VULNERABILIDADES HIDROLÓGICAS DO SEMI-ÁRIDO ÀS SECAS

José Nilson Bezerra Campos*

Resumo

Uma prospecção na história do Nordeste brasileiro mostra que, mesmo antes da ocupação dos sertões pelos colonizadores, as secas já expulsavam os indígenas da região para o litoral. Pode-se concluir que, em condições naturais, sem obras de infra-estrutura hidráulica, o ecossistema pode ser considerado como de alta vulnerabilidade. Durante a colonização dos sertões, decorreram trinta anos sem secas, os quais proporcionaram um crescimento das populações acima da capacidade do ecossistema, o que também fez aumentar a vulnerabilidade. Esta tornou-se explícita, de forma dramática, com a seca de 1877, que resultou na morte de quase a metade da população dos sertões. A partir de então, houve um substancial acréscimo na rede de

* *PhD em planejamento de recursos hídricos e professor titular da Universidade Federal do Ceará.*

açudes e no conhecimento da hidrologia regional. Mesmo assim, o ecossistema ainda tem mostrado muita vulnerabilidade às secas. Este trabalho analisa a questão da vulnerabilidade sob a ótica das secas hidrológicas e das secas edáficas. As primeiras resultam em escassez de água para as cidades e para a irrigação, enquanto que a segunda ocasiona perdas na produção da agricultura de sequeiro, e atinge o segmento mais pobre da população do Semi-Árido. Apresentam-se vários indicadores de vulnerabilidade, que demonstram, para a região, a necessidade de ampliar a infra-estrutura hidráulica, de melhorar o conhecimento da hidroclimatologia da região, e, ainda, de desenvolver técnicas de manejo dos recursos hídricos. Por fim, apresentam-se diretrizes para o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos do Semi-Árido.

Abstract

The paper describes the vulnerabilit to the periodic droughts of the Brazilian Northeast Semi-Arid. An historical approach sho s that even for a lo -densit occupation, ith nativian Indians, the droughts have resulted in migrations from the inland to the coast. In no ada s, there are t o inds of droughts that plague different segments of the population. The edafic droughts that affects the poor population that survives ith agriculture of the pluvial precipitation. The

h drologic droughts that occurs hen the reservoirs get empt , since the are the main source of fresh ater for most of the population. The paper presents some indicators of vulnerabilit of the region to the climate. The conclusions are that the regional no ledge and the ater resources management practice needs some improvement in the search of a sustainable development.

1 Introdução

O Nordeste Semi-Árido tem-se caracterizado pelo estigma da seca. A primeira marca, que antecede a ocupação da região das caatingas pelos colonizadores portugueses, é relatada por Fernão Cardim, o qual, referindo-se ao ano de 1583, informa: "houve uma grande seca e esterelidade na província (Pernambuco) e desceram do sertão, socorrendo-se aos brancos cerca de quatro ou cinco mil índios Souza (1979) . á registro também de um relato do professor João de Deus de Oliveira: os primeiros colonizadores lusos testemunharam, por certo, a luta tremenda, dentro das selvas, dos Tabajaras, dos ariris, indígenas sertanejos, estes últimos acossados pelos efeitos das secas, famintos errantes, em contínuos entrechoques de raças do Jaguaribe, do Apodi, e do Acçu, ao Norte, às ribeiras do São Francisco do Sul e Leste Paulino (1992) .

Essas narrativas demonstram que, mesmo em condições de baixa densidade demográfica, sem degradações antrópicas, com populações de baixo nível de exigência (índios) e na ausência de uma infra-estrutura hidráulica, o Semi-Árido nordestino é altamente vulnerável às secas.

1.1 O Início da Ocupação dos Sertões

As condições adversas do Semi-Árido, sujeito a secas periódicas, retardaram muito o início da ocupação portuguesa dos sertões. Até a primeira metade do século VII, 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, teve início o processo de ocupação, com o desenvolvimento da pecuária, única atividade possível na região das caatingas. O processo de ocupação dá-se motivado pelo relativo sucesso das oficinas de carne seca e a cultura do algodão Paulino (1992) .

No início do século VIII, houve um conflito (entre usineiros e pecuaristas) pela ocupação do espaço próximo ao litoral. A

Coroa portuguesa arbitrou o conflito em favor dos usineiros e editou uma carta régia, a qual proibia a criação de gado até dez léguas contadas a partir da faixa litorânea Jucá (1994) . O resultado foi uma intensificação da ocupação dos sertões; porém, as secas periódicas limitavam o crescimento dos rebanhos e desencorajavam a vinda de novos habitantes. Em 1777, aconteceu uma intensa seca, que ficou conhecida como a *seca dos três setes*, que resultou na redução de um oitavo do gado da capitania e suas vizinhanças Girão (1994) .

O período de 1845 a 1877 transcorreu relativamente sem grandes problemas de seca (excetuando-se 1870, que teve relativa escassez de água). No período, desenvolveram-se populações e rebanhos sem que houvesse a necessária melhoria na infra-estrutura. A consequência foi uma população altamente vulnerável. Aconteceu então a mais grave seca da história do Nordeste: a de 1877/1878. Relata-se que essa seca de-terminou a mortandade de 500 mil habitantes do Ceará e vizinhanças, ou cerca de 50% da população. Nas grandes secas em geral, porém, a média de mortalidade não costuma exceder 33%. Dos mortos de 1877 a 1879, calcula-se que 150 mil faleceram de inanição indubitável, 100 mil de febres e outras doenças, 80 mil de varíola e 180 mil de alimentação venenosa ou nociva, de inanição ou mesmo exclusivamente de sede Lisboa (1913), citado por Sousa (1979) .

Apesar de uma possível superestimação dos números, ocasionada pelo sentimento da tragédia, não há dúvidas de que a seca de 1877 constituiu-se na mais catastrófica da história do Nordeste. Uma análise desse episódio, dentro da atual semântica, concluiria que naquele período o desenvolvimento da região deu-se de forma não sustentável, não por questões predatórias, mas principalmente por desconhecimento da geografia física regional.

1.2 Aspectos Físicos do Semi-Árido

O regime de chuvas da região é altamente concentrado em uma única estação: cerca de 90% dos totais anuais ocorrem

em seis meses. Na parte norte da região, predominam as chuvas do sistema da zona de convergência intertropical (ZCIT; na parte sul, atuam os sistemas frontais, que alcan-çam até a Bahia. No litoral, a pluviosidade anual supera 1 000 mm, e mesmo 2 000 mm em alguns casos, enquanto nos sertões, está em torno de 700 milímetros. A parte menos chuvosa situa-se no chamado cotovelo do São Francisco. O posto de Remanso, localizado nessa área, tem pluviosidade de 496,7mm/ano.

Por outro lado, a evaporação anual varia de 1 000 mm/ano no litoral da Bahia a Recife; e atinge 2 000 mm/ano em boa parte do Sertão (chega a 3 000 mm na área de Petrolina, em Pernambuco. Nesse contexto, o balanço chuva x evaporação é extremamente desfavorável. Somente nos meses nos quais se concentram as chuvas — fevereiro a maio — é que esse balanço é positivo e propicia condições para a prática da agricultura.

Cerca de 50% da área do Polígono das Secas são formados por terrenos com embasamento cristalino (praticamente impermeáveis, com capacidade de acumulação de águas restrita às zonas fraturadas. A maioria dos rios apresenta regime intermitente devido às irregularidades do regime pluvial e às demais condições fisiográficas. No Polígono das Secas, apenas os rios Parnaíba e São Francisco apresentam um significativo volume perenizado sem reservatórios/barragens.

2 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 seq ência de causas e efeitos que resulta em vários e diferentes tipos de secas. 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) analisam que: a seca não deve ser considerada como uma condição seca, mas uma condição

de secura anormal em relação às necessidades. Em qual-quer área, a natureza geralmente produz uma vegetação em harmonia com o ciclo de umidade disponível para o cresci-mento da planta. O homem freq entemente viola essa har-monia ao introduzir culturas de pouca adaptação, e a crença de seca é aumentada com o mau uso da terra.

Essa amplitude no entendimento de seca havia sido analisada, no início do século, por Arrojado Lisboa, em 1913, ao pro-ferir conferência na Biblioteca Nacional. Mostrava ele a ne-cessidade do tratamento do fenômeno das secas em todas suas feições: a geográfica, a climatológica, a geológica, a bo-tânica, a de engenharia técnica, a higiênica e a econômica e social. Dizia Arrojado Lisboa que o problema da seca não te-rá solução antes de devidamente considerado no conjunto e em todos os seus aspectos.

No contexto do presente trabalho, a seca será estudada sob os pontos de vista da hidrologia, da climatologia e das ativi-dades diretamente afetadas pela falta de chuva ou pelo es-vaziamento dos açudes. A chuva, considerada como causa primária, ao precipitar-se é dividida em duas partes: uma pri-meira que fica retida nas camadas superiores sob forma de umidade, e uma segunda parte que escoa superficial e sub-terraneamente. A primeira parte (só utilizável no local onde se deu a precipitação) é denominada potencial hidráulico fixo; a segunda parte, que pode ser transportada para o local on-de houver a demanda, é denominada potencial hidráulico móvel.

A *civilização das secas* estabeleceu-se no Semi-Árido com o uso dferenciado desses dois potenciais. O potencial hidráulico fixo é aproveitado por meio da agricultura de sequeiro, na qual o agricultor planta no pequeno período do ano no qual o balanço chuva x evaporação é positivo. Por sua vez, o potencial hidráulico móvel é aproveitado com a construção de açudes, que executam a função de transportar água no tempo: dos invernos para os verões ou dos anos bons para os anos ruins.

Além disso, as atividades econômicas desenvolvidas com o uso desses potenciais são bem distintas. O potencial hidráu-

lico fixo é explorado pela denominada agricultura de sequeiro, que resulta quase somente na subsistência dos camponeses. Por sua vez, o potencial hidráulico móvel permite usos que proporcionam atividades econômicas mais produtivas e menos vulneráveis tais como: irrigação, indústria, abasteci-mento de água dos centros urbanos, etc.

Estudam-se as secas sob a seguinte moldura conceitual: a chuva alimenta o sistema físico. Sua falta, ou sua ocorrência total bem abaixo do normal, é definida como seca climatológica. Por sua vez, o meio físico onde se concentra o potencial hidráulico fixo é formado pelo sistema *solo x planta*. Em condições normais, sem seca, a chuva fixa umidade no solo em quantidade e tempo suficiente para permitir a produção agrícola. A condição de seca ocorre quando a permanência de umidade no solo não é suficiente para que as culturas completem seus ciclos vegetativos. Essa deficiência de umidade no solo é definida como seca edáfica, a qual pode ter como causa primária a escassez ou uma má distribuição das chuvas ao longo do tempo. Como conseq ência dessa seca, são afetadas atividades econômicas da agricultura de sequeiro, as quais resultam no flagelo dos camponeses. O resultado do flagelo é a migração para os centros urbanos ou para as frentes de serviço. Nessa seq ência, a seca climatológica tem como efeito a seca edáfica; e a seca edáfica tem como causa a seca climatológica e como efeito a *seca social*.

O meio físico de manejo do potencial hidráulico móvel é constituído pelos rios, açudes e aq íferos. Em anos normais, as chuvas transformam-se em escoamentos que abastecem os açudes e também infiltram-se no solo, o que aumenta as águas dos aq íferos. Em anos deficitários, ou em uma sequência de anos fracos de escoamento, pode ocorrer que os estoques de água sejam insuficientes para atender a todas as atividades econômicas deles dependentes. Nesse caso, a seca é denominada de seca hidrológica. Nessas situações, entra em ação a gerência dos recursos hídricos, a qual passa a administrar o racionamento. A seca hidrológica não significa paralisação de todas as atividades econômicas, pois algumas destas podem prosseguir normalmente. No meio so-

cioeconômico, as consequências dessa secas são bem menores que as das secas edáficas. Isso explica-se por se tratar de atividades econômicas mais rentáveis e que podem proporcionar a *formação de estoques* (recursos financeiros) que lhes permitem ultrapassar a crise.

3. Vulnerabilidade dos Sistemas Hídricos

Na esteira do relatório *Nosso Futuro Comum* Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1987) , muitas pesquisas e metodologias foram executadas em todo

o mundo, tendo em vista o desenvolvimento humano que não implicasse o sobreuso da capacidade de depuração da natureza. Esse tipo de desenvolvimento tem sido denominado de desenvolvimento sustentável. O conceito se contrapõe ao modelo de desenvolvimento que, em grandes linhas, concentra as populações em centros urbanos e utiliza despreocupadamente os 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, fato que pode resultar em danos naturais de difícil recuperação. Entretanto, qualquer que seja o tipo de desenvolvimento, a oferta de águas, na quantidade requerida e na qualidade desejável, é uma condição *sine qua non* de sustentabilidade. A sensibilidade da sociedade a essa questão faz com que

grande parte dos esforços despendidos em pesquisas sejam direcionados à questão do gerenciamento das águas. nfase especial tem sido dada à questão das secas. Várias regiões do mundo, especialmente as de climas semi-áridos, têm se mostrado muito sensíveis a esse fenômeno.

3.1 Conceituação de Vulnerabilidade

No sentido vernacular, vulnerável é o designativo do lado fraco de um assunto, questão ou sistema, ou ainda do ponto no

qual uma pessoa ou sistema podem ser atacados, feridos ou danificados. Esse conceito tem sido utilizado para analisar sistemas de fornecimento de água de várias regiões.

Ao se edificar uma cidade, cria-se a necessidade concentrada de fornecimento de água de boa qualidade. A cidade, ao crescer, pode rapidamente esgotar as disponibilidades hídricas das áreas vizinhas. O resultado é a busca de água cada vez mais distantes, e a um custo sempre crescente. Estudos desenvolvidos pelo Banco Mundial mostraram que, em várias cidades do mundo, o custo de obtenção da água bruta deve duplicar ou mesmo triplicar em futuro próximo, quando expandirem-se os atuais sistemas orld Ban (1993) . A título de ilustração, Serageldin (1995) comenta os exemplos de Pequim, onde está sendo estudada a adução de água a mais de 1 mil quilômetros de distância, e da cidade do México, onde a altura de bombeamento deve superar os 2 mil metros.

Além disso, a concentração de atividades poluentes degrada a qualidade dos lençóis subterrâneos e dos corpos de água. Assim, em cidades sem um eficiente sistema de esgotamento sanitário, como é o caso da maioria das cidades brasileiras, há uma acumulação de efeitos. Aumenta-se a demanda; busca-se água cada vez mais longe e a um custo cada vez maior; a água trazida de longe é devolvida aos corpos de á-gua próximos com altos teores de poluição; o custo dos tra-tamento dessas águas próximas torna-se cada vez mais ele-vado. O resultado é que o desenvolvimento, sem o devido planejamento gera esses dois efeitos que se somam no aumento do custo da água.

Como resultado desse processo, torna-se indispensável a construção de um sistema confiável de abastecimento de á-gua de boa qualidade, e de um sistema de esgotamento sanitário. Raciocínio semelhante pode ser feito em relação a empreendimentos agrícolas no meio rural, como a atividade de irrigação. Dessa forma, no desenvolvimento de projetos de sistemas hídricos é de toda conveniência a visão global do problema e a análise de sua vulnerabilidade.

3.2.1 Definição de Indicadores

No contexto do Projeto ÁRIDAS — desenvolvido pela SEPLAN para o desenvolvimento sustentável da região Nordeste — foram analisados vários outros indicadores que incluem aspectos ligados à qualidade das águas e às águas subterrâneas, conforme a síntese de Vieira (1996). Para o presente texto, adotaram-se quatro estimadores da vulnerabilidade dos sistemas hídricos regionais, a saber: insuficiente capacidade de acumulação; demanda crescente por água; alta variabilidade interanual dos deflúvios; e intermitência dos cursos d água. A justificação desses indicadores e o que representam está descrita a seguir.

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 nessa bacia 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. Graças às peculiaridades do Semi-Árido (rios intermitentes, estação seca de duração superior a seis meses e altas taxas de evaporação), os pequenos açudes, se a profundidade média for da ordem de grandeza da lâmina anual evaporada (2,40m), são incapazes de prover uma regularização interanual, e pouco contribuem para a capacidade de diminuir a vulnerabilidade frente às secas mais prolongadas.

No Nordeste, por razões históricas, têm-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. possível que uma relação superior a 2,0 seja recomendável para muitas regiões. Uma relação menor que 1,0 indica um baixo uso do potencial de acumulação de águas.

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

Regiões onde o uso consuntivo é alto em relação ao total escoado superficialmente estão, obviamente, suscetíveis a crises acentuadas. Uma questão de particular importância é a determinação do índice a partir do qual essa razão torna-se crítica. Szesta (1970), citado por Gleic (1990), considera que, para regiões em desenvolvimento, uma relação D/Q igual ou superior a 0,20 é crítica. evidente, contudo, que o valor dessa relação crítica depende bastante da capacidade da região em regularizar eficientemente o potencial de escoamento superficial. Em uma região como o Nordeste, com alta variabilidade anual dos deflúvios, alta taxa de evaporação e prolongada estação seca dos rios, é de se esperar que o valor da relação crítica seja um dos mais baixos de todo o planeta. Infelizmente, ao que parece, não foram desenvolvidos estudos nesse sentido para a região Nordeste. Para efeito do presente trabalho, será adotada, como indicativo de vulnerabilidade, uma relação igual a 0,10 — metade do valor preconizado por Gleic (1990).

Variabilidade dos deflúvios anuais: CV

A capacidade de regularização de um reservatório depende preponderantemente da variabilidade interanual dos volumes escoados anualmente aos reservatórios. Quanto maior o coeficiente de variação, maior a capacidade requerida por um reservatório para regularizar uma certa quantidade de água. Por exemplo, para regularizar 50% do volume escoado em uma dada bacia hidrográfica em um açude (com fator de evaporação igual a 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. Por sua vez, 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.[1] Apesar da importância desse indicador não existe mapa com isolinhas de CV para o Nordeste.

Relação entre as vazões mínima e máxima (Qmin/Qmax)

Esse indicador permite detectar a intermitência de um rio. A intermitência é um indicativo da necessidade de reserva de águas para permitir uma oferta confiável, mesmo nos anos bons. 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, o uso de suas águas iria requerer um reservatório de capacidade igual à metade do volume médio escoado. Se, como é o 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.

3.2.2 Cálculos dos Indicadores

Os estudos dos sistemas hidrológicos, por conveniência e tradição, tomam como unidade de análise e planejamento agrupamentos de bacias hidrográficas. No presente estudo, adotou-se a mesma unidade definida no Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos ídricos do Nordeste do Brasil — PLIR INE (estudo desenvolvido pela SUDENE e publicado em 1980). Dessa forma, o Nordeste é formado por 24 unidades de planejamento (UP), conforme a tabela 1 e o mapa 1. A tabela 1 apresenta ainda os valores referentes ao escoamento total na bacia, aí incluídos o escoamento superficial e o subterrâneo.

---

[1] *Valores obtidos pelo método do Diagrama Triangular de Regularização [Campos (1996].*

TABELA 1

Definição das Unidades de Planejamento (UP) com Valores dos Escoamentos Superficiais e Subterrâneos

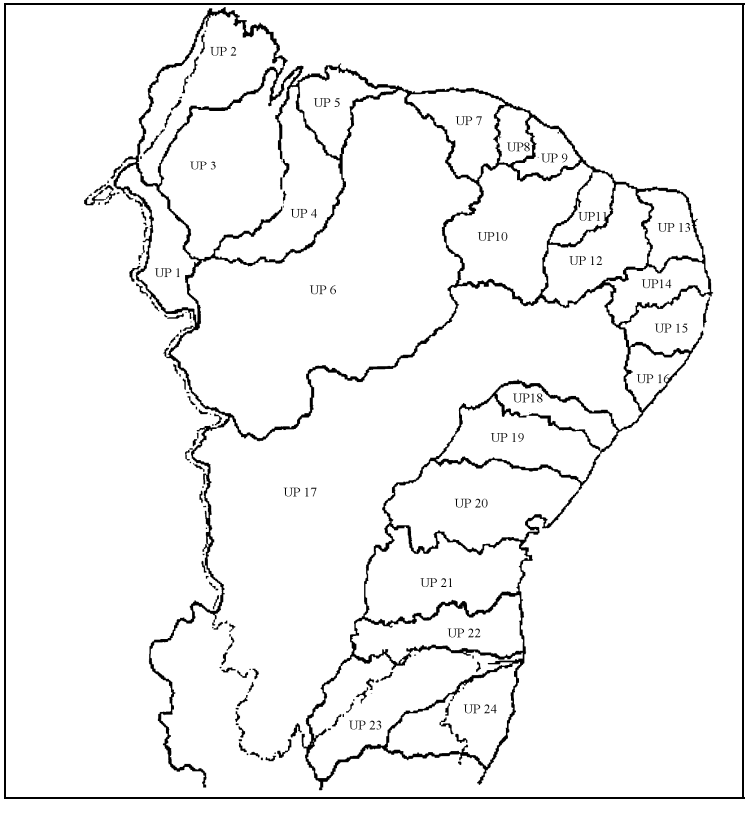
UP	Denominação	Área (m²)	Escoam. hm³/ano		
			Sup.	Sub.	**Total**
01	Tocantins Maranhense	32 900	5 450	500	**5 950**
02	Gurupí	50 600[1]	15 290	2 510	**17 800**
03	Mearim-Grajaú-Pindaré	97 000	14 140	3 430	**17 570**
04	Itapecuru	54 000	7 750	1 550	**9 300**
05	Munim-Barreirinhas	27 700	5 690	3 120	**8 810**
06	Parnaíba	330 000	31 090	9 030	**40 120**
07	Acaraú-Coreaú	30 500	3 910	1 360	**5 270**
08	Curu	11 500	2 010	350	**2 360**
09	Fortaleza	14 700	1 740	530	**2 270**
10	Jaguaribe	72 000	3 340	810	**4 150**
11	Apodí-Mossoró	15 900	520	300	**820**
12	Piranhas-Açu	44 100	2 130	590	**2 720**
13	Leste Potiguar	24 440	950	730	**1 680**
14	Oriental da Paraíba	23 760	1 290	900	**2 190**
15	Oriental de Pernambuco	25 300	3 380	950	**4 330**
16	Bacias Alagoanas	17 100	1 430	1 650	**3 080**
17	São Francisco	487 000[1]	24 400	16 700	**41 100**
18	Vaza-Barrís	22 330	810	390	**1 200**
19	Itapicuru-Real	46 100	1 200	880	**2 080**
20	Paraguaçu-Salvador-Recôncavo	81 560	4 215	4 205	**8 420**
21	Contas-Jequié	62 240	4 860	700	**5 560**
22	Pardo Cachoeira	42 000	5 920	1 240	**7 160**
23	Jequitinhonha	23 200[1]	5 570	540	**6 250**
24	Extremo Sul da Bahia	27 300	1 540	5 440	**6 980**

Fonte: SUDENE — Plano Integrado de Aproveitamento Integrado dos Recursos ídricos do Nordeste do Brasil (PLIR INE), 1980.

Nota: [1] Área da bacia dentro do Nordeste da SUDENE.

MAPA 1

Divisão do Nordeste em Unidades de Planejamento Definidas pela SUDENE (PLIR INE) e Adotadas no Projeto ÁRIDAS para Fins de Estimativa da Vulnerabilidade



Valores do indicador S/Q

Esse valor foi estimado considerando-se um levantamento dos reservatórios da região, com os totais de seus volumes.

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, sob pena de transmitir uma falsa imagem de invulnerabilidade. Os usos adequados dos estoques de água (estratégia correta de gerenciamento) é que podem proporcionar sustentabilidade aos sistemas hídricos. Convém observar ainda que os valores altos de S/Q estão normalmente associados a regiões altamente vulneráveis às secas, em condições naturais.

Note-se que na situação atual/horizonte de 1991 — apresentada na tabela 2 à frente —, os maiores valores de S/Q correspondem à bacia do Piranhas-Açu (2,24) graças à presença da barragem de Armando Ribeiro Gonçalves (maior reservatório em um rio intermitente do Nordeste). Em segundo lugar, aparece a bacia do Jaguaribe, com S/Q igual a 1,70 — número resultante da ação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), que construiu reservatórios de grande porte como o Orós e o Banabuiu. 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 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 esse 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 Gleic (1990), para algumas regiões dos Estados Unidos. Esse autor encontrou os seguintes valores: Baixo Colorado — 4,22; Alto Colorado — 2,61; Rio Grande — 1,89; Nova Inglaterra —0,15. Nos Estados Unidos, tal como no Nordeste brasileiro, tem-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).

Os valores dos indicadores foram estimados a partir do levantamento das capacidades de acumulação de todos os reservatórios da região, até o ano de 1991. A capacidade de acumulação total foi dividida pelo total escoado na bacia. Os valores desses indicadores foram projetados para os anos 2000, 2010 e 2020 (tabela 2), baseados em programas dos governos estaduais e instituições federais que atuam no setor hídrico Gondim (1995); Ferreira (1994) . Nos valores projetados, observa-se que o maior índice S/Q passará a ser anotado no vale do Jaguaribe, com 3,08 (diante da expectativa de se construir o reservatório do Castanhão). O segundo maior valor passará a ser anotado na bacia do Piranhas-Açu (2,84). Esse índices projetados ainda se mostram inferiores aos da região semi-árida dos Estados Unidos.

Indicador Qmin/Qmax

Esse indicador estima, de algum modo, a variabilidade dos deflúvios e permite, também, detectar as UP cuja fonte de água advêm de rios intermitentes — UP com Qmin/Qmax = 0. Os valores apresentados referem-se a normais hidrológicas(1930/1961). No PLIR INE, 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.

No que se refere às projeções para os horizontes de 2000 a 2020, considerou-se que, em um cenário lento em mudanças climáticas (na 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. Todos os dados foram obtidos do PLIR INE, que desenvolveu esse estudo de forma completa, a partir da avaliação de todos os dados de medições hidrológicas do Nordeste. Após o PLIR INE, não foi desenvolvido nenhum outro estudo de porte com avaliação dos potenciais hídricos que cobrisse toda a região.

Indicador D/Q

Esse indicador mede o comprometimento dos recursos renováveis (deflúvio médio anual escoado) com o atendimento às demandas estabelecidas (consuntivas ou não consuntivas). Esse indicador foi obtido a partir da atualização dos dados do PLIRHINE pelo projeto ÁRIDAS. Os resultados são apresentados na tabela 2.

TABELA 2

Valores do Indicadores de Vulnerabilidade para o Ano 1991 e Projeções para os Anos 2000, 2010 e 2020

UP	Qmin/ Qmax[1]	S/Q 1991	S/Q 2000	S/Q 2010	S/Q 2020	D/Q 1991	D/Q 2000	D/Q 2010	S/Q 2020
01	0,08	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,04
02	0,14	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
03	0,13-0,23	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,04	0,04	0,05
04	0,10-0,30	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,04
05	0,20	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03
06	0,04-0,17	0,16	0,22	0,25	0,30	0,05	0,06	0,07	0,08
07	0,0	0,35	0,47	0,54	0,60	0,05	0,06	0,07	0,08
08	0,0	0,51	0,56	0,58	0,61	0,12	0,15	0,18	0,22
09	0,0	0,37	0,43	0,45	0,48	0,33	0,40	0,48	0,55
10	0,0	1,70	3,08	3,08	3,08	0,30	0,37	0,46	0,55
11	0,0	0,80	1,85	1,85	1,85	0,29	0,37	0,46	0,54
12	0,0	2,24	2,84	2,84	2,84	0,20	0,25	0,30	0,35
13	0,0	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,35	0,42	0,49
14	0,0	0,48	0,66	0,76	0,85	0,26	0,32	0,38	0,44
15	0,0	0,14	0,21	0,24	0,28	0,55	0,68	0,82	0,94
16	0,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,31	0,37	0,43	0,49
17	0,00-0,26	1,34	1,36	1,37	1,37	0,25	0,30	0,36	0,41
18	0,0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,18	0,22	0,25	0,29
19	0,0	0,31	0,31	0,31	0,31	0,12	0,15	0,18	0,20
20	0,08-0,31	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,19	0,23	0,25
21	0,06-0,15	0,11	0,13	0,13	0,14	0,14	0,18	0,22	0,27
22	0,00-0,20	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,05	0,05	0,06
23	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
24	0,20	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06	0,07	0,08	0,09

Fontes: Projeto ÁRIDAS — 1995; PLIRHINE, 1980.

Nota: [1] Indicador estacionário — valores para todos os horizontes.

Analisando-se os valores da tabela 2, pode-se notar que a UP 15 — Região Oriental de Pernambuco —, com D/Q igual a 0,55, é a mais crítica do Nordeste. Em segundo lugar, vem a UP 09, de Fortaleza, com D/Q igual a 0,33.[2] 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 que 0,5). No Ceará, a bacia do Coreaú-Acaraú também apresenta um valor bastante baixo (0,05), o que é explicável pela pouca disponibilidade de reservatórios na bacia do Coreaú, que resulta em não estabelecimento de demanda.

As projeções para os horizontes dos anos 2000, 2010 e 2020 não são otimistas. No horizonte de 2020, mantidas as tendências, prevê-se um valor de 0,94 para a região oriental de Pernambuco.[3] Além dessa situação crítica, sete UP apresentam D/Q superior a 0,40, o que denota situações críticas, principalmente nas bacias de rios intermitentes, nas quais predomina o uso consuntivo das águas.

A avaliação da demanda foi estimada pelo grupo do Projeto ÁRIDAS (para o ano de 1991), por meio de visita às principais instituições estaduais e federais que lidam com recursos hídricos no Nordesste. Para a projeção nos horizontes de 2000, 2010 e 2020 foram consultados todos os planos e programas das instituições visitadas.

---

[2] *A cidade de Fortaleza já vem importando água da bacia do Jaguaribe para atendimento de consumo industrial e domiciliar.*

[3] *Esse valor é praticamente insustentável. Se não houver importação de águas de outras regiões, a demanda prevista não poderá ser estabelecida.*

Apesar da importância desse indicador, não existe estudo de seus valores para todo o Nordeste brasileiro. O estado do Ceará, por meio do Projeto ÁRIDAS estadual, desenvolveu um mapa dessa variável. Sabe-se que, em nível mundial, os rios do Semi-Árido nordestino encontram-se entre os de maior variabilidade. Esse indicador está diretamente relacionado à necessidade de dados para conhecimento do regime hidrológico dos rios Campos, Araújo e Souza Filho (1997) .

3.3 Vulnerabilidade dos Reservatórios-Barragens

As características físicas e climáticas do Nordeste Semi-Árido fazem com que a presença da açudagem seja condição *sine qua non* para que a região possa ser habitada por um contingente razoável de pessoas. A história da açudagem no Nordes-te 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 parte dos efeitos das secas pode ser mitigada. 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, pelo seu tamanho limitado, não consegue controlar, e constitui-se na parte das águas que retorna ao leito do rio e, na ausência de outro reservatório à jusante, transforma-se em perda 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. Uma análise mais profunda do processo mostrará que, no caso específico do Nordeste, os açudes não introduzem as perdas por evaporação, mas, simplesmente, fazem com que ocorram em um lugar distinto daquele onde fatalmente ocorreriam. Na hipótese de não existirem açudes, as águas dos rios caminhariam para o mar, encontrariam pouco uso[4] nesse percurso, e evaporariam. O efeito negativo seria o decréscimo da capacidade de conduzir impurezas para os mares.

As águas regularizadas constituem a parte dos deflúvios naturais (controladas pelo açude) que proporcionam estabilidade para o desenvolvimento de atividades econômicas mais rentáveis. A regularização pode ser entendida como um ajustamento da oferta à demanda. A demanda de água dá-se em um determinado local, em tempo específico, com um dado padrão de qualidade. No Nordeste, a quase totalidade da demanda ocorre na segunda metade do ano, ao passo que as disponibilidades naturais acontecem na primeira metade. Essa regularização de águas é que torna possível a sobrevivência de razoáveis contingentes humanos no Sertão 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 do Semi-Árido.

3.3.1 Definindo a Regra de Operação do Açude

Um dos dilemas enfrentados no Semi-Árido diz respeito à adoção de uma regra de retiradas de água dos açudes:

- se for retirada uma pequena quantidade de água em relação ao volume afluente médio anual, aumenta 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

[4] *Em rios intermitentes, não perenizados por açudes, não se instalam atividades consumidoras de água.*

que as águas acumuladas evaporem) e os benefícios gerados nos anos de disponibilidades são reduzidos;

- 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 hidrológicas* se tornarão mais freqüentes.

Inicialmente, com o uso de uma estratégia de segurança, a SUDENE (1967) 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.

Uma primeira análise em busca da definição de um ponto de equilíbrio de uma retirada ótima foi desenvolvida no âmbito do Programa Plurianual de Irrigação (PPI)[5] elaborado pelo Grupo Executivo de Desenvolvimento Agrícola — GEIDA (criado pelo antigo Ministério do Interior, para o desenvolvimento de um Plano Nacional de Irrigação). O método, baseado apenas em considerações econômicas e restrito ao uso para irrigação, indicou que a retirada *ótima* seria aquela na qual a freqüência de falhas, ou secas, fosse de dez meses em cada cem.

Em prosseguimento aos trabalhos da SUDENE no vale do Jaguaribe, o DNOCS (1971) adotou, em um estudo de seis açudes de porte médio no Ceará, 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 (freqüência de falhas com garantia em 90% dos meses) teve uma certa predominância sobre as demais. Todavia, simulações mostraram que essa freqüência de fa-

---

5 *O PPI resultou na publicação de uma coleção de doze volumes, que contêm os potenciais hídricos e de irrigação de todo o Brasil (Brasília, 1971).*

lhas de 10% poderia causar, em alguns casos, uma seq ência de dezoito meses sem água. Ora, um episódio de dezoito de meses de falhas é muito mais grave que dezoito episódios isolados de um mês de falha. Esse fato alertou os planejadores de recursos hídricos da região, e assim retornou-se ao conceito de reserva de segurança.

á que se resumir essa análise nos seguintes pontos:

1. a freq ência 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 acumuladas nos açudes do Nordeste não significa, necessariamente, que estão subutilizadas; a evaporação é um preço a pagar pela garantia do fornecimento de água nos anos críticos.

4 Vulnerabilidade às Secas em um Cenário de Mudanças Climáticas

Nos últimos anos, muito se tem escrito e 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 comunidade científica internacional acredita na elevação da temperatura média do globo e do nível das águas dos oceanos. Um aumento médio, entre 1^{o}C e 5^{o}C, na temperatura do globo é considerado provável nos próximos cinq enta anos Chang, unsaer e Draves (1992) . Ao lado dessa idéia predominante, existe praticamente consenso de que haverá também modificação no regime pluvial em muitas regiões. Contudo há ainda muita incerteza no que diz respeito à distribuição espacial desses efeitos.

Nesse cenário de incertezas, optou-se, para análise do problema da mudança climática, pelo efeito relativo na freq ência de secas para aumentos nas taxas de evaporação e nas

de precipitação pluvial. Observe-se que, com o aumento da temperatura do globo, o aumento da evaporação é uma conseq ência.

4.1 As Secas Edáficas no Cenário de Mudanças Climáticas

Campos, Studart e Lima (1994) buscaram estimar qual seria o percentual de aumento necessário na pluviosidade média de uma região para contrabalançar o aumento da evapotranspiração decorrente de um aumento de temperatura, sem alterar a freq ência de secas edáficas. No estudo, foram selecionados três locais no estado do Ceará: Crato, Saboeiro e Fortaleza, e dois tipos de solos — caracterizados pela capacidade de retenção de água. Os resultados mostraram, em todos os casos, que, para que a periodicidade das secas não seja agravada, é necessário que a pluviosidade aumente em um percentual maior do que a evaporação.

Esses resultados podem ser explicados da seguinte maneira: se a evapotranspiração e a pluviosidade aumentam **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 encontraria o solo saturado e seria percolado ou escoado superficialmente.

As secas hidrológicas em um cenário de mudanças climáticas

A ocorrência de secas hidrológicas no Nordeste Semi-Árido de rios intermitentes decorre, como foi descrito, da operação dos reservatórios superficiais. Dessa maneira, as tendências de aumento ou diminuição da vulnerabilidade às secas hidrológicas podem ser estimadas indiretamente, a partir do exame de 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; e

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.

Eficiência dos reservatórios e a variabilidade interanual dos deflúvios

Se um açude é operado com certa garantia para fornecimento de água e houver um acréscimo na variabilidade do rio que o alimenta, o efeito será uma redução no volume regularizado pelo açude e um acréscimo no volume médio escoado pelo sangradouro. Simulações feitas no Projeto ÁRIDAS Campos (1995) mostraram que o aumento da variabilidade dos deflúvios resulta em dois efeitos adversos: i) perdas econômicas, pois seriam necessários maiores reservatórios para que se obtivesse o mesmo volume regularizado; e ii) perdas hidrológicas, pois haveria uma redução na capacidade máxima de regularização da bacia hidrográfica.

Cenário com aumentos iguais das taxas de precipitação pluvial e de evaporação

Nesse cenário, os resultados mostraram que, para pequenos valores do incremento — até cerca de 15% —, o rendimento dos reservatórios é pouco sensível e se mantém aproximadamente constante. Para valores acima de 15% no incremento, os resultados apontam para um decréscimo do rendimento dos reservatórios.

Considerando-se os resultados obtidos, conclui-se que o processo de aquecimento global, se confirmado, pode acarretar aumento das vulnerabilidades dos sistemas hídricos do Semi-Árido nordestino.

5 Diretrizes para a Sustentabilidade dos Recursos Hídricos

A ação federal no estabelecimento de uma política contra as secas no Nordeste brasileiro, segundo Magalhães e Glantz (1992), pode ser dividida em seis fases distintas:

1. de estudo (1877/1906);

2. hidráulica (1906/1945);

3. ecológica (1945/1950);

4. do desenvolvimento econômico (1950/1970);

5. do desenvolvimento socioeconômico (1970/1990);

6. do desenvolvimento sustentável (1990 — atual).

A fase de estudo, que sucede à seca de 1877, constou de discussões e teorizações sobre caminhos a trilhar no combate às secas. Duas idéias eram dominantes: a construção de poços artesianos e açudes, e a transferência de águas do rio São Francisco para o Jaguaribe. Em 1883, o professor José Américo dos Santos, do Instituto Politécnico do Rio de Janeiro, defendeu a irrigação por meio de açudagem e classificou a obra como inviável. Em 1906, o professor Clodomiro Pereira da Silva, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, defendeu a transposição como meio de assegurar uma oferta regular de águas ao Semi-Árido Pessoa *et alii* (1989) . O processo concluiu-se com a opção pela açudagem, e daí adveio a fase hidráulica. Note-se que as discussões acadêmicas sobre os problemas do Nordeste davam-se quase que exclusivamente entre professores de universidades do Sudeste do país, por carência de recursos humanos na própria região.

Atualmente, dois novos discursos estão em pauta: o do desenvolvimento sustentável, no qual está inserido o projeto ÁRIDAS, e o do gerenciamento racional dos recursos hídricos.

Essas novas visões nortearam o desenvolvimento do presente trabalho e o estabelecimento das diretrizes.

5.1 Cenário Tendencial

Quanto ao cenário tendencial da vulnerabilidade às secas (entendidas em seus aspectos hidráulicos) deve-se fazer a análise dos pontos de vista da seca edáfica e da seca hidrológica.

A seca edáfica

A freq ência de ocorrência de secas edáficas é comandada pelo regime pluvial (nos aspectos quantitativos de distribuição espacial e temporal), pela capacidade de retenção de umidade dos solos, e pelo tipo de cultura explorada.

Postos à parte os aspectos da variabilidade climática, considerando-se o regime pluvial como estacionário, não se esperando uma tendência ao agravamento das secas, e mantidos também a qualidade dos solos e os tipos de cultura tradicionais da região na agricultura de inverno, não há porque esperar um agravamento na freq ência de secas.

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 é o de pessoas que não conseguem, nos anos normais e de bom inverno, formar reservas econômicas que lhes permitam enfrentar um ano de seca.

A seca hidrológica

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

1. o sobreuso do reservatório por falta de conhecimentos para gerenciar corretamente suas reais disponibilidades;

2. um risco assumido, estrategicamente, pelo *gerente* do açude, quando faz uso mais rápido das águas para aproveitar parte das águas que seriam evaporadas; espera-se, desse modo, que o ganho em água seja transformado em reservas econômicas que permitam ultrapassar a época de crise. Contudo, um mínimo de reserva deveria ser mantido para esses períodos; e

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

No Semi-Árido, nos últimos anos, houve um aumento da demanda e um 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.

Pode-se dizer, quanto 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. As crises sempre acontecem. Apesar desses obstáculos, os esforços despendidos no desenvolvimento de novas técnicas de gerenciamento de águas pode dar a visão otimista de que, quando as inevitáveis crises vierem, serão vencidas a menores custos e com menos desconforto para as populações.

5.2 A Busca de um Cenário Desejável

O cenário desejável quanto à seca hidrológica e dentro dos limites da natureza é entendido como aquele em que as crises na oferta d água só ocorrem em limites planejados e aceitos pela sociedade, e para os quais esta esteja convenientemente preparada. Para que se atinja esse futuro é necessário que haja:

1. mudanças culturais nos hábitos das pessoas, pois todos devem ter a convicção de que a água é um bem econômico a ser preservado e protegido;

2. um elevado grau de conhecimento da hidrologia regional, para permitir melhor planejamento do uso das águas e a antevisão das crises, para que a sociedade se prepare para enfrentá-las.

Medidas contra a 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. A tecnologia atual não aponta ainda caminhos para uma agricultura competitiva capaz de conduzir os pequenos agricultores do Semi-Árido, que exploram a agricultura não irrigada, a uma economia sustentável. As medidas possíveis para reduzir essas vulnerabilidades são:

1. distribuição de sementes selecionadas para aumentar a produtividade nos anos bons e normais;

2. orientação do agricultor sobre a melhor época de efetuar o plantio;

3. manejo do solo de modo a aumentar sua capacidade de retenção de umidade no nível das raízes;

4. desenvolvimento de culturas de menores ciclos vegetativos, o que diminui a freq ência das secas; e

5. desenvolvimento de técnicas de implúvios (plantio em baixios alimentados por escoamento superficial das áreas adjacentes) — técnica que tem origem na agricultura de índios do México.

Algumas dessas práticas vêm sendo adotadas em diversos locais do Nordeste. Por vezes, mostram-se antieconômicas, mas também podem resultar 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 que possam transformar em reservas econômicas, para que sejam vencidas as inevi-

táveis secas. Somente novas tecnologias e novos pactos sociais serão capazes de acabar de maneira definitiva com a vulnerabilidade às secas. Esses são desafios para os técnicos e políticos.

Medidas contra a seca hidrológica

Os estoques de água armazenados em reservatórios constituem-se no verdadeiro potencial para prover as condições indispensáveis ao desenvolvimento sustentável da região. Algumas medidas podem aumentar a sustentabilidade:

1. ampliação da infra-estrutura hidráulica, para atendimento das demandas que se implantam rapidamente;

2. desenvolvimento de mecanismos institucionais e legais para a realocação das águas durante as secas, para garantir a continuidade de atividades geradoras de riquezas;

3. 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 um dado tempo, em um certo local e com um desejado padrão de qualidade;

4. desenvolvimento e incentivo de métodos de irrigação que sejam mais eficientes quanto ao consumo de água;

5. utilização dass grandes estoques de águas da região, como o rio São Francisco, compatibilizando as lógicas econômica e social, para aumentar a garantia no fornecimento de águas para atividades indispensáveis ao desenvolvimento da região.

Muitos estados do Nordeste vêm desenvolvendo planos de recursos hídricos que podem apontar caminhos para que se atinja a tão desejada sustentabilidade hídrica.

5.3 Desafios ao Gerenciamento das Águas

Na busca da sustentabilidade, o gerenciamento racional e competente dos recursos hídricos tem sido apontado como uma condição indispensável. Muito se vem estudando e debatendo nos últimos anos. No caso do Semi-Árido, com suas especificidades, há vários desafios a enfrentar, tais como: a participação da sociedade nas decisões, a formação de recursos humanos, a interferência entre açudes, a questão da pequena ou grande açudagem, etc. Esses desafios são analisados a seguir.

Da participação da sociedade nas decisões

Uma das características das democracias avançadas é a participação do público na tomada de decisões. No Nordeste, como em todo o Brasil, essa prática ainda é incipiente e envolve um processo de mudança cultural. A implantação de grandes obras, como o são, em geral, as obras de aproveitamento hídrico, normalmente implica conflitos de interesses, que podem variar, desde alguns altruístas até os egoístas.

A condução hábil das discussões públicas tende a gerar melhores projetos e a eliminar problemas que surgem quando o público se defronta com uma decisão já tomada sobre uma obra que exercerá grande influência no seu futuro. Não existe obra capaz de captar a unanimidade da opinião pública. Ademais, a imposição, mesmo de bons projetos, nunca é bem aceita por seres livres e pensantes. Um projeto que chega ao público pronto e acabado, perfeito segundo seus idealizadores, gera um sentimento de imposição. Nessas circunstâncias, realçam-se os pontos negativos e os aspectos positivos são esquecidos. Em conseq ência, mesmo um bom projeto, se mal conduzido em termos de participação do público, pode ter seu início bastante retardado ou mesmo ser inviabilizado.

A criação de Comitês de Bacias idrográficas, em processo de implementação em várias partes do país, é uma metodologia em andamento. O estado do Ceará instalou recente-

mente o Comitê da Bacia do Rio Curu (outubro de 1997). A maneira de conduzir esse processo passa a ser um grande desafio.

A questão da pequena e grande açudagem

No âmbito dos atuais conhecimentos sobre o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, o assunto deve ser analisado a partir do entendimento de que pequenos e grandes açudes são, em devidas dosagens, complementares. Não se trata de escolher açudes grandes ou pequenos e sim de selecionar os grandes e os pequenos mais eficientes. Cada um tem seu papel, e suas vantagens e desvantagens. Muitas delas já são conhecidas:

1) Para fins de regularização interanual, os grandes açudes, por terem um fator adimensional de evaporação mais baixo, são mais eficientes que os pequenos açudes;

2) os pequenos açudes, localizados próximos às cabeceiras dos rios, são, em geral, incapazes de resistir a secas mais prolongadas; a estes deve caber somente o papel de regularização intra-anual;

3) os pequenos açudes constituem-se na única possibilidade do aproveitamento das terras próximas às nascentes dos rios; a estes cabe o papel de distribuidor espacial do recurso *água;* entretanto, paga-se um alto preço em perdas por evaporação;

4) a disseminação descontrolada de açudes de pequeno porte a montante dos grandes açudes resulta em redução da capacidade de regularização dos grandes açudes, e, muitas vezes, na redução da eficiência de todo o sistema; e

5) o papel de reservas estratégicas de águas só deve caber aos grandes açudes; a esses devem ser atribuídas regras compatíveis com a segurança que deve ser atribuída a essas obras.

Da interferência entre açudes

Infelizmente, ainda é prática a construção de açudes a montante de outros já existentes sem que se avalie, com os recursos que a hidrologia já dispõe, a interferência entre os dois açudes. Por vezes, se o açude de montante é muito ineficiente, é possível que sua inserção na bacia hidrográfica venha a aumentar a capacidade de acumulação da bacia; porém, isso pode reduzir a capacidade de regularização do sistema (soma da regularização dos dois açudes).

Na busca de um bom aproveitamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, é fundamental que a análise sistêmica seja efetuada. Caso contrário, pode-se correr o risco de investir recursos financeiros em uma obra com efeitos negativos ao sistema.

No estado do Ceará, o estudo de interferência entre reservatórios já vem sendo procedido no processo normal de concessão de licenças para construção de obras hidráulicas.

Referências Bibliográficas

BURNAS , Robert J C. e FERRAL, R. L. Generalized h drologic modeling, e to drought anal sis. *In*: SECOND INTERNATIONAL S MPOSIUM IN DROLOG , 1, 1972, Fort Collins, Colorado. *Anais* ... Fort Collins, Colorado: 1973. 503 p.

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T.de C. e LIMA, . V. C. Secas no Nordeste diante de um cenário de mudanças climáticas. *In*: SIMP SIO DE RECURSOS ÍDRICOS DO NORDESTE, II, 1994, Fortaleza. *Anais* ... Fortaleza, CE: Associação Brasileira de Recursos ídricos, nov. 1994. 479p. p.20- 26.

CAMPOS, J. N. B. *Vulnerabilidades do Semi-Árido às secas, sob o ponto de vista dos recursos hídricos*.— Brasília: PROJETO ÁRIDAS R , SEPLAN/PR, 1995.

CAMPOS, J. N. B.; SOUZA FIL O, F. A e ARAÚJO, J. C. Errors and variabilit of reservoir ield estimation as a function of the coefficient of variation of annual inflo s. *In*: CONGRESS IA R, VII, 1997. *Proceedings*... San Francisco, USA: 1997.

CAMPOS, J. N. B. *Dimensionamento de reservatórios*: o método do diagrama triangular de regularização.— Fortaleza, CE: Edições UFC, 1996. 51p.

C ANG, Lisa .; UNSA ER, T. e DRAVES, John D. Recent research on effects of climate change on ater resources. *Water Resources Bulletin*, American ater Resources Association, v.28, n.2, p.273-286, Apr. 1992.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE. 1987. *Our common future*.— Ne or : Oxford Universit Press, 1987. 383p.

DNOCS/Consórcio SCET-COOP SIRAC/CONESPLAN. *Açudes Públicos Cedro, Riacho do Sangue, Ayres de Souza, Forquilha e Várzea do Boi. Estudos hidrológicos*.— Fortaleza: 1971.

FERREIRA FIL O, . M. *Recursos hídricos no Nordeste Semi-Árido.*— Brasília: PROJETO ÁRIDAS R , SEPLAN/PR, 1994.

GIRÃO, V. C. As charqueadas. *In*: SOUSA, S. (coord.) *História do Ceará*.— Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 1994. p.75.

GLEIC , Peter . Vulnerabilit of ater s stems. *In*: AGGONER, P. E. (ed.) *Climate change on U.S water resources*.— Ne or : ille , 1990.

GONDIM FIL O, J. G. C. *Sustentabilidade do desenvolvimento do Semi-Árido sob o ponto de vista dos recursos hídricos*.— Brasília: PROJETO ARIDAS R , SEPLAN/PR, 1995.

JUCÁ, G. N. M. A guisa de introdução — o espaço nordestino: o papel da pecuária e do algodão. *In*: SOUSA, S. (coord.) *História do Ceará*.— Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 1994. p.17.

LISBOA, M. A. O problema das secas. *In*: DNOCS. *Pensamento e diretrizes*.— Fortaleza: 1984.

MAGAL ÃES, A. R. e GLANTZ, M. . *Socioeconomic impacts of climate variations and policy response in Brazil.* United Nations Enviromment Programe, Secretaria do Planejamento do estado do Ceará e Fundação Esquel do Brasil, 1992.

PAULINO, Francisco de Sousa. *Nordeste, poder e subdesenvolvimento sustentado discurso e prática*.— Fortaleza: Edições UFC, 1992.

PESSOA, D.; GALINDO, O.; LESSA, S. e MARAN ÃO,V. S. A idéia, o projeto, a região *In*: GALINDO, O. (org.) *Transposição do São Francisco*: a dimensão sócio-econômica.— Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 1989.

SEPLAN/IICA. *Variabilidade climática e planejamento da ação governamental no Nordeste Semi-Árido* — avaliação da seca de 1993. Relatório Final.— Brasília: 1994.

SERAGELDIN, I. To ard sustainable management of ater resources. *In*: *Directions in development*.— ashinton D.C.: The orld Ban ., 1995.

SOUZA, J. G. *O Nordeste brasileiro*: uma experiência de desenvolvimento regional.— Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1979. II, 410p.

SUDENE. Política das águas. *In*: *Estudos de base do Vale do Jaguaribe*.— Recife: 1967.

SUDENE. *Análise do meio físico e regionalização*.— Recife: 1980. v.1 - Plano Aproveitamento Integrado dos Recursos ídricos do Nordeste do Brasi l — Fase. p.1-46.

VIEIRA, V. P. P. B. Recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do Nordeste*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Associação Brasileira de Recursos ídricos, v.1, n·1, p.89-107, jan./jun. 1996.

ORLD BAN . *Water resources management*: a orld Ban polic paper.— ashington, DC: 1993..

(Originais recebidos em junho de 1996. Revistos em dezembro de 1997)