

Proposta metodológica para gestão de secas: o caso da bacia do Alto Jaguaribe, Ceará

Thereza Christina Citó César Rêgo
Vicente P. P. B. Vieira

RESUMO: Utilizando o cenário climático construído para o período de 2001 a 2025, pelo modelo ECHAM4 (Roeckner et al., 1996), seleciona-se o ano mais crítico em termos de oferta hídrica, para a região do alto Jaguaribe, Ceará. A seleção é feita, aplicando-se índices climatológicos de monitoramento de secas. Diante desta situação previsível de seca é proposta uma metodologia de gestão, que relaciona ações a serem desenvolvidas na fase preventiva e na fase de contingenciamento, com medidas para controle da oferta e demanda. O desempenho da metodologia proposta é comparado com as ações da política classicamente adotada em épocas de secas, através da determinação do indicador de qualidade da gestão de secas - IGS, que relaciona o índice de sustentabilidade - IS (ASCE, 1998), o índice de estresse hídrico - ig₉₀ (Araújo et al., 2004), o índice de acesso - iAC e o índice de consumo - iC, o indicador de qualidade institucional dos municípios - IQIM (BNB, 2005) e o custo com o abastecimento emergencial - CE. Os melhores resultados são encontrados com a aplicação do modelo de gestão proposto, para todos os índices e indicadores, com exceção do custo associado ao abastecimento em época de estiagem, valor esse onerado pelo aumento do volume de água fornecido pelas unidades de distribuição móvel.

PALAVRAS-CHAVE: secas, cenários, gestão, indicadores.

ABSTRACT: Using the climatic scene constructed to 2001 - 2025 period by ECHAM4 model (Roeckner et al., 1996), the most critical year in terms of water supply in alto Jaguaribe river region, Ceará is selected using some droughts monitoring indexes. A drought management methodology is proposed contemplating: new management structure, activities to be developed, suggests measures for water use control (offers and demands) and compares its performance with the classic politics nowadays adopted. A droughts management quality indicator - IGS is determined which relates the sustainable index - IS (ASCE, 1998); water stress index - ig₉₀ (Araújo et al., 2004); access index - iAC and consumption index - iC, to populations supplied by mobile system of water distribution; municipality institutional quality indicator - IQIM (BNB, 2005) and the emergency water supply costs - CE. The results point an up grade in the IGS by the new methodology.

KEYWORDS: drought, scene, management, indicators.

INTRODUÇÃO

As secas fazem parte do cotidiano da população do nordeste brasileiro. A primeira da qual se tem notícia foi registrada pelo padre Fernão Cardim, em 1583, que se encontrava na área costeira ocupada pelos portugueses, e que registrou, que quatro ou cinco mil índios chegaram ao litoral, vindos da serra, por causa da fome (Alves, 1982).

Ao longo de séculos ações vêm sendo empreendidas com o intuito de minimizar os efeitos nocivos das secas. Da execução de obras de infra-estrutura hídrica à criação de leis normatizando o uso dos recursos hídricos, e ao monitoramento climático (BRASIL, 1995).

Por outro lado, a vulnerabilidade das populações diante da estiagem, principalmente das rurais, não beneficiárias da água dos grandes reservatórios, principal fonte hídrica do estado, persiste, com intensidade semelhante à das primeiras décadas do século passado. Os efeitos das secas são amenizados pelas ações assistenciais, setor no qual se contabilizam evoluções, mas que resolvem unicamente, problemas contingenciais (Magalhães, 1991).

Embora recorrentemente sujeito às secas, o estado do Ceará ainda não institucionalizou uma política de ação governamental de convivência e mitigação dos efeitos das secas. Uma política que permita reduzir a vulnerabilidade das populações diante das situações

de escassez hídrica, que mantenha o suprimento de água para atendimento das necessidades básicas e das atividades produtivas, e que promova a redução do impacto socioeconômico das secas (Rêgo et al., 2005). A maioria das ações, suscetíveis às mudanças políticas, é desencadeada durante a ocorrência da estiagem, em caráter emergencial. Atividades de prevenção e mitigação apresentam-se incipientes e praticamente não existem avaliação e re-adequação contínua dos programas e atividades desenvolvidos (Carvalho, 1988).

Por outro lado, com os recursos institucionais, técnicos e científicos disponíveis no Estado, e a apropriação de recursos financeiros é possível por em prática uma política para gestão de secas. Diante dessa constatação é proposta uma metodologia de gestão de secas, sob o ponto de vista dos recursos hídricos, contemplando ações a serem efetivadas antes, durante e após esses eventos.

A ÁREA DE ESTUDO

A metodologia é aplicada na região hidrográfica do alto rio Jaguaribe, constituído-se na bacia hidro-

gráfica do açude Orós (1,96 bilhões de m³). Situada no sudoeste do estado do Ceará, drena uma área de 24.636 km² e abrange 23 municípios, abrigando uma população estimada para o ano 2000 de 509.225 habitantes.

A população é predominantemente rural, destacando-se como atividades econômicas a agricultura e a pecuária. A prática da agricultura de subsistência é bastante comum, bem como a agricultura de sequeiro, nas margens dos grandes reservatórios. A região concentra municípios do estado, com os piores valores do índice de desenvolvimento humano – IDHM (IPECE, 2006).

Pobre em recursos hídricos subterrâneos, pois assenta-se em grande parte, sobre área de relevo cristalino, as principais reservas hídricas dizem respeito a sua rede de açudagem, são 19 açudes de médio e grande porte monitorados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará - COGERH e Departamento Nacional de Obras Contra as Secas DNOCS, e inúmeros de pequeno porte. A Figura 1 apresenta a rede hidrográfica e seus principais açudes.

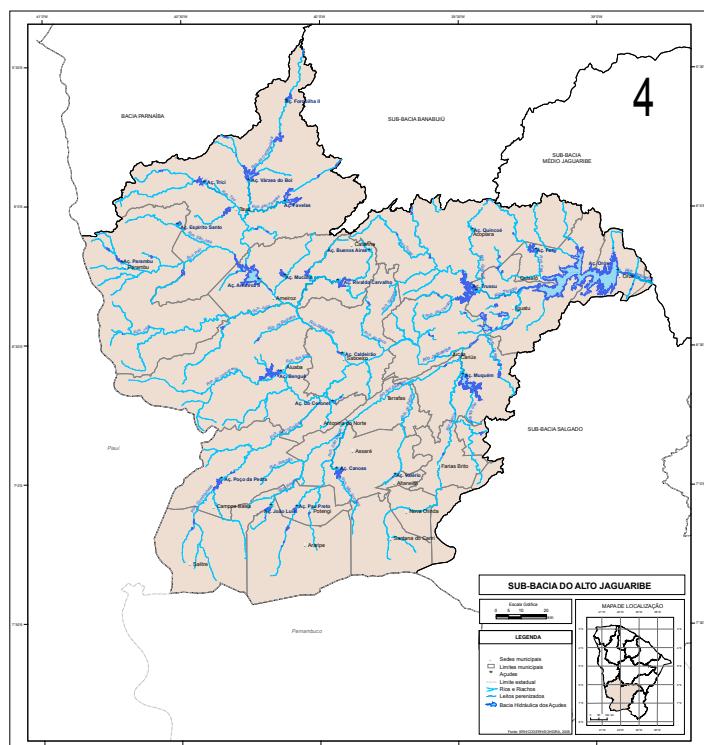


FIGURA 1. Região hidrográfica do alto Jaguaribe, Ceará. Fonte: CEARÁ (2004a).

A distribuição de água por unidades móveis, o popularmente conhecido carro-pipa, é rotineira, e não somente em secas interanuais, mas também nos anos em que se observa uma precipitação pluviométrica pouco abaixo da média histórica, como é o caso de 2007. Nesse ano, o Exército Brasileiro e a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC atenderam a 126.750 e 7.245 habitantes da região, respectivamente (CEARÁ, 2007).

As principais informações sobre o fornecimento de água às populações do alto Jaguaribe, no período de 2000 a 2007 são apresentadas na Tabela 1.

A ANÁLISE REGIONAL SOB A ÓPTICA DE INDICADORES

Índices e indicadores vêm sendo usados para avaliar plano e políticas implementadas, bem como diagnosticar e direcionar novas ações. O índice municipal de alerta - IMA (IPECE, 2007) é um indicador síntese, construído a partir de 12 indicadores: produtividade agrícola por hectare, produtividade agrícola por habitante, percentual da área colhida com agricultura de subsistência, perda de safra, percentual de famílias que recebem Bolsa-Família, em relação ao total de famílias inscritas, número de vagas do Seguro Safra no município, para cada gru-

po de 100 habitantes rurais, média de precipitação pluviométrica, desvio normalizado das chuvas, escoamento superficial, índice de distribuição de chuvas, índice de aridez e taxa de cobertura de abastecimento urbano de água.

O indicador de sustentabilidade elaborado pelo Banco do Nordeste do Brasil - BNB, com o objetivo de diagnosticar a vulnerabilidade sócio-econômica, ambiental, demográfica e institucional da região Nordeste e do estado de Minas Gerais, toma como base uma pesquisa de campo em 1.551 municípios, que originou o Atlas de Sustentabilidade (BNB, 2005). Os seguintes fatores são apontados como influentes na vulnerabilidade: elevado nível de concentração fundiária; instabilidade climática; forma de exploração das atividades agropecuárias e eliminação da cobertura vegetal natural.

Araújo et al. (2004) analisam a escassez hídrica nos 184 municípios do estado do Ceará, estimando o índice de estresse hídrico $ig90$ pelo balanço entre demanda e oferta de água, em cenários construídos para diferentes caminhos de desenvolvimento regional e de mudanças climáticas globais.

Sullivan et al., (2002), elaboraram o índice de pobreza hídrica - IPH, que avalia a disponibilidade superficial e subterrânea de água. O índice de suspen-

TABELA 1
Principais características do sistema móvel de distribuição de água (2001 a 2007).

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

Fonte: Adaptado de CEDEC (CEARÁ, 2001a), (CEARÁ, 2001), (CEARÁ, 2002), (CEARÁ, 2003), (CEARÁ, 2004), (CEARÁ, 2005), (CEARÁ, 2006), (CEARÁ, 2007) e (*) Exército Brasileiro (BRASIL, 2008).

tabilidade (ASCE, 1998) tem como objetivo avaliar dentre alternativas de concepção de um sistema, sejam elas empreendimentos, projetos, planos, qual a mais sustentável, auxiliando, assim, no processo de tomada de decisão. Relacionam os indicadores eficiência, confiabilidade e vulnerabilidade, que medem o desempenho destas alternativas ao longo de um período determinado.

Rêgo e Vieira (2004) determinaram o índice de sustentabilidade do açude Figueiredo, no estado do Ceará, buscando avaliar sua capacidade em manter, ao longo de um período pré-determinado, as demandas as quais ele objetiva atender.

GERENCIAMENTO DAS SECAS

Diretrizes para um modelo de gestão

Existem implantadas, por lei e pela Constituição Federal, duas políticas, que em ação conjunta incrementariam a eficiência na implantação de um sistema contínuo de mitigação dos efeitos das estiagens, a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Política Nacional de Defesa Civil, a primeira estruturada institucionalmente no Ministério do Meio Ambiente – MMA e a segunda no Ministério da Integração Nacional – MI (Vendruscolo; Kobiyama, 2007).

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

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

Um modelo da gestão de secas, abrangendo ações das políticas de recursos hídricos, de convivência com o semi-árido e de defesa civil deve ser implantado, contemplando: a definição de um grupo de trabalho, com nova estrutura organizacional das instituições; embasamento técnico-científico; aspectos legais; atividades permanentes; atividades da fase de contingência; redução do estresse hídrico e melhoria do acesso à água.

Estrutura organizacional

Para que o Sistema Estadual de Defesa Civil cumpra com um dos seus objetivos, de minimizar os desastres, é necessário uma atuação mais incisiva, principalmente junto às populações mais carentes, na prevenção e planejamento desses eventos.

A garantia de fornecimento de água prevista na lei 9.433/2007 é de competência do Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Dentro desse sistema os comitês de bacia têm papel fundamental em decorrência da sua participação colegiada, no entanto, nem sempre têm a proximidade para atender aspectos mais específicos dos anseios dos usuários de água. Tal constatação reforça a necessidade da presença local e regional do estado, como executor das ações de planejamento, implementação, divulgação, acompanhamento e re-avaliação das ações de monitoramento climático e de mitigação dos efeitos das estiagens.

Aspectos legais

As dificuldades ao se implantar uma política são maiores se ela não for solidamente embasada por meios legais e se seus objetivos não forem claramente apresentados e discutidos junto às populações. A implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos foi viabilizada, pois seguiu os ditames de uma lei ordinária, diferentemente da defesa civil, que ocorreu mediante decreto governamental.

Com respeito à legalização financeira para custeio dos investimentos e ações, o Sistema Estadual de Defesa Civil não contempla um fundo específico, sendo importante a sua adoção, para atendimento aos programas de contingência e às ações preventivas.

Embasamento técnico-científico

A pesquisa tem papel estratégico na gestão de secas. O uso da tecnologia na prevenção precoce dos eventos, na minimização das perdas de água e da degradação do solo, na avaliação da capacidade de armazenamento e do comportamento dos aquíferos, e na identificação de sistemas agrícolas sustentáveis. Os procedimentos tecnológicos devem incluir, ainda: acesso *on-line* das informações climáticas; disponibilização on-line dos bancos de dados de todos os sistemas e entidades envolvidas na gestão; sistema de suporte a decisão para análise de dados do clima; uso de modelos financeiros que ajudem na tomada de decisão; e uso de dados de sensoreamento remoto,

modelos e sistemas de informações geográficas, para monitorar e acessar espacialmente e temporalmente a extensão e severidade das secas, e acompanhar as ações em andamento.

Atividades permanentes

As áreas sujeitas a fenômenos climáticos extremos encontram-se continuamente ou na fase de contingência ou na fase de gerenciamento do risco, desencadeando um contínuo processo de implementação de atividades. O gerenciamento do risco enfatiza a prevenção, mitigação, predição e atividades de alerta precoces, que compõem as atividades permanentes; o gerenciamento da contingência envolve a avaliação dos impactos e a execução de ações incisivas de resposta, recuperação e reconstrução (Botterill; Wilhite, 2005)

As ações propostas para a fase de gerenciamento do risco são: monitoramento climático; monitoramento e otimização das reservas superficiais; mapeamento das áreas de risco; implantação de um plano sistemático de coleta e análise da água bruta e dos esfluentes lançados nos corpos hídricos; determinação do índice municipal de alerta – IMA prévio, no mês de dezembro; determinação do índice municipal de alerta – IMA ao final da quadra chuvosa; gestão da informação; atualização do Cadastro de Usuários de Água; atualização do Cadastro de Pequenos Produtores Rurais e do diagnóstico agropastoril; elaboração de um banco de dados do sistema móvel de distribuição de água, incorporando ações da Defesa Civil e do Exército; medidas de controle nos sistemas públicos de fornecimento de água; compatibilização de obras emergenciais e obras estruturantes; adoção de medidas para redução da demanda (irrigação e criação de animais); educação ambiental com enfoque no risco e redução de desastres; medidas estruturantes de ampliação da oferta e do acesso a água; avaliação semestral das ações, com identificação dos pontos vulneráveis e a proposição de melhorias.

Atividades da fase de contingência

Nessa fase, às atividades executadas durante o gerenciamento do risco, adicionam-se as seguintes: revisão dos volumes de água outorgados; estabelecimento de cotas de água para os usuários dos sistemas públicos de água, com cobrança de multa; medidas de ampliação do acesso à água: extensão do atendimento por meio de unidades móveis de abastecimento de água, com otimização das rotas de distribuição; con-

cessão de subsídios financeiros; pagamento do seguro safrá; implantação de programas educacionais e de caráter associativo e avaliação do impacto da seca.

Redução do estresse hídrico

O estresse hídrico será avaliado mediante a determinação do índice de estresse hídrico (Araújo et al., 2004) para uma nova situação, onde se propõe a ampliação da oferta hídrica existente e a redução da demanda.

Ampliação da oferta

Dentre as medidas para ampliação da oferta de água sugeridas, se destacam as obras de segurança hídrica do Plano de Ações para Convivência com a Seca – PACE (CEARÁ, 2007a); barragens superficiais (Faé, Arneiroz II, Jucá, Puiú, Mamoeiro, Bastiões e Farias Brito), adutoras e poços (PP-01, PP-03 e PP-04), executados, estudados ou em fase de execução pela SRH; barragens subterrâneas propostas e cisternas executadas pela Articulação no Semi-Árido Brasileiro – ASA (ASA, 2007).

Considerou-se a estimativa de Abreu (2003), na qual o incremento médio da infra-estrutura hídrica subterrânea, por município, no período de 2003 a 2006 é de 6,31% e a construção de cinco barragens subterrâneas em cada município, onde se estima um volume total adicional de 50.000m³/ano (Costa, 1998).

A ampliação da oferta proposta gera um volume adicional aproximado de 148,04 hm³/ano.

Controle da Demanda

As experiências mostram que o controle da demanda é a ferramenta mais efetiva para a mitigação das secas. A maior demanda provém da irrigação, que deve ser praticada com nível de eficiência mais elevado, usando-se métodos e culturas menos consumidoras.

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

A operação e a manutenção dos sistemas de abastecimento de água, com rigoroso controle, visando à redução de perdas, racionamentos planejados e divulgados à sociedade e a adoção de fontes hídricas

de caráter menos vulnerável para as populações, principalmente as residentes nas sedes municipais e distritais.

A educação ambiental constitui também importante ferramenta de controle da demanda.

Melhoria do acesso à água

48

O acesso à água é um grande entrave ao desenvolvimento regional, pois enorme contingente populacional é atendido pelo sistema móvel de distribuição de água, tornando-se uma atividade rotineira. É importante otimizar esse sistema através da redução do número de localidades atendidas e da extensão média percorrida do consumidor à fonte.

Uma opção para atender às comunidades rurais seria a instalação de poços profundos na aluviação dos rios e riachos, priorizando as comunidades abastecidas por unidades móveis. Tomando-se como exemplo o distrito sede, no município de Tauá, apresenta-se na Figura 02 as manchas aluvionares e os poços cadastrados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM geo-referenciados, bem como as comunidades atendidas pelos roteiros de distribuição das unidades móveis (BRASIL, 2008).

Aplicação do modelo em anos de seca

A partir dos dados climatológicos simulados pelo modelo ECHAM4 (Roeckner *et al.*, 1996), para o período de 2001 a 2025, com os dados observados no período de 1978 a 2000, Rêgo (2008) seleciona o ano, no qual as secas se mostraram de grande severidade. O ECHAM4 é formulado com base nos modelos climáticos do GCM - General Circulation Models, recomendados pelo Painel Internacional de Mudanças Climáticas – IPCC.

Os critérios para a escolha desses anos são o índice de estresse hídrico (Araújo *et. al.*, 2004) e os índices climatológicos: Rainfall Anomaly Index – RAI (Rooy, 1965), Bhalme & Mooley Drought Index – BMDI, (Bhalme; Mooley 1979), Herbst Severity Index – HSI, Herbst *et. al* (1966), Lamb Rainfall Departure Index – LRDI, o índice de Gibbs & Maher (1967) e Índice de Aridez (Thornthwaite, 1948).

Os resultados são os seguintes: Índice de aridez – IA - 2007 e 2009; Rainfall Anomaly Index – RAI - 2017 e 2009; Índice de Bhalme & Mooley – BMDI - 2017 e 2007; Herbst severity index – HSI - 2024 e 2017; e Índice de estresse hídrico – 2007.

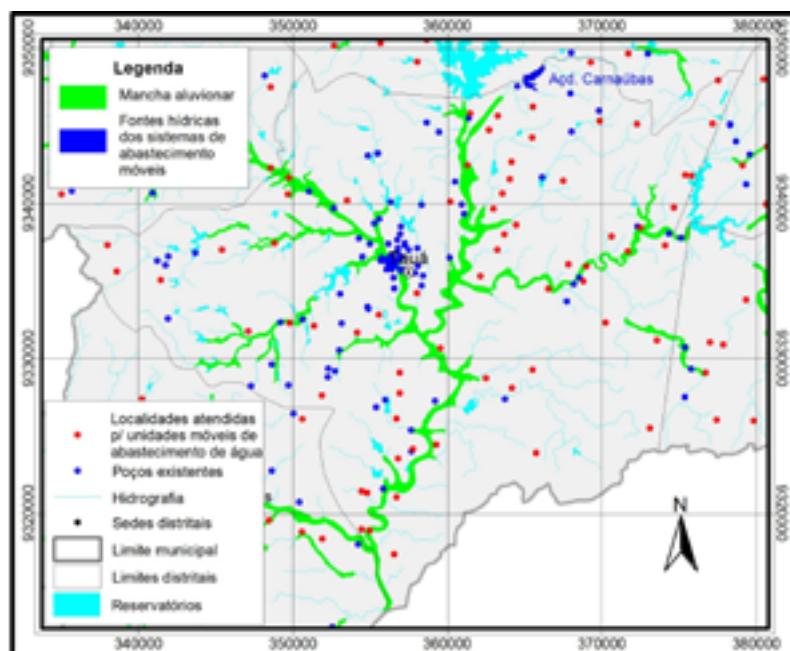


FIGURA 2. Distrito-Sede:
aluvões, poços
cadastrados e comuni-
dades abastecidas por
unidades móveis. Fonte:
CPRM (1999); FUNCEME
(2008); (BRASIL, 2008).

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO MODELO PROPOSTO

Para avaliar o desempenho do modelo proposto, faz-se uma comparação das ações da política de secas sugeridas, com aquelas empreendidas pelos governos estadual e federal, mediante a determinação do indicador de qualidade de gestão de secas, calculado conforme a equação:

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

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

A síntese do indicador de qualidade da gestão de secas é feita mediante o recurso da padronização em índices, de acordo com a equação (2).

$$Ij = \left(\frac{Xi, j - Xm}{XM - Xm} \right) \quad 0 \leq Ij \leq 1 \quad (2)$$

em que: Xi, j = valor numérico de um indicador qualquer (i) relativo a um município (j); Xm = menor valor numérico no universo do indicador considerado; XM = maior valor numérico no universo do indicador considerado.

O índice de sustentabilidade – IS (ASCE, 1998) é determinado de acordo com a equação (3), para o período simulado de 25 anos.

$$IS = C.R.(1 - VRT) \quad (3)$$

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

O índice de acesso à água - iAC e o índice de consumo – iC se aplicam às populações atendidas pelos sistemas de distribuição móvel de água. Referem-se, respectivamente a relação entre a população atendida e a distância percorrida, e à taxa de consumo *per capita* diária dessa população. Esses índices são determinados pelas equações (4) e (5):

$$iAC = \frac{PopAt1 / D1 + \dots + PopAtn / Dn}{n} \quad (4)$$

$$iC = \frac{Vol}{PopAt} \quad (5)$$

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

O ig_{90} (Araújo et. al., 2004) relaciona oferta e demanda conforme a equação (6):

$$ig(G) = \frac{\text{Demandaglobalconsuntiva}}{\text{Disponibilidade global garantida}} = \frac{Q_d}{Q_s(G)} \quad (6)$$

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

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

$$IQIM = \left(\frac{GP + CAF + CAG}{100} \right) \quad (7)$$

em que: IQIM = indicador de qualidade institucional dos municípios, GP = indicador do grau de participação; CAF = indicador da capacidade financeira; CAG = indicador da capacidade gerencial. O IQIM classifica os municípios nas categorias de qualidade institucional: muito baixa, baixa, média e alta.

A metodologia é aplicada à situação de seca ocorrida no ano 2007, por ter sido apontado como ano crítico e por possuir boa confiabilidade dos dados existentes.

RESULTADOS

Sustentabilidade no atendimento às demandas

A sustentabilidade no atendimento às diversas categorias de usuários de água é calculada por meio do índice de sustentabilidade – IS, em um período de 25 anos, para a situação atual, e para a situação proposta. A Tabela 02 apresenta o índice de sustentabilidade obtido com a determinação dos indicadores: confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade.

Índices de acesso e consumo

O índice de acesso – iAC e o índice consumo – iC dos usuários do sistema móvel de distribuição de

água, se apresentam em termos de valores médios, para municípios do alto Jaguaribe na Tabela 3 e Tabela 4, para o ano 2007.

Índice de estresse hídrico

Inicialmente determinado por Araújo et. al, 2004, o índice de estresse hídrico – ig90, que leva em conta oferta e demanda foi novamente avaliado com à ampliação da oferta apresentada no item “Ampliação da oferta” e a redução da demanda hídrica proposta pelo Programa WAVES, para o estado do Ceará, para o cenário macroeconômico de desenvolvimento regional centralizado - RSA (Gaiser et al., 2003).

Utilizando-se a ferramenta *Solver®* da planilha eletrônica, buscam-se os valores a serem reduzidos da demanda de água, de forma que o ig90 apresente valor mínimo igual a um, tais como: consumo mínimo da população ligada a sistemas públicos de abastecimento de água igual a 120 l/hab/dia, e da população não ligada igual a 20l/hab/dia; priorização da manutenção do rebanho sobre a irrigação; redução total do consumo da categoria turismo; em casos críticos, eliminação da demanda industrial. O índice de estresse hídrico inicialmente calculado, bem como o modificado pela ampliação da oferta e controle da demanda se apresentam na Tabela 3 e Tabela 4.

TABELA 2
Índice de sustentabilidade – IS determinado para o período de 2001 a 2025.

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

TABELA 3
Síntese dos componentes do indicador de qualidade da gestão de secas – Política de gestão atual

Município	Indicador de qualidade da gestão de secas – IGS					
	IS	Iac	iC	ig90	IQIM	CE (R\$)
Acopiara	0,03	13,8	9,8	4,63	Média	369.567,10
Aiuaba	0,78	2,2	11,3	2,8	Baixa	63.813,40
Altaneira	0,07	-	-	2,01	Alta	-
Ant. do Norte	0,05	6,8	11	2,85	Muito Baixa	77.007,00
Araripe	1	3,6	20	0,77	Média	-
Arneiroz	1	6,4	9,9	0,15	Baixa	188.673,80
Assaré	0,81	5,1	12	2,98	Muito Baixa	78.110,90
Campos Sales	1	4,3	10,2	0,47	Média	131.856,20
Cariús	0,94	5,8	11	0,88	Média	8.857,80
Catarina	0,26	4	10,8	1,67	Baixa	239.759,10
Farias Brito	0,11		-	0,22	Alta	-
Íco	0,96	6,2	14,1	0,63	Média	27.491,10
Iguatu	1	13,1	9,9	0,52	Baixa	43.929,90
Jucás	0,9	4,5	16,5	1,06	Média	50.327,24
Nova Olinda	0	11,2	9,8	0,77	Média	138.812,10
Orós	0,95	11,7	18,2	0,58	Alta	17.689,00
Parambu	0,1	6,1	10,1	3,75	Alta	69.199,90
Potengi	0,77	7	12	2,25	Muito Baixa	16.837,80
Quixelô	1	1,6	10,8	0,18	Baixa	49.384,80
Saboeiro	0,94	3,1	17	0,86	Baixa	97.103,30
Salitre	1	12,3	9,5	0,82	Muito Baixa	429.004,80
Sant do Cariri	0	3,1	12,4	1,99	Média	59.078,60
Tarrafas	0,09	-	-	0,72	Muito Baixa	-
Tauá	0,75	12,4	9,8	1,03	Média	601.027,00

TABELA 4
Síntese dos componentes do indicador de qualidade da gestão de secas – Política de gestão proposta

Município	Indicador de qualidade da gestão de secas - IGS					
	IS	iAC	iC	ig90	IQIM	CE R(\$)
Acopiara	0,05	3,9	20	1	Alta	545.112,76
Aiuaba	0,85	0,6	20	1	Média	81.738,36
Altaneira	0,11	-	20	1	Alta	
Ant. do Norte	0,88	4,5	20	1	Baixa	48.746,37
Araripe	1	-	20	0,77	Alta	
Arneiroz	1	3,5	20	0,15	Média	170.082,36
Assaré	0,87	2,9	20	1	Baixa	55.914,70
Campos Sales	1	-	20	0,47	Alta	0
Cariús	0,94	0,7	20	0,88	Alta	14.224,41
Catarina	0,26	1,1	20	1	Média	321.017,60
Farias Brito	1		20	0,22	Alta	
Icó	0,96	0,9	20	0,63	Alta	33.323,16
Iguatu	1	1,4	20	0,52	Média	79.645,53
Jucás	0,94	0,6	20	1	Alta	53.024,95
Nova Olinda	0,16	4,3	20	0,77	Alta	173.238,08
Orós	0,95	4	20	0,58	Alta	12.771,96
Parambu	0,45	1,3	20	1	Alta	107.208,94
Potengi	0,83	0,9	20	1	Baixa	24.442,34
Quixelô	1	0,3	20	0,18	Média	76.116,10
Saboeiro	0,94	0,4	20	0,86	Média	98.651,20
Salitre	1	3,9	20	0,82	Baixa	620.520,38
Santana do Cariri	0,01	1	20	1	Alta	62.668,30
Tarrafas	0,9	-	20	0,72	Média	
Tauá	0,79	4,9	20	1	Alta	741.806,07

Custos com o abastecimento de água emergencial

No ano de 2007, foi distribuído pelas unidades móveis um volume de água mensal de 174.227m³, para 27.830 famílias nos municípios da região do alto Jaguaribe. Os custos originários da operação não foram informados, o que levou à adoção do valor médio obtido para Tauá, como representativo da região, igual a R\$2,66/km. Foi admitido também uma duração de cinco meses de atendimento. O custo anual na região está perto de R\$ 2.758.062,84, com um custo médio de R\$5,9/m³. No período de 1999 a 2007 foram gastos aproximadamente 21 milhões de reais. Comparando-se esses valores, com o custo

médio por família do Projeto S. José, de R\$ 1.897,80 (CEARÁ, 2007a), o valor total aplicado com o sistema móvel de distribuição de água, seria suficiente para beneficiar 11.124 famílias. O Projeto S. José é um composto por captação, tratamento, reservatórios e rede de distribuição de água.

Os custos com o abastecimento emergencial se apresentam na Tabela 3 e Tabela 4. Como alternativa, para a política proposta é adotado um consumo *per capita*, para as populações atendidas pelas unidades de distribuição móvel, de 20l/hab/dia, o que não vem sendo praticado, pois a média na região em 2007 é em torno de 12,3l/hab/dia. Dessa forma, se elevam os custos de abastecimento das populações em aproximadamente 87%.

Qualidade institucional

As medidas da política proposta, que conferem maior capacitação tecnológica, maiores autonomia e participação popular junto às instituições locais, produzem resultados diretos sobre o indicador de qualidade institucional dos municípios - IQIM (BNB, 2005). Uma avaliação quantitativa desse incremento demanda o conhecimento de parâmetros usados na sua determinação, os quais não são disponibilizados. Portanto, é considerado o fato de que as melhorias advindas da nova política elevam o município de sua categoria atual, apresentada na Tabela 3 para a outra imediatamente superior, mostrado na Tabela 4.

Indicador de qualidade da gestão de secas

Uma síntese dos indicadores utilizados para a determinação do indicador de qualidade da gestão de secas – IGS é apresentada respectivamente, para a política atual de gestão de secas e para a proposta, nas Tabelas 3 e 4. O IGS padronizado em índices é mostrado na Tabela 5.

Os resultados demonstram que os melhores índices são encontrados, de uma forma geral, para o modelo da gestão proposto, os quais são fortemente influenciados pelo tamanho das populações assistidas com o sistema móvel de distribuição de água. Os municípios de Acopiara, Tauá e Nova Olinda apresentam os piores resultados enquanto Quixelô, Iguatu e Arneiroz, os melhores.

53

TABELA 5
Indicador de qualidade da gestão de secas - política de gestão atual e política de gestão proposta

Município	IGS		Município	IGS	
	Política de gestão atual	Política de gestão proposta		Política de gestão atual	Política de gestão proposta
Acopiara	0,09	0,3	Jucás	0,73	0,71
Aiuaba	0,64	0,77	Nova Olinda	0,35	0,45
Antonina do Norte	0,5	0,63	Orós	0,64	0,59
Araripe	0,82	0,63	Parambu	0,31	0,51
Arneiroz	0,65	0,83	Potengi	0,68	0,77
Assaré	0,66	0,69	Quixelô	0,78	0,97
Campos Sales	0,64	0,69	Saboeiro	0,8	0,82
Cariús	0,65	0,74	Salitre	0,5	0,56
Catarina	0,49	0,59	Sant do Cariri	0,49	0,54
Icó	0,7	0,78	Tauá	0,29	0,33
Iguatu	0,6	0,86			

CONCLUSÕES

As secas estão intimamente ligadas à história do Ceará, desde as primeiras iniciativas para sua colonização, influenciando no comportamento, na cultura e nas tecnologias desenvolvidas. O desenvolvimento institucional e tecnológico, principalmente no que diz respeito às atividades de monitoramento climático, representa grande perspectiva de avanço na gestão desses fenômenos.

As políticas de recursos hídricos, bem como de defesa civil, devem ser fortalecidas, interiorizadas e divulgadas. A difusão das ações na sociedade é fundamental para o alcance dos objetivos e para torná-las menos vulneráveis as mudanças políticas. A governabilidade como indutora da participação popular e condutora das ações é de grande valia junto às populações mais carentes.

Com relação aos planos e estudos, o comportamento da água subterrânea na região do alto Jaguaribe

é desconhecido. Faltam monitoramento, operação adequada e manutenção das estruturas. É importante manter atualizado o cadastro de usuários de água e incentivar a elaboração de planos locais de água e do zoneamento ecológico e econômico. Os planos de recursos hídricos ou de gerenciamento de bacias hidrográficas não contemplam a problemática do sistema móvel de abastecimento de água, que é uma constante em muitos municípios do estado.

O quadro de escassez hídrica é muito grave, comprometendo o crescimento da região. Alguns açudes de médio e grande porte ainda devem ser executados na região. Conforme se pode verificar na análise do índice de estresse hídrico ig90, as alternativas de ampliação da oferta surtiram maior efeito com a gestão da demanda. A gestão da demanda, apenas no ano seco de 2007, melhorou o índice de sustentabilidade ao longo de 25 anos. É ainda recomendada uma maior apropriação financeira para a gestão dos recursos hídricos.

Referências

- ABREU, C.B.R., **Impacto da política de aumento de oferta hídrica do governo estadual sobre a redução do estresse hídrico nos municípios cearenses**. Dissertação de Mestrado, UFC -2003. 96p.
- ALVES, J. **História das secas**: séculos XVII a XIX. Coleção Biblioteca Básica Cearense, obra fac-símile. Fortaleza: Fundação Waldemar Alcântara, 1982. 539p.
- ARAÚJO, J. C. de.; DÖLL, P.; GÜNTER, A.; KROL, M.; ABREU, C. B. R.; HAUSCHILD, M.; MEDIONDO, E. M. Water scarcity under scenarios for global climate change and regional development in semi-arid northeastern Brazil. **Water International**, International Water Resources Association, 2004. v. 29, n. 2, p. 209-220
- ASA, **Relatório de totalização de cisternas por municípios/comunidades**. Articulação no Semi-Árido Brasileiro, 2007.
- ASCE, UNESCO/IHP. **Sustainability Criteria for Water Resource Systems**, Task Committee on Sustainability Criteria, Water Resources Planning and Management Divisions, ASCE - American Society of Civil Engineers. IV Project M-4.3. Reston, Virginia, 1998.
- BHALME, H. N., MOOLEY, D. A., On the performance of modified Palmer index. Archives for Meteorology, Geophysics and Bioclimatology, Ser. B, 27, 281-295. 1979.
- BNB. **Atlas de Sustentabilidade**: indicadores municipais para a área de atuação do Banco do Nordeste do Brasil - 2005. Fortaleza: BNB, 2005. 36p
- BOTTERILL, L. C.; WILHITE, D. A. **From disaster response to risk management**. Australia National Policy. The Netherlands: Springer, 2005. 209p.
- BRASIL.. **Política de recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do estado do Ceará**. Relatório final consolidado. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação da Presidência da República; Secretaria do Planejamento e Coordenação do Ceará, Projeto Áridas – Ceará 2020, GT II – Recursos Hídricos, Fortaleza, jul. 1995.
- BRASIL.. Ministério da Defesa; Exército Brasileiro; 10ª Região Militar; **Ofício nº 032-DPPE.2**, Fortaleza, CE, 2008.
- CARVALHO, J. O. de. **A economia política do Nordeste**: secas, irrigação e desenvolvimento. Rio de Janeiro: Campus; Brasília: ABID, 1988. 434 p.
- CEARÁ. **Ações desenvolvidas pela CEDEC nos municípios do estado**: período janeiro a dezembro/2001. Secretaria do Trabalho e Ação Social; Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2001a.
- _____. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa**. Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2001.
- _____. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa**. Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2002.
- _____. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa**. Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2003.

- _____. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa.** Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2004.
- _____. **Consolidação da política e dos programas de recursos hídricos do estado do Ceará. Atualização do Plano Estadual dos Recursos hídricos.** Diagnóstico. Secretaria dos Recursos Hídricos. Fortaleza, 2004a.
- _____. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa.** Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2005.
- _____. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa.** Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2006.
- _____. **Sistema de Acompanhamento de Carro-Pipa.** Secretaria de Ação Social, Coordenadoria Estadual de Defesa Civil. Fortaleza, 2007.
- CEARÁ. Plano de Ações para Convivência com a Seca - PACE.** Fortal. www.ceara.gov.br. Acesso em 20/12/2007a.
- COSTA, W. D. da, **Manual de barragens subterrâneas**, Conceitos básicos, aspectos locacionais e construtivos. Secretaria dos Recursos Hídricos. Fortaleza, 1998.
- CPRM. **Atlas digital dos recursos hídricos subterrâneos do Ceará.** Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil. Fortaleza, 1999.
- DÖLL, P.; KROL, M. S. Integrated scenarios of regional development in two semi-arid states of north-eastern Brazil. **Integrated Assessment**, v. 3, n. 4, p.308 - 320, 2002.
- FUNCEME. Relatório georreferenciamento das imagens CBERS e vetorização dos espelhos d'água de 20 hectares do Brasil. Ministério da Integração Nacional/FUNCEME. Fortaleza, CE, 2008.
- GAISER, T.; KROL, M.; FRISCHKORN, H.; ARAÚJO, J. C. **Global change and regional impacts.** Water Availability and Vulnerability of Ecosystems and Society in the Semi-arid Northeast of Brazil. Berlin: Springer-Verlag, 2003. v. 1, 428 p
- GIBBS, W. J., MAHER, J. V., Rainfall deciles as drought indicators. **Commonwealth Bureau of Meteorology Bulletin**, 48. Melbourne. 1967.
- HERBST, P.H., BRENDENKAMP, D. B. e BARKER, H.M.G., A technique for the evaluation of Drought from rainfall data, **Journal of hydrology**, vol. 4, pp. 264-272. 1966.
- IPECE. **Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) Ceará - 2004**. Fortaleza, 2006.
- _____. **Índice Municipal de Alerta:** Um instrumento para orientações preventivas em situação de adversidades climáticas – Estado do Ceará - 2007. Fortaleza, 2007.
- MAGALHÃES, A. R. (Org.). **Respostas governamentais às secas:** a experiência de 1987 no Nordeste. Fortaleza: Imprensa Oficial do Ceará, 1991. 223 p.
- RÊGO, T. C. C. C. **Proposta metodológica para gestão de secas: o caso da bacia do Alto Jaguaribe, Ceará.** Tese. Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. 193p.
- RÊGO, T. C. C. C.; VIEIRA, V.P. B.; Índice de sustentabilidade associado à operação de açudes no semi-árido – o açude Figueiredo como estudo de caso. Fortaleza: **Revista Tecnologia**, 2004. v.25, n.2, p.1.
- RÊGO, T. C. C. C.; OEL P. van.; ARAÚJO, J. C. de. Avaliação dos planos de convivência com a seca no Ceará: estudo de caso 2001. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 16. **Anais...João Pessoa**, 2005.
- ROECKNER, E.; ARPE, K.; BENGTSSON, L.; CRISTOPH, M.; CLAUSSEN, M.; DÜMENIL, L.; ESCH, M.; GIORGETTA, M.; SCHLESE, U.; SCHULZWEIDA, U.; The atmospheric general circulation model ECHAM-4: model description and simulation of present-day climate. **Report nº. 218**. Hamburg, Germany: Max-Planck-Institute for Meteorology. 1996.
- ROOY, M.P. van., A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos**, 14, 43. 1965.
- SULLIVAN, C., MEIGH, J.R. AND FEDIW, T.S. 2002. Derivation and Testing of the Water Poverty Index. Phase 1. Final Report, vol. 1. www.soas.ac.uk/Geography/WaterIssues/OccasionalPapers/AcrobatFiles. Acesso: 15/05/2007.
- THORNTHWAITE, C. W., An approach towards a rational classification of climate. **Geographic**. Ver., 38, 55-94. 1948.
- VENDRUSCOLO, S., KOBIYAMA, M., **Interfaces entre a Política Nacional de Recursos Hídricos e a Política Nacional de Defesa Civil, com relação aos desastres hidrológicos no Brasil.** Jornadas PROHIMET, Brasil, 2007.

Thereza Christina Cító César Rêgo | Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFC. E-mail therego@uol.com.br.

Vicente P. P. B. Vieira | Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, UFC. E-mail: vpvieira@ufc.br.