadas; e
- 7) falta de capacitação técnica, particularmente nas tecnologias de irrigação e drenagem. Os projetos necessitam de extensionista especializado na área.

- Custos dos Projetos de Irrigação

As informações sobre os custos de projetos de agricultura irrigada, em diferentes países, são abundantes. Porém, não é muito clara a composição desses custos. Inicialmente, é óbvio considerar-se que o projeto de irrigação envolve um conjunto de obras civis, às vezes complexas, constituídas por atividades de planejamento, estudo, execução, operação, manutenção e avaliação, sempre em função de uma população a ser beneficiada pelas obras. Essa população necessita e exige serviços básicos de saneamento ambiental, eletricidade, educação, saúde e lazer. Muitas vezes, são ainda necessárias moradias e instalações cooperativas para comercialização, co-

municações e outros procedimentos que não são estritamente investimentos no setor agrícola.

Na definição dos custos dos projetos de irrigação, é necessário diferenciar, portanto, os investimentos que os governos federal ou estadual devem realizar para implantar a infra-estrutura básica de apoio, daqueles investimentos feitos (geralmente pelo setor privado) na implantação da agricultura irrigada propriamente dita, no nível de propriedade rural.

Por outro lado, apresentam-se grandes diferenças entre projetos, em função das características das obras de captação e distribuição (basicamente, com bombeamento ou não).

Em nível mundial, o custo médio dos projetos de irrigação, sem incluir a infra-estrutura social e de apoio à produção, encontra-se na faixa de US\$ 2 mil a US\$ 10 mil por hectare. O nível do custo depende, principalmente, das características fisiográficas do país e da experiência em matéria de desenvolvimento da irrigação. Na América Latina, o custo médio dos projetos públicos de irrigação é da ordem de US\$ 6 000/ha.

No Brasil, os custos desses projetos de irrigação realizados pelo setor público devem ser diferenciados dos feitos pelo setor privado.

Pelas características desses projetos, os custos de implantação incluem:

- estudos básicos (aspectos físicos e socioeconômicos);
- elaboração do projeto;
- desapropriação das terras;
- implantação de obras de armazenamento, captação, condução e distribuição; e
- construção de obras de infra-estrutura tais como rodovias internas, postos de saúde, escolas, habitação e instalação de fonte de energia.

Os investimentos para irrigação privada são restritos aos seguintes aspectos:

- estudo econômico-financeiro do projeto;
- análise técnico-agrícola, que pode fazer parte do item anterior; e
- implantação dos equipamentos de irrigação e sistema de drenagem.

Nos projetos executados pela CODEVASF, empregando na sua maior parte a irrigação de superfície, os custos da infra-estrutura de irrigação

variam em função da dimensão do projeto e da forma de exploração: colonização, pequenas empresas, médias empresas e grandes empresas.

A tabela 6.4.1, a seguir, retrata a estimativa de custos de investimentos por ha/irrigado, em projetos da CODEVASF.

**TABELA 6.4.1**  
Estimativa de Custos de Investimentos US\$/ha Irrigado  
Projetos da CODEVASF

Tipo de Usuário	Área do Projeto			
	< 2000 ha	2 a 5 000 ha	5 a 10 000ha	> 10 000 ha
Invest. produtores	6 923	6 245	6 018	5 793
1.1. Obras principais	5 653	4 974	4 748	4 523
. Colonos	5 653	2 261	2 261	1 181
. Médias empresas			1 809	2 714
. Grandes empresas			678	678
1.2. Obras na parcela	1 270	2 271	1 270	1 270
Invest. sociais	4 296	3 617	3 392	3 166
. Colonos	4 296	1 718	1 719	859
. Médias empresas		1 899	1 266	1 900
. Grandes empresas			407	407
Total	11 219	9 862	9 410	8 959

Fonte: Missão FAO/Banco Mundial - dez./87.

Para a estimativa dos custos da tabela 6.4.1, levou-se em consideração que:

a) projetos com menos de 2 mil ha sejam explorados inteiramente por colonos;

b) projetos entre 2 mil a 5 mil ha teriam 40% de sua área ocupada por colonos e 60% por médias empresas (arrendatários);

c) projetos com áreas de 5 mil a 10 mil ha teriam sua exploração realizada por colonos (40%), médias empresas (40%) e grandes empresas (20%); c

d) projetos com mais de 10 mil ha seriam ocupados por colonos (20%), médias empresas (60%) e grandes empresas (20%).

No caso dos projetos executados pelo DNOCS, os custos estão estimados em US\$ 9 855/ha, conforme a tabela 6.4.2.

TABELA 6.4.2

## Custos de Investimento US\$/ha/Irrigados – Projetos do DNOCS

Custos	US\$/ha Irrigado
1. Desapropriação	212,45
2. Obras de irrigação	5 706,98
3. Obras complementares	927,62
4. Obras de transformação social	2 245,79
5. Obras de infra-estrutura geral	762,68
Total	9 855,52

Fonte: Antônio A. Noronha - Serviços de Engenharia S/A — dez /87

Quanto aos custos dos projetos privados de irrigação, a média está em torno de US\$ 2 mil, de acordo com o tamanho da área irrigada e as características da fonte d'água. Tais projetos são realizados em áreas onde a disponibilidade de água encontra-se garantida ou com baixo custo de operação, e existe infra-estrutura básica disponível.

- Recomendações Gerais

A política de irrigação no Nordeste deve estar voltada para o fortalecimento das atividades agrícolas, visando um desenvolvimento auto-sustentado e que tem por objetivo-síntese o bem-estar das comunidades rurais.

A ação governamental deverá estimular a participação da iniciativa privada nas atividades de irrigação, suplementando-a ou apoiando-a quando necessário, especialmente no que diz respeito à pequena irrigação, procedendo à difusão da atividade com o uso de instrumentos como o Decreto nº 2 032/83.

Nas grandes áreas potenciais, a ação de poder público deve ser mais direta, nos estudos, execução e operação dos projetos, com envolvimento cada vez maior das instituições estaduais. Deverá ser sempre estimulada a participação gradativa dos irrigantes, mediante a organização em formas associativas de gerenciamento, empregando-se treinamento de mão-de-obra nos diferentes níveis e funções existentes nos projetos.

## 6.5 QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA NAS POLÍTICAS ATUAIS

Conforme já ressaltado, até o momento, as ações desenvolvidas para o aproveitamento dos recursos hídricos da região Nordeste têm sido realizadas sem a necessária integração dos aspectos qualitativos e quantitativos.

As políticas relacionadas com a qualidade e conservação da água estão geralmente a cargo dos órgãos de controle ambiental, enquanto as diretrizes para a utilização dos mananciais são estabelecidas pelos órgãos responsáveis pelos recursos hídricos, sem haver a necessária integração entre estes.

Os programas desenvolvidos geralmente não consideram a limitada disponibilidade da água, na região, em termos de quantidade e qualidade.

Os planos de aproveitamento de recursos hídricos têm-se preocupado, por exemplo, com as vazões disponíveis para os diversos usos dos recursos hídricos, sem considerarem que a qualidade da água é um fator limitante à sua utilização. Alguns aspectos importantes não têm sido considerados, tais como: qual a vazão mínima para garantir a diluição dos despejos e as condições de sobrevivência da vida aquática. Além disso, nem sempre é levado em conta o aspecto de que a maior parte dos recursos hídricos da região é intermitente (permanecem secos durante grande período do ano), o que impossibilita a depuração de cargas poluidoras nestes lançadas.

Da mesma forma, não são consideradas algumas características regionais que têm reflexos na qualidade da água: evaporação intensa, o que contribui para a salinização dos reservatórios; condições de clima, vegetação e solo, que favorecem a erosão e o conseqüente assoreamento dos mananciais, situação que é agravada pela ação degradante do homem; salinidade da água subterrânea em grande extensão da região; e a importância da cobertura vegetal, em especial da mata ciliar, para a proteção dos recursos hídricos.

Os programas de proteção dos recursos hídricos têm geralmente se limitado ao controle da poluição de água. São poucos os planos que procuram associar o uso do solo da bacia hidrográfica à qualidade dos recursos hídricos que a integram. Embora sempre ressaltada, a gestão de recursos hídricos geralmente não considera toda a bacia hidrográfica como Unidade de Planejamento. Como conseqüência, agravam-se os problemas

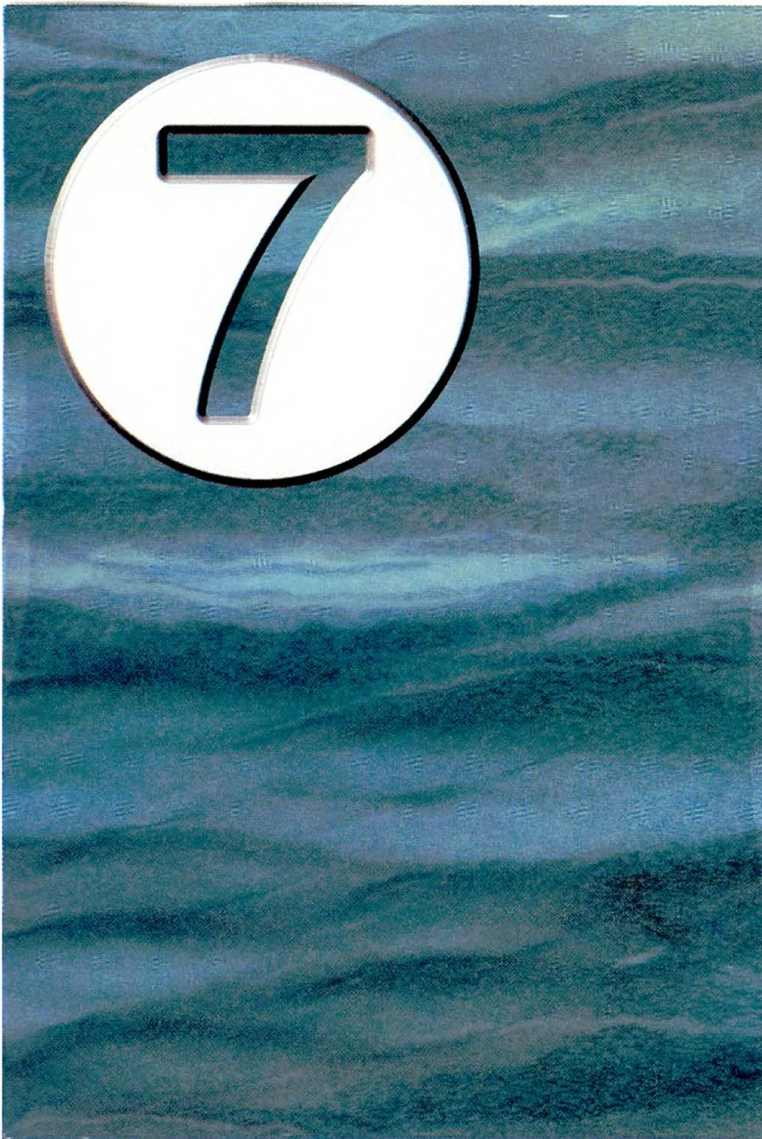
de degradação dos recursos hídricos, e isso aumenta os problemas de salinização, assoreamento e poluição, com prejuízos para os seus usos.

Tem faltado aos planos atuais associar o planejamento territorial à conservação dos recursos hídricos (sua utilização racional), de modo a obter-se bom rendimento, garantindo-se sua renovação ou auto-sustentação.

Em conclusão, pode-se dizer que as políticas atuais têm falhado ao não associarem a sustentabilidade dos recursos hídricos da região aos aspectos de quantidade e qualidade da água.







# Cenário de Desenvolvimento Sustentável



## Capítulo 7

### Cenário de Desenvolvimento Sustentável

#### SUMÁRIO

- 7.1 Sustentabilidade Futura 204
- 7.2 Vulnerabilidade Futura 206
- 7.3 Cenário Desejável Quanto à  
Qualidade e Conservação da Água 207
- 7.4 Quanto à Água Subterrânea 209



A conceituação de um cenário desejável para o desenvolvimento sustentável, do ponto de vista dos recursos hídricos, está essencialmente ligada ao atendimento permanente das crescentes demandas sociais.

Assim, considerando as variáveis-chave *Potencialidade*, *Disponibilidade* e *Demanda*, o que se almeja é a satisfação da inequação:

Potencialidade > Disponibilidade > Demanda

com a condição adicional de essa disponibilidade atender à *qualidade adequada*.

A forma objetiva de se colocar a questão é estabelecer padrões de sustentabilidade e vulnerabilidade, consentâneos com as condições antes dispostas, a partir dos indicadores qualificados para tal, apontados em capítulos anteriores deste texto.

A título de sugestão, e com base nas premissas e análises realizadas, apresentamos, a seguir, uma proposta preliminar de padrões de sustentabilidade e vulnerabilidade para a região.

#### *Padrões de Sustentabilidade*

Os padrões de sustentabilidade são condições limítrofes, indicadoras da existência de sustentabilidade hídrica:

- $IAP < 0,8$  e, portanto,  $IUP < 0,8$  — esta é uma limitação de ordem física;
- $IUD < 1$  — significa que a disponibilidade deverá ser sempre superior à demanda;
- $ICP \gg 1$  — condição de auto-depuração favorável, ou seja, o escoamento superficial é sempre superior à vazão necessária para promover a auto-depuração;
- $CA > 40$  — capacidade de auto-depuração superior a 40;  $\{ 6\text{mg/l} \rightarrow$  para enquadramento na classe 1
- oxigênio dissolvido:  $OD \geq \{ 5\text{mg/l} \rightarrow$  para enquadramento na classe 2  $\{ 4\text{mg/l} \rightarrow$  para enquadramento na classe 3; e
- baixo risco de salinização:  $CE < 250\text{mhos/cm}$ .

### *Padrões de Vulnerabilidade*

Os padrões de vulnerabilidade são as condições limitantes ou definidoras da situação de vulnerabilidade

- $DEPT \ll$  precipitação — quando o déficit de evapotranspiração potencial for bem inferior à precipitação média anual, a vulnerabilidade natural da região é baixa, ou, em outras palavras:

- $DEPTR \ll 1$

- $S/Q > 2$ , ou seja, a estocagem em reservatórios é superior a duas vezes o escoamento médio anual, significando reservas estratégicas apropriadas.

- Comprometimento não crítico dos recursos renováveis:  $D/Q < 0,2$ , ou seja, uso consuntivo não é superior a vinte por cento do escoamento médio anual.

- Rios perenes ou perenizados:  $Q_{min} / Q_{max} > 0$ .

Esses padrões são, naturalmente sujeitos a discussões e aprimoramentos, em função das peculiaridades locais, do grau de aprofundamento das análises e do desenvolvimento de novos estudos.

O atingimento e manutenção dos padrões dependem de ações voltadas, de um lado, para a racionalização das demandas e otimização dos usos, e, de outro, para a ampliação da oferta de águas superficiais e subterrâneas de boa qualidade. Na hipótese de regiões naturalmente vulneráveis, com, por exemplo, rios intermitentes e  $DEPTR > 1$ , os demais indicadores de vulnerabilidade e também de sustentabilidade deverão ser perseguidos com maior ênfase, de forma a haver um convívio adequado com a variabilidade climática reinante.

## 7.1 SUSTENTABILIDADE FUTURA

Os dados da situação atual do abastecimento d'água de áreas urbanas mostram que ainda existem 123 sedes municipais nordestinas sem sistemas de abastecimento de água.

Se somarmos a esses números as cidades que contam com sistemas ligados a fontes hídras que entram em colapso sempre que ocorrem anos de inverno irregular, a situação do abastecimento de água das cidades nordestinas é uma questão a se resolver.

Ressalte-se que até mesmo as grandes cidades da região, como Recife e Fortaleza, ainda não resolveram, de forma adequada, seus problemas de abastecimento.

Nas cidades atendidas com sistemas de abastecimento de água, o coeficiente de atendimento, definido como a relação população atendida/população urbana das cidades, é, em média, 79,05% para a região. O coeficiente de atendimento médio das capitais é 87,99%, e o das cidades do interior, 76,24%.

Destaque-se que o coeficiente de atendimento das cidades do interior do Ceará é de apenas 43,05%, o que explica, em parte, a constante necessidade de utilização de carros-pipa, mesmo em anos de precipitações normais.

Quando o índice de faturamento (relação entre o volume de água faturado e o volume de água produzido) é baixo para as companhias estaduais de saneamento – em média, 50,24% –, isso indica um elevado nível de perdas, as quais poderiam reduzir-se bastante se houvesse uma maciça implantação de equipamentos micromedidores.

Assim, é fundamental que haja um esforço conjunto dos governos federal, estaduais e municipais, visando reverter essa situação, levando água, na quantidade e qualidade adequadas, para todas as cidades da região Nordeste. Ressalte-se, que sendo prioritário o uso da água para o abastecimento humano, deve-se reservar antecipadamente a quantidade necessária para tal uso, em qualquer cenário a ser considerado.

O abastecimento da população rural, dispersa em toda a região, deve ser realizado prioritariamente por poços, cacimbas e cisternas, como forma de garantir a existência de um ponto d'água permanente, tornando menos freqüente a utilização de carros-pipa. É preciso que o atendimento dessa demanda seja objeto de preocupação dos vários níveis de governo, no sentido de se priorizar a perfuração de poços públicos nas regiões que utilizam, com maior freqüência, os citados carros-pipa.

A irrigação é a atividade mais consumidora de água no Semi-Árido, seja na situação atual, ou na situação projetada.

A demanda anual de água para irrigação, considerada no presente estudo, foi de 18 mil m<sup>3</sup>/ha, admitindo-se que 30% desse volume volte aos rios, devido à drenagem dos terrenos irrigados.



No cenário tendencial, é previsto que a área irrigada da região passe dos atuais 491 987 ha para 1 151 631 ha no ano 2020, ou seja, que cresça 134%.

Embora essa meta seja modesta, implicará a necessidade de ampliação da disponibilidade atual dos recursos hídricos, para seu atingimento.

No presente estudo, não se utilizou o coeficiente redutor de área cultivada nas projeções das demandas para irrigação. Esse coeficiente é medido pela relação entre as áreas efetivamente ocupadas e as potencialmente disponíveis. O valor indicado para esse coeficiente, pelo PLANVASE, é 0,75. Entretanto, estudos realizados têm indicado valores entre 0,30 e 0,52 para a área irrigada na bacia do São Francisco. Com a utilização desse coeficiente as demandas para irrigação são efetivamente menores.

Finalmente, é importante fazer-se a revisão da programação de implantação de novos reservatórios, pois, segundo o cenário tendencial atual, haverá demanda reprimida em muitas Unidades de Planejamento no ano 2020 (muitas destas ainda não tiveram ativado seu potencial).

## 7.2 VULNERABILIDADE FUTURA

O cenário desejável, no ponto de vista da seca hidrológica, é entendido como aquele em que as crises na oferta d'água só ocorrem dentro dos limites planejados e aceitos pela sociedade e para os quais esta está convenientemente preparada. Para que se atinja essa situação no futuro, é necessário que haja:

- mudanças culturais nos hábitos das pessoas; todos devem ter a convicção de que a água é um bem econômico a ser preservado e protegido;
- elevado grau de conhecimento da hidrologia regional para permitir um melhor planejamento do uso das águas e uma antevisão das crises, com a preparação da sociedade para enfrentá-la;
- ampliação da infra-estrutura hidráulica para atendimento das demandas que se desenvolvem rapidamente; e
- manejo dos sistemas hidráulicos em uma visão multidisciplinar; não se pode perder de vista que a *quantidade* e a *qualidade* das águas são indissociáveis: a demanda dá-se por uma certa quantidade de água, em dado tempo, em um certo local e com um desejado padrão de qualidade.

*Quanto à Seca Edáfica*

Nesse aspecto, poucas medidas têm mostrado uma real eficácia no aumento da produtividade das culturas de inverno, de modo a tornar os agricultores menos vulneráveis às secas. As medidas possíveis são:

- distribuição de sementes selecionadas que aumentam a produtividade nos anos bons e normais;
- orientação do agricultor sobre a melhor época de efetuar o plantio. Esse programa envolve riscos devido à aleatoriedade da ocorrência de chuvas; deve, portanto, ser melhor analisado;
- manejo do solo de modo a aumentar sua capacidade de retenção de umidade no nível das raízes; e
- desenvolvimento de culturas de menores ciclos vegetativos.

Muitas dessas práticas vêm sendo realizadas em alguns lugares do Nordeste. Por vezes, mostram-se antieconômicas; outras vezes, resultam em aumento de produtividade. Contudo, no aspecto geral, as medidas e técnicas disponíveis têm-se mostrado insuficientes para que os agricultores gerem um excedente de produção, e, portanto, reservas econômicas capazes de enfrentar os inevitáveis períodos de seca.

### 7.3 CENÁRIO DESEJÁVEL QUANTO À QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

Como já foi abordado, o atual modelo de desenvolvimento experimentado pelo Nordeste brasileiro tem apresentado, em relação aos aspectos de qualidade e conservação da água, uma tendência pouco otimista para os próximos 25 anos. Estudos, ainda que escassos, têm mostrado resultados que permitem detectar bacias com avançados níveis de degradação. Isso vem comprovar a necessidade de estabelecerem-se políticas que possibilitem a interrupção do atual processo de degradação ambiental, bem como permitam projetar um cenário com significativo padrão de sustentabilidade em seu desenvolvimento.

Assim, é de fundamental importância a aplicação de políticas de conservação que assegurem, ao meio ambiente, um padrão de qualidade compatível com um modelo de desenvolvimento sustentável para a região. Para atingir esse grau de expectativa, os seguintes aspectos deverão ser observados:

- Os mananciais das principais bacias hidrográficas deverão possuir nível de qualidade que permita a classificação dessas águas em nível sempre inferior à classe 3, da Resolução conama n° 20/86.
- As nascentes deverão ser preservadas, de modo que se enquadrem na classe especial ou, no máximo, na classe 1.
- Os trechos intermediários dos rios que compõem determinada bacia deverão ter suas águas preferencialmente enquadradas em classes iguais ou inferiores à classe 2.
- Os rios próximos às áreas urbanas mais densas deverão ter suas águas controladas, de modo a mantê-las em uma classificação inferior ou igual à classe 3.
- Os mananciais usados para o abastecimento urbano deverão ser classificados em um nível preferencialmente superior à classe 2.
- As águas para irrigação, em solos não permeáveis, deverão ter um padrão de qualidade, em relação à salinização, nunca superior à classe C<sub>2</sub>S<sub>2</sub> (Condutividade Elétrica, CE < 750 mhos/cm; e Relação de Adsorção de Sódio, SAR < 2,05).
- O saneamento básico deverá atingir um nível de desenvolvimento tal que 80% da população total sejam abastecidos com água tratada. Da mesma forma, esse grau de desenvolvimento deverá garantir que 60% da população urbana sejam servidos por sistema de esgoto sanitário.
- Visando à proteção dos recursos hídricos, deverão ser definidos, para todas as bacias, macrozoneamentos, de modo a disciplinar-se o uso e a ocupação do solo, respeitando as características do meio ambiente.
- O controle do assoreamento deverá ser intensificado, com a aplicação da legislação existente sobre faixas de proteção dos mananciais.
- Deverão ser desenvolvidas políticas de controle dos usos e ocupação das áreas de recarga de aquíferos, de modo a preservarem-se os potenciais hídricos subterrâneos.

Para se atingir esse cenário futuro desejado, é evidente que um esforço muito grande, por parte de toda a sociedade nordestina, deverá ser posto em prática.

#### 7.4 QUANTO À ÁGUA SUBTERRÂNEA

Para a definição do cenário *tendencial*, no que diz respeito aos recursos hídricos subterrâneos, foi instituída a hipótese de que, na atual década, a disponibilidade crescerá em torno de 10%; na década de 2000/2010, 7,5%; e, entre 2010 e 2020, apenas 5%.

No caso específico das águas subterrâneas não poderá haver um cenário *descjável* diferente do tendencial, pois, conforme já analisado, a disponibilidade não é um parâmetro sujeito a variações positivas; ao contrário, esta pode diminuir nos anos de seca.





# Formulação de Uma Nova Política



## Capítulo 8

# Formulação de Uma Nova Política

### SUMÁRIO

- 8.1 Os Objetivos que Fundamentam a Estratégia 215
  - 8.2 Estratégia Geral 216
  - 8.3 Políticas de Conservação da Água 222
  - 8.4 Política Específica de Águas Subterrâneas 224
  - 8.5 Modelo de Gerenciamento de Recursos Hídricos 226
  - 8.6 Linhas de Ação e Programas 228
  - 8.7 Programas Prioritários 232
-





A análise dos capítulos anteriores constata um estado desordenado da utilização da água nas diferentes atividades da sociedade nordestina, especialmente no Semi-Árido. Tal situação revela a necessidade de um conjunto de ações nos campos do planejamento, execução de obras, acompanhamento e controle dos recursos hídricos.

Essas ações devem fazer parte de um contexto mais amplo do gerenciamento dos recursos hídricos do Nordeste, em cada um dos estados.

Nas condições de semi-aridez de grande parte do espaço do Nordeste, é fundamental que a formulação dos aproveitamentos dos recursos hídricos passe por um rigoroso processo de coordenação e articulação entre os atores, a fim de se assegurar a forma ótima de emprego dos recursos disponíveis, com o máximo de eficiência. Assim sendo, a água, recurso natural escasso, deve ter seu uso devidamente planejado, levando-se em conta que esse é um meio para atingir os objetivos do desenvolvimento econômico e bem-estar social.

A SUDENE, em 1979, apresentou o PLIRHINE, que pretendia ser um instrumento para o estabelecimento de uma política de águas para o Nordeste. Esse plano, que já necessita de revisão e atualização, poderia ser considerado muito avançado para a época em que foi concebido, pois encontrou os estados despreparados para discutirem e aprofundarem sua segunda fase.

Assim, as estratégias aqui formuladas são coerentes, em linhas gerais, com aquelas indicadas no PLIRHINE, incorporando-se às experiências positivas dos programas especiais gerados a partir de 1980, e levando em consideração os pressupostos de um desenvolvimento sustentável. Por isso, linhas e diretrizes dos programas e políticas que obtiveram algum sucesso foram mantidas.

### 8.1 OS OBJETIVOS QUE FUNDAMENTAM A ESTRATÉGIA

Os objetivos da estratégia a ser implementada apontam para a garantia do desenvolvimento sustentável, nas situações em que os recursos hídricos são considerados insumos básicos, seja no setor produtivo, seja no

abastecimento das comunidades e na própria vida aquática e no equilíbrio dos ecossistemas. Assim, podem-se discriminar os seguintes objetivos principais:

*Quanto à Demanda Difusa:*

- dotar os imóveis rurais, coletivos ou individuais, de infra-estrutura hídrica que garanta, em caráter permanente, o abastecimento para consumo humano e animal; e
- incorporar ao processo produtivo, mediante a irrigação e a piscicultura, o aproveitamento de recursos hídricos em caráter *sazonal*.

*Quanto à Demanda Concentrada:*

- gerenciar a oferta dos médios e grandes aproveitamentos, especialmente aqueles de uso múltiplo, priorizando o uso humano sobre todos os demais;
- implantar uma política de manejo e preservação dos recursos de água e solos; e
- estruturar um sistema de gestão dos recursos hídricos para planejar, coordenar, implantar, acompanhar e avaliar os projetos de aproveitamento dos recursos hídricos.

## 8.2 ESTRATÉGIA GERAL

### 8.2.1 Medidas Técnicas

*Demanda Difusa:*

- captação e armazenamento de água em cisternas coletivas e individuais, a partir da construção de implúvios e áreas cobertas, para consumo humano (consumo médio 5 l/pessoa/dia);
- construção de poços tubulares ou amazonas para atendimento animal e uso sanitário. O emprego de dessalinizadores poderá assegurar consumo humano; e

- construção de pequenos açudes para irrigação de culturas de ciclo curto, piscicultura semi-intensiva e culturas de vazante.

Essas medidas técnicas, reservadas ao atendimento da demanda difusa, serão empregadas quando os aquíferos locais não cumprirem as condições de qualidade e vazão exigidas. Essas ações somente poderão responder satisfatoriamente aos critérios de vulnerabilidade quando forem desenvolvidas simultaneamente, promovendo garantia de fonte permanente de água para consumo humano e animal, e reservas sazonais de água para produção agrícola e piscicultura.

Independentemente dessas medidas, devem ser incorporadas técnicas que aproveitem os recursos hídricos localizados (água precipitada) nas atividades de sequeiro, para aumentar, ao máximo, a precipitação efetiva e conservar a água nos solos.

*Demanda Concentrada:*

- a estratégia consiste em garantir o suprimento de água no nível da sustentabilidade previsto no horizonte do projeto, em quantidade e na qualidade requeridas, para as áreas urbanizadas; ou seja, busca-se assegurar uma oferta com um mínimo de vulnerabilidade e grande eficiência hídrica;

- coloca-se em plano secundário o atendimento à demanda dos grandes perímetros de irrigação, públicos ou privados, apesar da sua importância no desenvolvimento rural. Além disso, estes devem ser supridos de forma concentrada. Assim, levando-se em conta o *uso consuntivo* nas atividades de irrigação, todos os grandes reservatórios que destinam parte de sua acumulação à irrigação devem manter um sistema moderno de monitoria e operação;

- monitoria dos recursos hídricos de superfície e subterrâneos, por meio da planificação e racionalização de uma rede básica de informações hidrometeorológicas: precipitação, vazões líquidas e sólidas, evaporação, qualidade das águas e outros elementos do ciclo hidrológico. Essa monitoria inclui os reservatórios já construídos e os aquíferos explorados, com o emprego de modelos que reconstituam os escoamentos naturais, apesar das intercepções existentes ou regularizações produzidas por obras hidráulicas. A monitoria, organizada por bacia hidrográfica, será fundamental ao gerenciamento, e, portanto, à tomada de decisão para oferta

dos recursos hídricos. Assim, asseguram-se limites de outorga de uso, solucionam-se conflitos, prognostica-se a relação oferta/demanda e se estabelecem níveis de vulnerabilidade e patamares de sustentabilidade; e

– desenvolvimento de *planos diretores* de recursos hídricos por bacia hidrográfica ou *províncias hidrográficas*, empregando-se o sistema de monitoria hidrológica e modelos prospectivos de demanda. Esses planos alternativos devem ser incorporados a um *processo* de *decisão*, isto é, os planos diretores devem estar associados a um *processo permanente* de *revisão e atualização* de decisão, no confronto entre oferta e demanda, levando-se em conta variáveis políticas, tecnológicas e sociais.

Atualmente, são empregados métodos dinâmicos que consideram os recursos hídricos como uma das seqüências contínuas de recursos naturais para os quais o planejamento e a gestão têm de projetar ou conceber seqüências de serviços contínuos. Tais serviços devem ser modificados de acordo com os objetivos fixados. Assim, nesta análise, os métodos dinâmicos exigem que o planejamento atenda aos objetivos a qualquer instante dos horizontes ou patamares do plano diretor. A abordagem assim feita torna-se complexa, exigindo-se, tanto no planejamento quanto na gerência (simultânea ou posterior), a aplicação de técnicas como a análise de sistemas.

As ofertas e as demandas de água passam a ser subsistemas — dados de entrada do modelo de desenvolvimento de recursos hídricos. Estes permitem tentativas de otimização em diversos níveis ou processos de simulação de casos para tomadas de decisão. Uma infra-estrutura específica para análise desses problemas, como a instituída no estado do Ceará, permitirá uma permanente realimentação de informação dos sistemas, levando a uma *correção de trajetória* a qualquer instante.

Essa abordagem sistêmica dos planos diretores, se realizada em um conjunto de bacias, poderá também tratar com maior realismo as possibilidades de transferência de bacias, especialmente quando se tenta transferir *blocos de água* de uma bacia úmida (caso do Tocantins), com abundância de água de superfície e com *saldo*, para uma região com *déficit crônico* de água.

Nos últimos anos, algumas dificuldades para o emprego dessas soluções técnicas de operação de sistemas fluviais (reservatórios, canais, etc.) integrados e de múltipla finalidade foram vencidas, principalmente nos

sistemas de grande porte, como é o caso da irrigação em larga escala. Entretanto, dever-se-iam considerar as dificuldades construtivas e operacionais inerentes a obras de porte fora do comum, o que implica, no mínimo, um longo prazo de implantação das obras, além de custos crescentes para o aumento das disponibilidades. Isso, no entanto, não se constituirá em restrição às transposições de bacias, quando a possibilidade de mobilização do potencial, (transformando-o em disponibilidade) atingir seu limite sem atender às demandas, em uma dada bacia hidrográfica.

Reconhece-se que as transposições exigirão um planejamento cuidadoso, pois existem algumas dificuldades nos seus aspectos físicos: por exemplo, os impactos causados ao meio ambiente, de difícil avaliação prévia e correção, após o início de operação do sistema de transferência (vida animal e vegetal, degradação fluvial e morfológica, transporte de sedimentos, erosão e assoreamento, entre outros). No aspecto econômico-financeiro: registra-se um custo elevado das obras hidráulicas, pelo porte que costumam compor no desvio de grandes bacias (da ordem de bilhões de dólares); e custos de operação, especialmente de energia elétrica.

Além disso, há dificuldades irremovíveis em relação à avaliação de benefícios dessas transferências, principalmente no que se refere aos indiretos, pondo-se em dúvida a viabilidade, e dificultando-se a captação de recursos financeiros de instituições estrangeiras e internacionais.

Nos aspectos políticos e sociais, registram-se conflitos entre áreas beneficiadas e áreas que cedem a água; estes envolvem autoridades estaduais, instituições e organizações não governamentais. Por outro lado, constata-se, nos casos ocorridos em outros países, dificuldades do poder público em atingir os objetivos pretendidos, em decorrência de problemas estruturais e de inadaptação das comunidades (questões culturais, organização, falta de tradição tecnológica) às mudanças repentinas. Para efeito de referência, em quatro projetos de transferência de bacia nos Estados Unidos da América, o menor custo foi de US\$ 0,15/m<sup>3</sup> e o maior, US\$ 0,70/m<sup>3</sup>; isto é, de custo unitário 4,5 vezes maior.

No âmbito das práticas de melhoria de eficiência dos recursos hídricos escassos, o que aumenta as disponibilidades, deverá ser encarada a questão da *reutilização de águas*. Trata-se do reaproveitamento de águas residuárias (servidas) municipais, como uma solução para a redução do déficit crescente (ou em potencial) em áreas com forte escassez de oferta de água.

Águas servidas poderão ser usadas em irrigação, abastecimento industrial e, em certos casos, para recarga de aquíferos. São exemplos de áreas que usam águas servidas na irrigação as cidades do México, Melbourne e Salisbury. Essas águas fertilizam o solo com nutrientes e suprem as necessidades de água das culturas.

O reuso das águas utilizadas na irrigação, mediante o sistema de drenagem, significa reincorporar à oferta cerca de 20% a 30% dos volumes destinados à irrigação. A reutilização de águas servidas como água potável ainda têm tratamento dispendioso, terciário, eliminando-se amônia, nitratos e fosfatos, componentes tóxicos e substâncias orgânicas, etc. Seu emprego tem sido reduzido, inclusive pelos aspectos psicológicos negativos. Tal método, onde aplicado, corresponde, em geral, a injeções de misturas inferiores a 1/3 do volume utilizado no abastecimento. O custo desse tratamento nos Estados Unidos da América varia entre US\$ 0,25/m<sup>3</sup> (tratamento primário) e US\$ 1,50/m<sup>3</sup> (tratamento terciário). Quando existem águas residuárias e efluentes em grandes comunidades, o custo unitário no tratamento terciário pode atingir US\$ 7,00/m<sup>3</sup>.

Uma das questões técnicas colocadas nas estratégias de oferta de água no Semi-Árido é o uso alternativo de mananciais de superfície ou subterrâneos. Na proposta aqui exposta, verifica-se que se apela para os graus de complementariedade e competitividade, e as decisões são tomadas com base em aspectos econômicos e na vulnerabilidade. Sabe-se que a qualidade das águas subterrâneas, sob o ponto de vista bacteriológico, é em geral superior àquela das águas superficiais; ocorre o contrário quando estas são analisadas sob o ponto de vista químico.

Ao compararmos os grandes aproveitamentos dessas duas formas de mananciais no Nordeste semi-árido, constatamos que:

- 1) A exploração dos recursos hídricos de superfície exige um grande investimento inicial, mesmo que se faça por etapas, enquanto as águas subterrâneas podem ter seus sistemas expandidos à medida que seja necessário, sem grandes investimentos iniciais. Por outro lado, a variabilidade dos recursos hídricos de superfície é bem maior, e, aliada à evaporação intensa dos reservatórios, causa baixa eficiência operacional (o DNOCS estima que a disponibilidade efetiva anual de seus reservatórios seja apenas 1/5 de sua capacidade de acumulação).

- 2) As águas subterrâneas, por sua vez, apresentam as seguintes vantagens:
- não criam reservatórios, e, portanto, não afetam as condições do ecossistema;
  - eliminam-se quase totalmente as perdas por evaporação;
  - não sofrem eutrofização; e
  - são fontes mais permanentes, com baixa vulnerabilidade.

Entretanto, as águas subterrâneas são:

- mais facilmente contamináveis, sem que ocorra uma identificação imediata;
- atingem mais rapidamente seu limite de exaustão; e
- têm custos de bombeamento proporcionalmente maiores.

Sem dúvida, as águas subterrâneas são mais atrativas para pequenas concentrações de população e áreas irrigáveis de pequeno e de médio porte.

O cortejo econômico envolverá, portanto, a questão da captação (capacidade de armazenamento e vazão retirada) e da adução aos pontos de consumo (distância, desníveis e profundidades) entre as diversas fontes, para determinado nível de atendimento, em quantidade e padrões de qualidade, com certa garantia.

### 8.2.2 Medidas Financeiras

Para dar sustentação às ações que envolvem gerenciamento, planejamento e fortalecimento da infra-estrutura hídrica (especialmente no nível dos imóveis rurais), é indispensável a manutenção de instrumentos financeiros que assegurem, às atividades de monitoramento, controle e implementação de obras com certo grau de subsídio ou incentivo. Assim, propomos os seguintes instrumentos:

- financiamento, via crédito rural, de obras hídricas para imóveis rurais, individuais ou coletivos. Este deve assegurar uma fonte permanente de abastecimento para consumo humano e animal; simultaneamente, deve também fornecer uma fonte sazonal que garanta a produção agrícola e da piscicultura. A fonte permanente deve ter um *rebatimento* de 100%; isto é, o programa assumirá pelo menos os custos relativos à oferta de água para o consumo humano, como ocorre no México, por exemplo;



- financiamento dos projetos de irrigação do produtor rural com o uso de instrumentos semelhantes ao Decreto nº 2 032/83, que trabalhava dentro de limites orçamentários, sem contribuir para o processo inflacionário;

- criação de um fundo especial para monitoramento dos recursos hídricos, a partir da cobrança de uma tarifa de água bruta; e

- desenvolvimento de um conjunto de mecanismos que assegurem um mercado de direitos de água, principalmente onde o direito ao uso já se tornou uma tradição, como ocorre na região do Cariri, no Ceará; e nas bacias do rio Contas e Paraguaçu, na Bahia. Esse mercado poderá ser mais vantajoso para o pequeno produtor, que geralmente é mais exposto à perda do acesso à água no caso de escassez, e o que menos dispõe de recursos. No caso de direitos bem definidos, haverá menor número de conflitos entre os atuais e novos usuários. Às vezes, é preferível comprar os direitos de água de produtores que a usam em irrigação, para atender a crescentes demandas urbanas, do que dotar a região de legislação específica que priorize a água para consumo humano. Na recente crise de abastecimento de água da região metropolitana do Recife, tentou-se estabelecer dispositivos jurídicos que obrigassem os agricultores de Natuba a reduzir a irrigação para que se desviasse parte dos deflúvios para a cidade.

### 8.3 POLÍTICAS DE CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

Uma política de controle da qualidade da água, em uma proposta de desenvolvimento sustentável, não pode ser dissociada dos aspectos quantitativos.

A qualidade de um determinado manancial depende da quantidade de água disponível, uma vez que a concentração de um poluente em um recurso hídrico é função de sua capacidade de diluição. A autodepuração de um manancial depende diretamente do seu volume de armazenamento ou de sua vazão de escoamento.

As políticas propostas visam possibilitar, à região, passar do atual estado de vulnerabilidade e não-sustentabilidade para a condição de desenvolvimento sustentável, no cenário futuro do projeto.

De forma mais específica, essas políticas têm como objetivos:

- o aproveitamento racional dos recursos naturais, garantindo-se a proteção dos ecossistemas relacionados com o meio hídrico;

- a utilização adequada dos recursos hídricos, mantendo-se a qualidade e quantidade necessárias a seus diversos usos, nos cenários atual e futuro;
- o manejo adequado do solo, de forma a minimizar seus impactos sobre os recursos hídricos;
- o controle preventivo e corretivo da poluição;
- a conservação da diversidade ecológica e a manutenção do equilíbrio natural;
- a recuperação de áreas degradadas;
- a definição de um sistema institucionalizado, para a implantação das medidas de controle; e
- o envolvimento da população na adoção das medidas conservacionistas.

Em resumo, as políticas a serem adotadas para a conservação da água na região semi-árida, no contexto de um programa de desenvolvimento sustentável, são as seguintes:

- *Levantamento Sanitário das Bacias Hidrográficas* — o objetivo principal é elaborar um diagnóstico da qualidade das águas dos mananciais hídricos, identificando suas principais fontes de poluição, bem como seus usos e capacidades de autodepuração, de forma que seja feito o enquadramento dos corpos de água nas classes definidas pela legislação específica.
- *Disciplinamento do Uso/Ocupação do Solo* — este deve considerar os aspectos naturais do meio físico que possam ter influência sobre os recursos hídricos. Será proposto o macrozoneamento de cada bacia hidrográfica.
- *Controle do Assoreamento* — deve ser associado a medidas de combate à erosão do solo, as quais integram as políticas relativas aos recursos naturais e meio ambiente.
- *Controle da Poluição* — consiste, entre outras providências, na implantação de sistemas de esgotamento, e é composto de redes coletoras e de estações de tratamento de efluentes. Controla a disposição do lixo e o uso de agrotóxicos.
- *Controle da Salinização* — neste, uma estratégia de monitoramento deve ser desenvolvida para buscar-se um rigoroso controle de concentração dos sais solúveis nos mananciais, principalmente nos períodos de seca.

- *Proteção das Nascentes* — consiste no estabelecimento de medidas para a proteção das florestas existentes nas nascentes, observando os dispositivos legais existentes (Lei Federal nº 7 754).

- *Proteção das Águas Subterrâneas* — será obtida por meio do controle da execução dos sistemas de disposição de resíduos sólidos e líquidos no solo, tais como fossas, aterro sanitário, lagoa de estabilização, entre outros, bem como por meio do disciplinamento do uso do solo nas áreas de recarga.

- *Suporte Jurídico-Institucional* — este deverá disciplinar a aplicação de todas as políticas, por intermédio de órgãos qualificados e legislação eficaz.

- *Controle de Perdas e Desperdícios* — objetiva reduzir as perdas e desperdícios nos sistemas de abastecimento da água, e deve ser de responsabilidade dos órgãos públicos e de toda a comunidade.

- *Educação Ambiental* — para que a população da região adote práticas conservacionistas na utilização e no manejo dos recursos naturais.

#### 8.4 POLÍTICA ESPECÍFICA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Conquanto na política de recursos hídricos seja indissociado o tipo de água, se superficial ou subterrânea, detalharemos algumas estratégias referentes às águas subterrâneas, distribuídas em distintas áreas: pesquisas, obras, recursos humanos e áreas institucional/legal:

##### *a) Em pesquisas, estudos e projetos:*

- aprimorar os conhecimentos sobre as reservas e recursos exploráveis das províncias hidrogeológicas do Nordeste, tendo em vista a definição das reais potencialidades e a elaboração de política de exploração dos aquíferos regionais;

- desenvolver novas metodologias para locação de poços em terrenos cristalinos, visando diminuir as taxas de insucesso relativas a poços secos e com águas salinizadas;

- pesquisar novas tecnologias para dessalinização de águas, a custos mais acessíveis e com volumes de água dessalinizada mais elevados;

- pesquisar novas tecnologias para a construção e complementação de poços, visando proporcionar maior eficiência ao sistema poço-bomba;

- desenvolver metodologias de estimulação de poços de reduzida vazão, sobretudo em rochas cristalinas fraturadas;
- estudar o problema de recarga dos aquíferos aluviais, no sentido de assegurar vazão regularizada nos sistemas de captação nestes instalados, sobretudo para o abastecimento d'água de pequenas comunidades;
- incentivar a pesquisa de novos materiais de revestimento e filtros de poços, para diminuir seus elevados custos sem afetar sua qualidade e eficiência;
- pesquisar fontes alternativas de energia para sistemas simplificados de bombeamento de poços;
- pesquisar metodologias apropriadas para projetos de barragens subterrâneas e barragens de assoreamento, visando melhor aproveitamento dos depósitos aluviais;
- desenvolver estudos de salinização de aquíferos costeiros; isto é, pesquisa da interface água doce/água salgada em aquíferos que já estejam sendo intensamente explorados na região costeira;
- pesquisar a poluição potencial e real em aquíferos nas áreas urbanas, industriais ou irrigáveis; e
- planejamento de uma política de uso racional dos recursos hídricos subterrâneos, em consonância com a potencialidade do aquífero, economicidade do sistema (custo do metro cúbico de água), proteção ambiental e relacionamento com as águas superficiais e meteóricas.

*b) Em obras de captação:*

- perfuração de novos poços em rochas cristalinas e sedimentares, mediante a locação tecnicamente correta e o emprego de métodos de perfuração adequados a cada formação geológica;
- recuperação de poços abandonados por meio: i) da estimulação do aquífero, nos casos de baixa vazão; ii) da manutenção corretiva do equipamento de bombeio, quando danificado; ou iii) da instalação de dessalinizadores, quando a água for salinizada;
- instalação de equipamentos de bombeamento nos poços já perfurados, preferencialmente nos que não requeiram energia elétrica ou combustível para acionamento de moto-bomba. Cite-se como, exemplo o uso de caravento;

- execução de poços rasos em áreas aluviais, do tipo mais adequado para cada caso: poço tubular, poço amazonas, poço coletor com dreno radial, galeria filtrante, etc.;
- construção de barragens subterrâneas com o uso de tipo mais adequado de septo para cada caso ou região: parede de pedra, septo de argila, lona plástica, estacas justapostas, etc.; e
- construção de barragens de assoreamento para que aumente o volume de aluviões e a água mais facilmente explorável se acumule.

*c) Em recursos humanos:*

- treinamento técnico para a formação de equipes de nível médio que auxiliem os geólogos nos estudos e acompanhamentos de obras de captação;
- treinamento, em nível de pós-graduação, em cursos de atualização concentrados, para melhoramento do nível de conhecimentos dos técnicos de nível superior; e
- realização de campanhas de formação de opinião pública, para melhor aproveitamento e preservação dos recursos hídricos subterrâneos.

*d) Nas áreas institucional e jurídica:*

- aprovar a lei federal e subsequentes leis estaduais de conservação e preservação das águas subterrâneas;
- elaborar a regulamentação e normatização dessas leis, a fim de que se tornem aplicáveis, inclusive, os critérios técnicos e legais para a outorga e a cobrança das águas subterrâneas;
- adequar em equipamentos, instalações e recursos humanos os órgãos gestores de recursos hídricos em cada estado do Nordeste, a fim de possibilitar o eficaz cumprimento das leis de proteção das águas subterrâneas, fiscalizar a execução de obras de captação e acompanhar a implantação de projetos.

## 8.5 MODELO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

A operacionalização de um modelo de gerenciamento de recursos hídricos para o Semi-Árido do Nordeste deverá estar calcada em instrumentos administrativos, institucionais, legais e financeiros. É indiscutível o esforço ora realizado por várias instituições e segmentos da sociedade no sentido de se estabelecer, no país, um Sistema Integrado de Gerencia-

mento de Recursos Hídricos. Conflitos com o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), e mesmo com o Sistema de Irrigação (Lei nº 6 662/79) e o Sistema de Saneamento (Projeto-Lei nº 199/93) complicam o encaminhamento de uma solução negociada dos conflitos legais.

Uma proposta do Poder Executivo tramitou no Congresso desde 1991 (PL nº 2 249/91), e recentemente foi aprovada e promulgada (Lei nº 9 433/97).

A questão predominante no gerenciamento dos recursos hídricos passou a ser o arranjo institucional, dada a própria característica do recurso natural *água*, que configura vários candidatos a seu uso. A postergação das soluções legislativas está associada à divisão de poder entre energia, meio ambiente e irrigação.

Qualquer proposta em nível federal poderá fracassar, pelas posições radicais que colocam o poder setorial acima de qualquer ação concertada. Por isso, torna-se complexo proceder-se a uma análise das propostas atuais, inscritas no âmbito de um desenvolvimento sustentável. A experiência do Estado do Ceará parece ser interessante; entretanto, a conjuntura política (continuidade político-partidária) não garante que uma mudança de lado político não venha a alterar profundamente o quadro institucional, como tem ocorrido em outros estados e até mesmo no nível federal, que tem encaminhado as questões institucionais e legais como se fosse uma administração de transição.

Mesmo no caso do Estado do Ceará, constata-se a importância que é dada pela equipe técnica às pressões do Banco Mundial, em um contrato de financiamento de um programa estadual de recursos hídricos.

Alguns pontos básicos parecem constituir consenso em todas as discussões:

- em nível federal, é indispensável a implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, prevista na Constituição Federal de 1988 e com estrutura colegiada interministerial, além da constituição dos comitês de bacias hidrográficas;

- em nível estadual, é recomendável a criação da Secretaria Estadual de Recursos Hídricos (nos estados onde não existe), e a implantação dos Sistemas Integrados de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com es-

estrutura colegiada de coordenação. Devem-se também instituir os comitês estaduais de bacias hidrográficas,

– a criação de um processo de outorga e fiscalização das concessões de uso de águas superficiais e subterrâneas, bem como a cobrança de tarifa de água bruta, são questões consensuais, havendo divergências apenas na forma de aplicação e cálculo de valores. As questões ligadas ao mercado de água e repartição de custos em obras de múltiplos fins demandarão, talvez, uma discussão mais ampla, pela experiência praticamente nula existente na região e no país.

Do conjunto das propostas e discussões emergem algumas questões às quais sugerimos encaminhamento de curto prazo:

– As áreas científicas e técnicas deveriam ser rapidamente articuladas, com o envolvimento de universidades e órgãos estaduais e regionais de investigação, pesquisa e coleta de dados básicos, identificando-se os centros emergentes de excelência em pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Esses centros deverão ter atuação regional nas questões para as quais tendem a possuir excelência. Estes também deverão ser estimulados e orientados para suprir algumas lacunas de especialização, mediante formação em nível de doutoramento e pós-doutoramento. Qualquer cooperação técnica de universidades estrangeiras deverá atuar nessa linha. Destaque-se aqui a questão da gestão dos recursos hídricos.

– Deve haver a formação de quadros nos órgãos estaduais e regionais de investigação e avaliação de recursos hídricos, envolvendo pessoal de nível médio e pessoal de nível superior especializado. Nessa proposta, caberá aos órgãos estaduais aplicar metodologias desenvolvidas ou adaptadas pelos centros de excelência, proceder a suas avaliações e manter um sistema permanente de demanda de novos métodos, em função dos problemas encontrados.

– Deve-se buscar um estímulo ao desenvolvimento de formação de pós-graduação em nível de aperfeiçoamento e mestrado, nas áreas de excelência identificadas pelas comunidades técnicas.

## 8.6 LINHAS DE AÇÃO E PROGRAMAS

Tendo em vista que os objetivos gerais da nova política estão associados à obtenção e manutenção de padrões *desejáveis* de sustentabilidade e

de padrões *toleráveis* de vulnerabilidade, podemos distinguir seis grandes linhas de ação, desdobradas em programas específicos.

#### 8.6.1 Linhas de Ação

- Preservação Hidroambiental e Conservação da Água;
- Controle e Uso Otimizado das Disponibilidades;
- Ampliação Racional da Oferta;
- Capacitação de Recursos Humanos;
- Desenvolvimento Tecnológico; e
- Institucionalização de um Sistema Regional de Gestão.

##### *Preservação Hidroambiental e Conservação da Água*

- Proteção dos ecossistemas e do hidroambiente;
- Manejo adequado do solo, de forma a minimizar seus impactos sobre os recursos hídricos;
- Controle corretivo e preventivo da poluição;
- Conservação da diversidade ecológica e manutenção do equilíbrio natural;
- Recuperação das áreas degradadas;
- Minimização do processo de desertificação;
- Disciplinamento do uso e ocupação do solo;
- Controle da erosão e do assoreamento;
- Controle da salinização dos mananciais;
- Proteção das nascentes;
- Proteção das águas subterrâneas;
- Controle de perdas e desperdícios; e
- Educação ambiental.

##### *Controle e Uso Otimizado das Disponibilidades*

- Aproveitamento sazonal das disponibilidade hídricas, no atendimento à *demanda difusa*;



- Adaptação de dessalinizadores economicamente viáveis à região; e
- Realização de estudos e pesquisas com vistas ao melhor conhecimento da hidrologia do Semi-Árido e, conseqüentemente, ao desenvolvimento de tecnologias apropriadas à região.

#### *Institucionalização de um Sistema Regional de Gestão*

- Criação de uma Comissão Regional de Águas, com participação da União e dos estados do Nordeste;
- Instalação gradativa de Comitês de Bacias Hidrográficas, seja em bacias federais, seja em bacias estaduais;
- Estimulo à formação de rede de bacias, associadas por região ou por estado;
- Desenvolvimento de modelos de gerenciamento de bacias apropriados ao Semi-Árido, associando, indissoluvelmente, o monitoramento hidroambiental ao monitoramento climático, com sistemas de alerta voltados tanto para as cheias quanto para as secas;
- Adoção de mecanismos de cooperação eficazes entre estados e União, de forma a viabilizar, sem perda da autonomia dos estados, a atuação atribuída pela própria Constituição ao governo federal, principalmente nas áreas de calamidade;
- Promoção da regulamentação da Constituição Federal e constituições estaduais, no que diz respeito aos recursos hídricos e sua gestão;
- Implantação do princípio do usuário-pagador e do poluidor-pagador, bem como a instalação de um mercado de direitos de água, compatível com o valor econômico dos recursos hídricos e com o caráter social que representa no atendimento às necessidades básicas da população carente do Nordeste; e
- Criação de fundo especial para gerenciamento hídrico, a partir de cobrança de tarifa de água.

#### 8.7 PROGRAMAS PRIORITÁRIOS

Apresentamos, a seguir, algumas sugestões de programas a serem desenvolvidos, considerados absolutamente prioritários para a busca da

sustentabilidade hídrica e do conseqüente desenvolvimento sustentável do Semi-Árido:

- Programa de Desenvolvimento Institucional;
- Programa de Capacitação de Recursos Humanos;
- Programa de Preservação Hidroambiental e Conservação da Água;
- Programa de Monitoramento e Controle de Sistemas Hídricos;
- Programa de Aproveitamento Integrado das Disponibilidades Hídricas Superficiais e Subterrâneas;
- Programa de Ampliação da Oferta Hídrica Rural para o Abastecimento Humano;
- Programa de Ampliação do Abastecimento e Esgotamento Sanitário Urbano;
- Programa de Irrigação para o Pequeno Produtor;
- Programa de Irrigação Empresarial; e
- Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico.





## Conclusões e Recomendações



## Capítulo 9

### Conclusões e Recomendações

#### SUMÁRIO

9.1 No Campo do Planejamento	239
9.2 No Campo do Gerenciamento	240
9.3 Quanto à Qualidade e Conservação da Água	241



### 9.1 NO CAMPO DO PLANEJAMENTO

Da análise dos indicadores de sustentabilidade para a situação atual e para os cenários tendencial, desejável e de mudanças climáticas, constatou-se a existência de várias Unidades de Planejamento — constituídas por uma bacia ou conjunto de bacias — que apresentam situações de insustentabilidade nos seus processos de desenvolvimento, em razão de restrições quantitativas de natureza hídrica. Esse quadro certamente será agravado quando forem incorporadas restrições qualitativas para o uso dos recursos hídricos.

Ressalte-se a necessidade de os governos federal e estaduais desenvolverem esforços maiores para a ampliação do abastecimento d'água das cidades da região, tendo em vista que, em 1991, ainda existiam 123 sedes municipais que não contavam com sistema de abastecimento de água.

O estudo da sustentabilidade do desenvolvimento da região Nordeste, do ponto de vista dos recursos hídricos, bem mostra a necessidade de a região dispor de um Plano de Recursos Hídricos de longo prazo.

O plano proposto deverá ser detalhado em nível de estado, com a elaboração, pelos governos estaduais, de seus Planos Estaduais de Recursos Hídricos.

O Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil, elaborado pela SUDENE em 1980, com financiamento da Secretaria de Planejamento da Presidência da República (SEPLAN), por meio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), deve ser considerado como um marco de referência para a elaboração desse plano regional e dos planos estaduais.

O objetivo principal do PLIRHINE estava relacionado ao equilíbrio e à ordenação das demandas e disponibilidades de recursos hídricos, no horizonte de planejamento considerado (ano 2000).

O plano a ser elaborado deverá orientar o processo de tomada de decisões, com base em alternativas de ações que busquem o equilíbrio quantitativo e qualitativo do balanço *demandas x disponibilidades*, evitando que os recursos hídricos venham se converter em um fator limitante ao desen-



volvimento econômico e social da região Nordeste. Os princípios básicos do desenvolvimento sustentável devem constar de sua elaboração.

O desenvolvimento dos recursos hídricos deverá ser, portanto, suficiente para alocar tais recursos oportunamente, no tempo e no espaço, de modo a atender às solicitações das demandas projetadas.

Finalmente, o plano regional também deverá detalhar as ações sob responsabilidade do governo federal e as sob responsabilidade dos governos estaduais.

## 9.2 NO CAMPO DO GERENCIAMENTO

Os resultados dos estudos indicaram que: *i)* em diversas regiões do Semi-Árido, a demanda por água está em situação crítica; *ii)* a tendência atual é de aumento desse número de regiões críticas; *iii)* apesar das ações federais na construção de açudes na região (a denominada fase hidráulica), ainda existe um potencial a ser explorado nesse campo; *iv)* no cenário de mudanças climáticas, como prognosticado, haverá aumento da frequência das secas edáficas e redução na capacidade de regularização das águas dos açudes; *v)* para o conhecimento de sua hidrologia, o Semi-Árido requer uma quantidade maior de informações do que as regiões úmidas; e *vi)* apesar dessa maior demanda, existe deficiência de informações hidrológicas e climatológicas, e estas necessitam de maior atenção por parte da administração pública.

A reversão do cenário tendencial para um cenário desejado deve dar-se por intermédio de dois tipos de ações principais: primeiro, na infraestrutura hídrica para reforçá-la, antever seus impactos e realizar um monitoramento ambiental e operacional; segundo, atuando fortemente no campo do gerenciamento dos recursos hídricos, para aumentar a eficiência do uso das águas.

No campo do gerenciamento das águas, várias são as diretrizes recomendadas, como, por exemplo:

- participação da sociedade nos processos de decisão, construção e operação da infraestrutura hidráulica;
- realização de estudos prospectivos da evolução da disponibilidade dos açudes, tendo em vista ações antrópicas que podem resultar em decréscimo da eficiência dos açudes (como o assoreamento da bacia hidráulica);

- ampliação e reorganização da rede de coleta de informações hidrometeorológicas;
- aumento do nível de exigência dos estudos hidrológicos e ambientais que precedem a implantação de novas obras hidráulicas (inclusive barragens), para cotejar a interferência das obras novas com as já existentes;
- aprofundamento dos estudos relativos aos efeitos das possíveis mudanças climáticas sobre as secas e os sistemas hídricos do Semi-Árido;
- redefinição do papel dos órgãos federais no Nordeste;
- ampliação da cooperação União/estados e entre os ministérios setoriais envolvidos na gestão dos recursos hídricos;
- estabelecimento de mecanismos de outorga e cobrança pelo uso da água, bem como a gradativa implantação de um sistema de mercado de direitos da água, sem prejuízo do atendimento às necessidades básicas das populações carentes; e
- desenvolvimento, em nível regional e estadual, de sistemas integrados de gerenciamento dos recursos hídricos, com o estabelecimento de prioridades de uso, rateio de custos e modelos de gestão compartilhada de bacias.

### 9.3 QUANTO À QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

Reúnem-se aqui algumas diretrizes recomendadas:

- foi reconhecido como crucial o problema do saneamento básico. É necessário um agressivo programa para reverter o quadro de extrema carência que atinge vasto contingente populacional;
- evidenciou-se a estreita relação entre água, solo e plantas, bem como a indissociabilidade entre gestão hídrica e gestão ambiental;
- enfatizou-se que uma política de preservação passa por programas de controle do desmatamento, da erosão e do assoreamento dos corpos d'água;
- reconheceu-se a importância do zoneamento econômico-ecológico, associado a uma política de ocupação e uso do solo, no controle e conservação dos recursos hídricos.



# Anexo

## SUMÁRIO

- 1 Introdução
- 2 Importações de Água da Bacia do Tocantins
- 3 Transposição de Águas do Rio São Francisco
- 4 Planejamento das Obras e Aproveitamentos
- 5 Outros Benefícios Além da Irrigação
- 6 Considerações Ambientais e Sociais
- 7 Conflito com a Geração de Energia
- 8 Confronto entre a Irrigação no Vale do São Francisco e a Transposição
- 9 Vantagens e Desvantagens da Transposição



## TRANSPOSIÇÃO DE ÁGUAS DO RIO SÃO FRANCISCO

### 1 Introdução

A idéia da transposição de águas do Rio São Francisco vem sendo levantada desde meados do século passado. Entre 1980 e 1990, o assunto foi objeto de estudos realizados pelo extinto DNOS, os quais servem de base para o presente relatório.

### 2 Importações de Água da Bacia do Tocantins

Para dirimir dúvidas, foi inicialmente executado por Hidroplan Engenharia S.A. (1982) um estudo preliminar sobre a transposição de águas da bacia do Rio Tocantins para o Nordeste, abrangendo seis alternativas.

As cinco primeiras opções contemplam a captação de água no reservatório de uma barragem prevista para instalação de usina hidrelétrica no Rio Tocantins, em local próximo à cidade de Carolina (MA).

O sistema adutor é constituído por canais em quase toda sua extensão, com várias estações de bombeamento para vencer desníveis.

A alternativa mais longa atinge as bacias do Acaraú e do Jaguaribe, no estado do Ceará, passando pelas bacias de afluentes do Rio Parnaíba. A descarga total seria  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ ; o custo total estimado equivaleria a US\$  $9\,000 \times 10^6$ ; e o custo de água foi avaliado em US\$  $0,22/\text{m}^3$ .

As demais alternativas seguem a mesma diretriz, mas são menores: só atingem bacias de tributários do Rio Parnaíba, no estado do Piauí, e, portanto, aduzem menos água. A mais econômica forneceria água a um custo de US\$  $0,13/\text{m}^3$ .

A sexta alternativa consiste na transposição de águas de rios formadores do Rio Novo, da bacia do Rio do Sono (afluente do Tocantins), para o Rio Sapão, tributário do Rio Preto, da bacia do Rio Grande, afluente do Rio São Francisco. Do Rio Preto, as águas são transferidas para a bacia do Rio Gurguéia, e desta para o Rio Itauciras, ambos da bacia do Rio Parnaíba.

Prevê-se retirar 65,5 m<sup>3</sup>/s da bacia do Rio Novo e 20,0 m<sup>3</sup>/s da bacia do Rio Preto, destinando-se 60,0 m<sup>3</sup>/s para o vale do Gurguéia e 25,5 m<sup>3</sup>/s para o vale do Itaueiras. Os investimentos para atingir a bacia do Gurguéia foram orçados em US\$ 1 138 x 10<sup>6</sup> e o custo da água foi avaliado em US\$ 0,06/m<sup>3</sup>. Para ir até a bacia do Itaueiras seria necessário um investimento adicional de US\$ 356 x 10<sup>6</sup> e o custo da água alcançaria US\$ 0,11/m<sup>3</sup>.

O custo da água em todas as alternativas é muito alto, com exceção da transposição para a bacia do Gurguéia, a qual, entretanto, já possui grandes disponibilidades hídricas naturais não utilizadas.

### 3 Transposição de Águas do Rio São Francisco

Foi estudado um sistema de adução para levar água do Rio São Francisco para o Semi-Árido dos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, pelo Consórcio Noronha-Hidroterra (1985).

Inicialmente, examinou-se a possibilidade de fazer-se a captação da água no reservatório da barragem de Sobradinho. Entretanto, essa solução revelou-se muito dispendiosa.

● local adotado para captação fica no Rio São Francisco, um pouco a montante da cidade de Cabrobó.

O segmento inicial do sistema adutor desenvolve-se na bacia do Riacho Terra Nova, passando pelas proximidades da cidade de Salgueiro (PE), e transpõe o divisor de águas entre as bacias do São Francisco e do Jaguaribe, em local não muito afastado da cidade de Jati (CE).

O primeiro trecho desse segmento é constituído por uma sucessão de canais, reservatórios de barragens e aquedutos, que formam três degraus, com desnível total de 160m, vencidos por estações de bombeamento. A seguir, um longo trecho em canal, um túnel com 1 400m de extensão e outro trecho em canal transpõem o divisor de águas e atingem a bacia do Jaguaribe, no Riacho dos Porcos.

As águas transpostas escoam para o leito do Rio Salgado, onde está prevista a construção de uma barragem próxima à cidade de Aurora, que deriva parte das águas para a bacia do Rio Piranhas, no estado da Paraíba, por meio de um sistema adutor formado por canais, túneis e aquedutos, com estações elevatórias. As águas derivadas escoam pelo leito do Rio Pi-

ranhas até a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no Estado do Rio Grande do Norte.

As águas que continuam descendo o Rio Salgado chegam no Rio Jaguaribe, onde se prevê construir a barragem de Castanhão. A partir dessa barragem está prevista uma derivação para a Chapada do Apodi.

São amplamente utilizados, nesse sistema adutor, os leitos dos cursos d'água naturais.

O sistema foi dimensionado para aduzir até  $330 \text{ m}^3/\text{s}$ , para atender à demanda máxima, estimando-se em  $250 \text{ m}^3/\text{s}$  a descarga média a retirar-se do Rio São Francisco ao final da implantação das obras.

Um estudo preliminar feito por Pfafstetter (1983) mostrou ser possível elevar as descargas regularizadas pelas barragens existentes e a construir nas bacias receptoras da transposição (de  $42,0 \text{ m}^3/\text{s}$  para  $82,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ), mas é necessário, em contrapartida, aumentar em  $8,0 \text{ m}^3/\text{s}$  a capacidade máxima de captação no Rio São Francisco.

Uma possível compensação para as perdas de água da bacia do São Francisco, causadas pela transposição, seria a importação de água dos formadores do Rio Novo, na bacia do Tocantins, para o rio Sapão, na bacia do São Francisco. De acordo com a sexta alternativa de transposição de águas da bacia do Tocantins, mencionada no item anterior, poderia-se importar para a bacia do São Francisco, a um custo razoável, uma descarga não superior a  $65 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 4 Planejamento das Obras e Aproveitamentos

Com auxílio de modelo matemático Otimização Dinâmica de Projetos (ODIPRO), o Consórcio Hidroservice-PRC (1985) realizou um estudo da transposição do São Francisco, para definir as áreas a serem irrigadas, as alternativas de adução a serem adotadas, o dimensionamento mais conveniente do sistema adutor e o escalonamento da implantação das obras e das áreas irrigadas.

Foram adotados dois princípios básicos:

– O suporte econômico do empreendimento proviria da irrigação, e a principal restrição à expansão das áreas irrigadas seria devida às limitações dos mercados consumidores dos produtos agrícolas de alto valor – os úni-



cos capazes de produzir rendimentos que justificassem economicamente os investimentos e despesas necessários para a transposição das águas.

- A implantação do sistema adutor teria de ser escalonada, de modo a só serem realizados os investimentos na medida em que houvesse pronta utilização para as águas a serem aduzidas pelas obras.

O plano ótimo encontrado por meio do modelo é constituído por dez etapas trienais, com implantação anual de aproximadamente 22 mil ha de novas terras irrigadas, totalizando 661 500 ha em trinta anos, que foi o horizonte de tempo escolhido.

O plano prevê instalar, sucessivamente, os projetos de irrigação de Piranhas (Tabuleiros), Margem Direita (RN), Chapada do Apodi (CE e RN), Várzeas de Souza (PB), Baixo Jaguaribe (CE), diversas várzeas menores, e, finalmente, os projetos Piranhas (Tabuleiros), Margem Esquerda (RN) e Baixo Açu (RN).

Constatou-se ser possível, nas primeiras três etapas, expandir a área irrigada com uso exclusivo dos recursos hídricos locais, não sendo necessária nenhuma obra de transposição.

● investimento total orçado para o sistema adutor é da ordem de US\$ 1 800 x 10<sup>6</sup>. Os investimentos necessários para implementar-se a irrigação montam em, aproximadamente, o dobro dessa quantia. O investimento por hectare irrigado, levando-se tudo em conta, inclusive o sistema da transposição, é da ordem de US\$ 8 500/ha (a preços de junho de 1984).

Foi efetuada uma análise econômica a partir do valor de mercado da produção agrícola e todos os outros benefícios da transposição (pequenos valores). Para a taxa de desconto de 12% foi obtida uma relação benefício-custo de 1,6 (exceto as perdas acarretadas na geração de energia do sistema CHESF), e 1,5, se incluídas essas perdas.

#### 5 Outros Benefícios Além da Irrigação

As águas transpostas propiciarão usos como pesca, recreação e turismo, cuja expressão econômica, entretanto, é diminuta.

Foram previstos aproveitamentos hidrelétricos com geração média anual, total, superior a 1 milhão de MWh.

Um benefício de amplo alcance social é a garantia do abastecimento de água, independentemente das secas, a cerca de duzentos núcleos urbanos da área de influência da transposição.

A própria capital do Estado do Ceará ficou habilitada a receber águas do Rio São Francisco, caso se concretize a transposição, graças ao Canal do Trabalhador, recentemente construído, que liga o Rio Jaguaribe ao sistema de açudes que abastecem Fortaleza.

O principal benefício social (não incluído na análise econômica) é a geração de empregos, estimada como se segue:

Empregos nas áreas irrigadas: 760 mil

Empregos nas agroindústrias: 20 mil

Empregos indiretos: 420 mil

Total: 1 200 000 empregos

## 6 Considerações Ambientais e Sociais

Encontra-se atualmente em execução um amplo estudo ambiental sobre a transposição do Rio São Francisco.

É de se esperar que, além de alguns efeitos especificamente decorrentes da transposição de águas, sejam apontados problemas típicos dos projetos de irrigação, para os quais já existem soluções bem definidas.

De acordo com Pessoa e Galindo (1989), um grande desafio a ser enfrentado é a necessidade de propiciar aos moradores das áreas beneficiadas, e aos migrantes que para lá acorrerem, condições que lhes permitam aproveitar adequadamente as oportunidades proporcionadas pela transposição.

## 7 Conflito com a Geração de Energia

As retiradas de água do Rio São Francisco, seja para a transposição, seja para a irrigação, a montante do conjunto de usinas hidrelétricas da CHESF, diminuem a energia firme daquelas usinas.

- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE. *Our Common Future*. New York: Oxford University Press, 1987.
- CONDEPE. *Projeto Asa Branca: avaliação e sugestões*. Recife: Secretaria do Planejamento de Pernambuco, 1982. 90p. mapas.
- CONSÓRCIO HIDROSERVICE - PRC ENGINEERING. *Influência da Irrigação sobre a Geração de Energia Elétrica no Vale do Rio São Francisco*. São Paulo, 1986.
- \_\_\_\_\_. *Plano de Ação para Irrigação do Nordeste Semi-Árido Complementada com Águas do Rio São Francisco*. Relatório Final. São Paulo, 1985.
- CONSÓRCIO NORONHA – HIDROTERRA. *Derivação de Água do Rio São Francisco para a Região Semi-Árida do Nordeste*. Sistema Adutor Principal. Rio de Janeiro, 1985.
- \_\_\_\_\_. *Estudos de Previabilidade para Transposição de Águas do Rio São Francisco para os Estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte*. Rio de Janeiro, 1982.
- \_\_\_\_\_. *Estudos de Alternativas de Traçado dos Sistemas Adutores para a Transposição de Água do Rio São Francisco para a Região Semi-Árida do Nordeste*. Rio de Janeiro, 1983.
- CPRH. *Qualidade das Águas. Bacia do Rio Capibaribe*. Recife, 1991.
- CRUZ E MELO, F. A. F. *Estudo Geoquímico Preliminar das Águas Subterrâneas do Nordeste do Brasil*. Recife: SUDENE, 1968. Série Hidrogeológica, 19.
- \_\_\_\_\_. *Estudo Geoquímico Preliminar das Águas Subterrâneas do Nordeste do Brasil*. Recife: SUDENE, 1974. Série Hidrogeológica, 19.
- \_\_\_\_\_. *Zoneamento Químico e Salinização das Águas Subterrâneas do Nordeste do Brasil*. Recife: SUDENE, 1969. p. 1-4. Bol. Rec. Nat., 7.
- DACACH, N. G. *Sistemas Urbanos de Esgoto*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984.
- DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Ciência e Tecnologia. Relatório Final - *Comissão de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento do Nordeste*. Brasília, 1992.
- DUQUE, J. G. *Solo e Água no Polígono das Secas*. 4. ed. Fortaleza: DNOCS, 1975. Publicação 154, Série I-A.

- DUQUE, José Guimarães. *Solo e Água no Polígono das Secas*. 1980. Coleção Mossoroense, v. CXLII.
- FIPE. *Projetos de Irrigação. O Custo de Transformação Social*. São Paulo: PRONI, 1988.
- FRFIRE, C. et alii. *Algumas Características Isotópicas e Químicas dos Aquíferos Superficiais e Profundos da Região de Iguatu-Ceará*. Revista Brasileira de Geociências. 13(4). 1983.
- FRÖITZHEIM, A., FARIAS, J.C.M., DUTRA., P.R.J., ALMEIDA, S.B. *Avaliação do Impacto da Utilização Alternativa das Águas do Rio São Francisco sobre o Sistema Hidrelétrico da Bacia*. VII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 1987.
- FUNCEME. *Áreas Degradadas Susceptíveis aos Processos de Desertificação no Estado do Ceará-Brasil*. In: ICID - *Impactos de Variação Climática e Desenvolvimento Sustentável em Regiões Semi-Áridas*. Fortaleza, 1992.
- GLEICK, P. *Vulnerability of Water Systems in Climate Change and U.S. Water Resources*. Ed. by Paul E. Waggoner. 1989.
- \_\_\_\_\_. *Vulnerability of Water Systems*. In: P.E. Waggoner (ed.) *Climate Change on U.S Water Resources*. New York: Willey, 1990.
- GRANZIERA, Maria Luiza. *Dirito de Água e Meio Ambiente*. S. Paulo: Icone, 1993.
- GUERRA, P. de B. *A Civilização da Seca*. Fortaleza: DNOCS, 1981.
- GUERRA, Phelippe, GUERRA, Theophilo. *Secas contra a Seca*. Coleção Mossoroense, v. XXIX.
- HIDROPLAN S.A. *Estudo sobre a Transposição de Águas da Bacia do Rio Tocantins para o Nordeste Semi-Árido*. Relatório Final. Rio de Janeiro, 1982.
- IBGE. *Censo Demográfico de 1991*. Rio de Janeiro, 1991.
- \_\_\_\_\_. *Produção da Pecuária Municipal*. Rio de Janeiro, 1988.
- IICA. *Políticas de Desenvolvimento Sustentável no Nordeste Semi-Árido*. Relatório. Brasília, 1994.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *Normais Climatológicas (1961-1990)*. Brasília, 1992.

- LARAQUE, A. *Simsal: Um Modelo de Previsão de Salinização dos Açudes no Nordeste Brasileiro*. VIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 1989. v. 2.
- LEAL, J. M. *Estudo Geológico e Hidrogeológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú*. Recife: SUDENE, 1966. Série Hidrogeológica, 7.
- MAGALHÃES, Antônio Rocha. *Projeto Áridas - Resumo Executivo*. Brasília, 1994.
- \_\_\_\_\_. *Projeto Áridas - Resumo Executivo*. Brasília, DF. 1994.
- \_\_\_\_\_. *Um Estudo de Desenvolvimento Sustentável do Nordeste Semi-Árido*. Seminário sobre a Economia da Sustentabilidade. Recife, 1994.
- MAGALHÃES, A.R., Glantz, M.H. *Socioeconomic Impacts of Climate Variations and Policy Response in Brazil*. United Nations Environment Program. Secretaria do Planejamento do Estado do Ceará e Fundação Esqucl do Brasil, 1992.
- MARANHÃO. SEMATUR. *Diagnóstico dos Principais Problemas Ambientais do Estado do Maranhão*. São Luís, 1991.
- MATOS, A. G. *Bases Referenciais para um Modelo de Gestão do Desenvolvimento Sustentável do Nordeste*. Recife, 1994.
- MAVIGNIER, A. L. *Estudo Físico, Químico e Bacteriológico do Rio Cocó*. Fortaleza, 1992. Dissertação (Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará.
- MEDEIROS, I, Souza, I. *A Seca do Nordeste: um falso problema*. Petrópolis: Vozes, 1988. 161p. Anexo.
- MENTE, A. *Mapa Hidrogeológico do Brasil*. Brasília: DNPM/MME, 1983.
- MILLAR, Agustín. *O Gerenciamento dos Recursos Hídricos e o Mercado de Águas*. Brasília: MIR/SEPLAN, 1994.
- MINTER. *Plano Integrado para o Combate Preventivo das Secas no Nordeste*. Brasília, 1973. Série Desenvolvimento Regional, n. 1.
- MINTER/DNOCS. *Relação de Açudes Públicos Construídos pelo DNOCS por Bacias*. Fortaleza, 1994.

- MINTER/SUDENE. *Programa de Irrigação do Nordeste – PROINE*. Recife, 1986.
- MIR/SEPLAN. *Seminário de Irrigação, Política de Águas e Implicações Legais*. Brasília, 1993.
- MIRANDA, R. N. *Avaliação do Projeto Nordeste e do Programa de Apoio ao Pequeno Produtor - Rcv. Econ. Nord. Fortaleza*, v. 22. n.1/4, p. 9 – 45, 1991.
- MOTA, S. *Preservação de Recursos Hídricos*. Rio de Janeiro: ABES, 1988.
- MÜLLER, Sabine *et al.* *Sostenibilidad de la Agricultura y los Recursos Naturales - Bases para Establecer Indicadores*. San José: IICA/GTZ, 1993.
- NOBRE, Paulo. *Cenários de Mudanças Climáticas sobre o Nordeste. Projeto Áridas*.
- O'RIORDAN, T. *Perspectives on Resources Management*. London, 1971.
- PARAÍBA. Secretaria do Planejamento. Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Disponibilidades Hídricas do Estado da Paraíba*. Relatório Conclusivo. Campina Grande, 1994.
- \_\_\_\_\_. Secretaria de Recursos Hídricos. Projeto Canaã. *O homem, a Terra, a Água, a Vida: diretrizes e metas*. João Pessoa, 1983.
- PAULINO, Francisco de Sousa. *Nordeste, Poder e Subdesenvolvimento Sustentado – discurso e prática*. Fortaleza: UFC, 1992.
- PEREIRA *et al.* *Qualidade de Água para Irrigação no Seridó-RN*. IX Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. 1990.
- PESSOA, D., GALINDO, O. *et alii*. Fundação Joaquim Nabuco. *Transposição do Rio São Francisco, a Dimensão Socioeconômica*. Recife: Massangama, 1989.
- PEFSTETTER, O. *Operação Econômica dos Açudes do Nordeste*. Rio de Janeiro, 1983.
- PIAUI. Secretaria do Planejamento. *Síntese dos Projetos de Irrigação, Barragens e Suporte Elétrico em Algumas Áreas de Irrigação do Piauí*. Teresina, 1992.

- PIAUI. Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Recursos Hídricos. *Diagnóstico Preliminar sobre os Recursos Hídricos do Estado do Piauí*. Teresina, 1994.
- PLANVASE. *Plano Diretor para o Desenvolvimento do Vale do São Francisco*. Brasília: CODEVASE, 1985.
- REBOUÇAS, A de C. *Recursos Hídricos: as águas subterrâneas no Brasil*. Brasília: CNPq, 1978.
- REBOUÇAS, A de C., GASPARY, J. *As Águas Subterrâneas do Nordeste: estimativas preliminares*. Recife: SUDENE, 1971. Série Hidrogeologia, n. 6
- REDCLIFT, M. *Sustainable Development - Exploring the Contradictions*. London: Methuen, 1990.
- RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Fazenda e Planejamento. *Açudes Públicos do Estado do Rio Grande do Norte. Características Físicas e Técnicas*. Natal, 1991.
- \_\_\_\_\_. Secretaria de Fazenda e Planejamento. *Inventário do Espelho d'água Superficial do Estado do Rio Grande do Norte*. Natal, 1993.
- RODRIGUES, Celio. *Do Gerenciamento de Recursos Hídricos à Gestão de Bacias Hidrográficas e do Desenvolvimento Sustentável*. Brasília: SEPLAN - PRISPA, 1993.
- SALATI, E., LEAL, J. M., MENDES CAMPOS, M. Environmental Isotopes Used. In: A Hydrogeological Study of Northeastern Brazil. In: *Isotope Techniques in Groundwater Hydrology*. Vicua, IAEA, v. 1, 1974, p. 259-283.
- SANTIAGO, M. M. F. *Mecanismos de Salinização em Regiões Semi-Áridas*. Estudo dos Açudes Pereira de Miranda e Caxitoré no Ceará. São Paulo: 1984. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SCHMANDT, J. *Sustainable Development of Water Resources on the Texas - México Border (xerox)*. Texas: HARC, 1994.
- SERGIPE. Secretaria da Irrigação e Ação Fundiária/COHIDRO. *Características Técnicas das Barragens da Ribeira, Governador Dionísio Machado e Jacarecica*. Aracaju, 1994.

- SEPLAN/IICA. *Variabilidade Climática e Planejamento da Ação Governamental no Nordeste Semi-Árido - Avaliação da Seca de 1993*. Relatório Final. Brasília, 1994.
- SIQUEIRA, H. B. et al. *Contribuição ao Estudo Isotópico e Químico dos Aquíferos da Região de Frecheirinha-Ceará*. Revista Brasileira de Geociências. 1982.
- SOARES, Flávia Gama et al. *Avaliação do Impacto dos Programas de Irrigação na Oferta de Energia Elétrica da Região Nordeste*. Recife: CHESF, 1992.
- SOUSA, E. A. *Contribuição a uma Interpretação do Conceito de Desenvolvimento Sustentável*. Documento para Discussão. Projeto Áridas. Recife, 1994.
- SOUZA, João Gonçalves de. *O Nordeste Brasileiro: uma experiência de desenvolvimento regional*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1979.
- SUDENE. *Análise do Meio Físico e Regionalização*. Texto, v. 1. Plano Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil – Fase. Recife, 1980. p. 1-46.
- \_\_\_\_\_. *Componente: Utilização de Recursos Hídricos*: Relatório Final. Projeto Nordeste. Recife, 1983.
- \_\_\_\_\_. *Estudos e Previsão da Qualidade da Água de Açudes do Nordeste Semi-Árido Brasileiro*. Recife, 1989. Série Hidrológica, 26.
- \_\_\_\_\_. *Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil*. Fase I. Texto. Recife. 1980. v. XIII.
- \_\_\_\_\_. *Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste*: bases para uma política de águas. Síntese do Diagnóstico. Recife, 1980.
- \_\_\_\_\_. *Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil - Fase I*. Recursos Hídricos I - Águas Subterrâneas. Recife, 1980. v. VIII.
- \_\_\_\_\_. *Programa de Irrigação do Nordeste - PROINE*. Recife, 1986.
- \_\_\_\_\_. *Recursos Naturais do Nordeste*: investigação e potencial. Recife, 1979.



- SUDENE/BNB. *Avaliação do PROHIDRO e do Programa de Irrigação*. Recife, 1985. v. 16.
- TODD, D. H. *Hidrologia de Águas Subterrâneas*. 1ª ed. São Paulo: Edgar Blücher LTDA, 1959.
- TOMANIK, Cid. *Regime Jurídico das Águas Públicas*. São Paulo: CETESB.
- VIEIRA, Vicente P.P.B. *Desenvolvimento Sustentável e Gestão de Recursos Hídricos no Nordeste Semi-Árido*. xerox. Fortaleza, 1994.
- \_\_\_\_\_. *Ensino e Pesquisa em Recursos Hídricos*. In: Anais do XXI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 16 - 19 nov. Belo Horizonte: ABENGE, 1993.
- \_\_\_\_\_. *Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Relatório - Seminário Técnico São Paulo: ABRH/DAEE/ FUNDAP, 1992.



*ΙΡΕΑ*