

# BAHIA ANÁLISE & DADOS

SALVADOR • v.23 n.2 ABR.-JUN. 2013

ISSN 0103 8117

## ÁGUA: OFERTA, ESCASSEZ E QUALIDADE









# BAHIA ANÁLISE & DADOS



ISSN 0103 8117

Bahia anál. dados

Salvador

v. 23

n. 2

p. 277-486

abr./jun. 2013

Foto: Flickr/Elói Corrêa



**Governo do Estado da Bahia**  
Jaques Wagner

**Secretaria do Planejamento (Seplan)**  
José Sergio Gabrielli

**Superintendência de Estudos Econômicos  
e Sociais da Bahia (SEI)**  
José Geraldo dos Reis Santos

**Diretoria de Informações Geoambientais (Digeo)**  
Antônio José Cunha Carvalho de Freitas

**Coordenação de Recursos Naturais e Ambientais (CRNA)**  
Aline Pereira Rocha

BAHIA ANÁLISE & DADOS é uma publicação trimestral da SEI, autarquia vinculada à Secretaria do Planejamento. Divulga a produção regular dos técnicos da SEI e de colaboradores externos. Disponível para consultas e download no site <http://www.sei.ba.gov.br>. As opiniões emitidas nos textos assinados são de total responsabilidade dos autores. Esta publicação está indexada no *Ulrich's International Periodicals Directory* e na *Library of Congress* e no sistema *Qualis* da Capes.

#### **Conselho Editorial**

Ângela Borges, Ângela Franco, Ardemirio de Barros Silva, Asher Kiperstok, Carlota Gottschall, Carmen Fontes de Souza Teixeira, Cesar Vaz de Carvalho Junior, Edgard Porto, Edmundo Sá Barreto Figueirôa, Eduardo L. G. Rios-Neto, Eduardo Pereira Nunes, Elsa Sousa Kraychete, Guaraci Adeodato Alves de Souza, Inaiá Maria Moreira de Carvalho, José Geraldo dos Reis Santos, José Ribeiro Soares Guimarães, Laumar Neves de Souza, Lino Mosquera Navarro, Luiz Filgueiras, Luiz Mário Ribeiro Vieira, Moema José de Carvalho Augusto, Mônica de Moura Pires, Nádia Hage Fialho, Nadya Araújo Guimarães, Oswaldo Guerra, Renato Leone Miranda Léda, Rita Pimentel, Tereza Lúcia Muricy de Abreu, Vítor de Athayde Couto

#### **Conselho Temático**

JoséIVALDO de Brito (Inema), Luiz Antônio Ferraro (SEMA), Zoltan Romero (Inema), Patrícia Chame Dias (SEI)

#### **Coordenação Editorial**

Antônio José Cunha Carvalho de Freitas (Digeo), Aline Pereira Rocha (CRNA), Stefanie Eskereski Torres (Dipeq)

#### **Coordenação de Biblioteca e Documentação (Cobi)**

Eliana Marta Gomes da Silva Sousa

#### **Normalização**

Eliana Marta Gomes da Silva Sousa  
Isabel Dino Almeida

#### **Coordenação de Disseminação de Informações (Codin)**

Ana Paula Porto

#### **Editoria-Geral**

Elisabete Cristina Teixeira Barretto

#### **Editoria Adjunta**

Patrícia Chame Dias

#### **Padronização e Estilo**

Elisabete Barretto  
Ludmila Nagamatsu

#### **Revisão de Linguagem**

Laura Dantas (port.)

#### **Editoria de Arte**

Ludmila Nagamatsu

#### **Capa**

Daniel Soto Araújo

#### **Editoração**

Rita de Cássia Assis

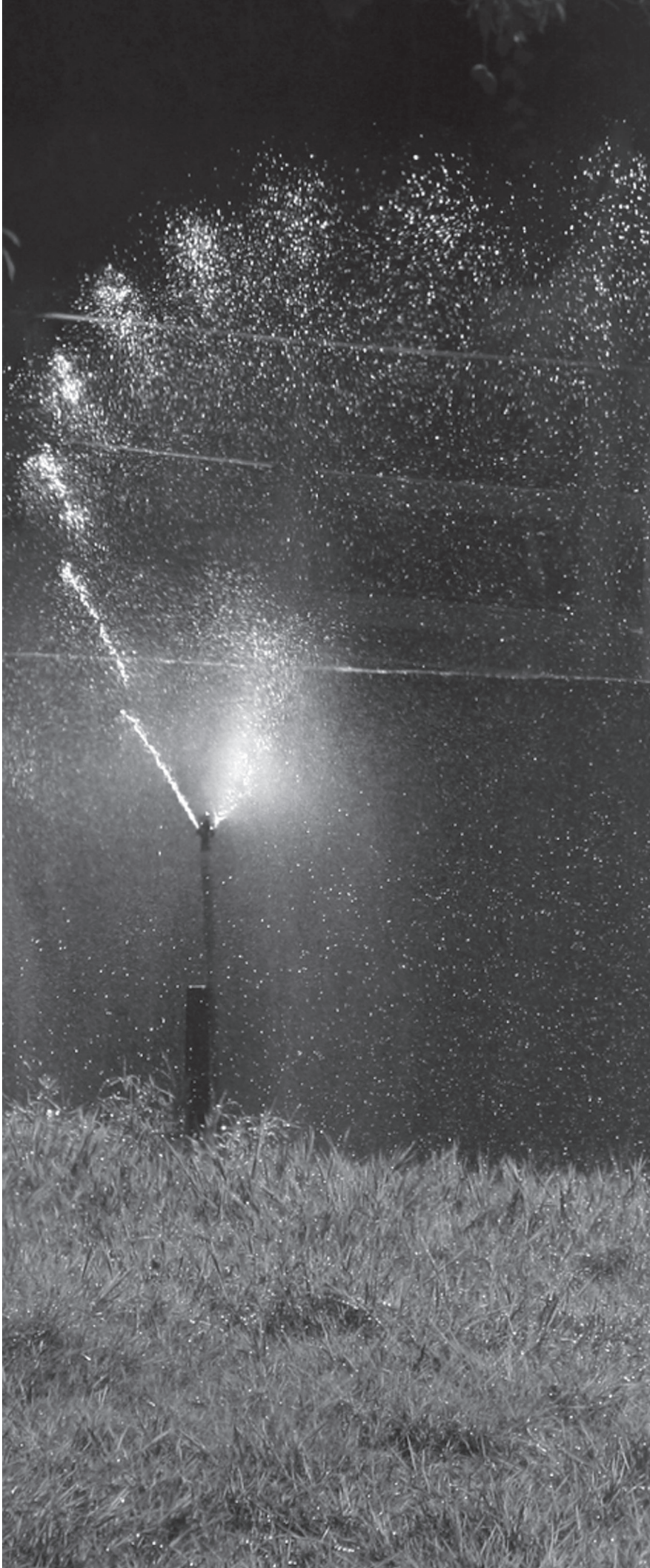
---

Bahia Análise & Dados, v. 1 (1991- )  
Salvador: Superintendência de Estudos Econômicos e  
Sociais da Bahia, 2013.  
v.23  
n.2  
Trimestral  
ISSN 0103 8117

CDU 338 (813.8)

---

Impressão: EGBA  
Tiragem: 1.000 exemplares  
Av. Luiz Viana Filho, 4ª Av., nº 435, 2º andar – CAB  
CEP: 41.745-002 – Salvador – Bahia  
Tel.: (71) 3115-4822 / Fax: (71) 3116-1781  
[sei@sei.ba.gov.br](mailto:sei@sei.ba.gov.br)  
[www.sei.ba.gov.br](http://www.sei.ba.gov.br)





# SUMÁRIO

Apresentação	5	Cobrança pelo uso da água e sustentabilidade da gestão de bacias hidrográficas: uma proposta para a Bacia do Rio São Francisco	397
Entrevista: Água: oferta, escassez e qualidade. <i>Vicente Adreu</i>	283	<i>Telma Teixeira</i> <i>J. P. S. Azevedo</i>	
Avaliação do manejo e uso da água de cisternas em comunidades baianas	291	Políticas e gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: uma análise do Comitê de Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe	409
<i>Delfran Batista dos Santos</i> <i>Salomão de Sousa Medeiros</i> <i>Manuel Dias da Silva Neto</i>		<i>Elvia Fadul</i> <i>Lindomar Pinto da Silva</i> <i>Lucas Santos Cerqueira</i>	
A produção de etanol: uma análise das estratégias para a redução do consumo de água	303	Determinação da Q7, 10, Q90 e Q95 como ferramenta para gestão dos recursos hídricos: estudo de caso do Rio Jamari	425
<i>Angela Machado Rocha</i> <i>André de Goes Paternostro</i> <i>Marcelo Santana Silva</i> <i>Paula Meyer Soares</i> <i>Fabio Konishi</i>		<i>Rafael Ranconi Bezerra</i> <i>Anderson Paulo Rudke</i> <i>Victor Nathan Lima da Rocha</i> <i>Wesley de Souza</i> <i>Nara Luisa Reis Andrade</i> <i>Dilson Henrique Ramos Evangelista</i>	
Consumo de água em residências de baixa renda: análise dos fatores intervenientes sob a ótica da gestão da demanda	317	Água como direito e como mercadoria – os desafios da política	437
<i>Ana Paula Garcia</i> <i>Karla Patrícia Oliveira Esquerre</i> <i>Mariza Mello</i> <i>Asher Kiperstok</i>		<i>Elisabete Santos</i> <i>Luiz Roberto Santos Moraes</i> <i>Renata Alvarez Rossi</i>	
Avaliação da oferta de água para abastecimento urbano no Nordeste, com foco na Bahia	335	Avaliação da ocorrência de secas na Bahia utilizando o Índice de Precipitação Padronizada (SPI)	461
<i>Sérgio R. Ayrimoraes Soares</i> <i>Elizabeth Siqueira Juliatto</i> <i>Grace Benfica Matos</i> <i>Letícia Lemos de Moraes</i>		<i>Samara Fernanda da Silva</i> <i>Fernando Geiz</i> <i>Wilton Aguiar</i> <i>Nara de Melo Dantas da Silva</i> <i>Asher Kiperstok</i>	
Salinidade da água do Lago de São José do Jacuípe e sua utilização na agricultura irrigada de plantas perenes tropicais no semiárido da Bahia	349	Interface entre desertificação e mudança do clima e os efeitos sobre a gestão de recursos hídricos: levantamento bibliográfico e abordagem conceitual	475
<i>Diógenes Marcelino Barbosa Santos</i>		<i>Bruna Mendonça</i> <i>Dalvino Franca</i> <i>Joaquim Gondim</i> <i>Luis Preto</i>	
Avaliação da qualidade das águas do Rio Joanes utilizando o índice IQA-CCME	369	Pagamento por serviços ambientais: uma proposta para a Bacia Hidrográfica do Rio Almada no sul da Bahia	
<i>Geane Silva de Almeida</i> <i>Iara Brandão de Oliveira</i>		<i>João Carlos de Pádua Andrade</i> <i>Alessandro Coelho Marques</i> <i>Paulo Sérgio Vila Nova Souza</i>	







# APRESENTAÇÃO

No momento em que o Nordeste brasileiro – a Bahia, em particular – vive uma das mais severas secas das últimas décadas, mobilizando governo e sociedade para o seu enfrentamento, a Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), em parceria com a Secretaria de Meio Ambiente (Sema) e o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), lança este número da revista *Bahia Análise & Dados* com estudos sobre esse importante tema.

A ideia central foi a de discutir as questões contemporâneas relacionadas à utilização dos recursos hídricos e refletir sobre as estratégias de atuação do Estado neste âmbito, considerando que 2013 foi declarado como o Ano Internacional das Nações Unidas para a Cooperação pela Água.

A questão hídrica é fator fundamental para a manutenção da qualidade de vida no nosso planeta. Tendo em vista a grande desigualdade na distribuição espacial da água e seu baixo percentual disponível para consumo imediato de grande parte da população mundial, grandes desafios à gestão desses recursos são colocados com vistas a sua adequada distribuição.

O estado da Bahia já dispõe, desde 2009, de legislação que explicita o direito de todos ao acesso à água, o uso prioritário desta para o consumo humano e a dessedentação de animais em situações de escassez, e a necessidade do estabelecimento de responsabilidades e ética ambiental no uso do recurso. As políticas de convivência com a seca precisam ser intensificadas, e os modelos de desenvolvimento para o semiárido baiano devem ser objeto de permanente discussão, com exame minucioso da vocação de cada bacia hidrográfica e o envolvimento de usuários, prefeituras e sociedade civil organizada, assim como o apoio técnico de universidades e escolas técnicas.

Os artigos ora apresentados refletem a preocupação prioritária de pesquisadores com a questão da demanda e da oferta dos recursos hídricos, assim como com a sua qualidade, relacionando-as com o contexto de sua escassez no semiárido e as características do nosso quadro socioeconômico. A gestão adequada dos recursos hídricos é outra preocupação importante, a partir de discussões sobre questões que vão desde a contradição fundamental entre o caráter da água como direito e como mercadoria, até sugestões específicas com relação a ferramentas de gestão e sua aplicação em determinadas bacias hidrográficas.

A preocupação com relação à desertificação e à ocorrência de secas é sempre presente em análises que envolvem o processo de mudanças climáticas e as perspectivas de seu monitoramento, reforçando-se a política de convivência com a recorrência do fenômeno no Nordeste brasileiro.

A SEI, a Sema e o Inema renovaram a parceria para a concepção deste número da revista dedicado à ÁGUA e esperam ter trazido a sua contribuição ao debate de um tema de tamanha relevância para a Bahia, despertando novos ângulos de análise e novas abordagens para o seu tratamento.

Agradecemos a valiosa parceria firmada com os diversos autores que submeteram seus artigos e tornaram possível esta publicação e desejamos a todos uma boa leitura.







## Água: oferta, escassez e qualidade



### ENTREVISTA COM VICENTE ANDREU, PRESIDENTE DA ANA

*Vicente Andreu Guillo é diretor-presidente da Agência Nacional de Águas (ANA) desde 2010 e membro titular do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) desde 2008. Foi secretário de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente (SRHU/MMA), de 2008 a 2010, e secretário municipal de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente da prefeitura de Campinas (2007 e 2008). Presidiu a Usina Termelétrica Nova Piratininga Ltda., de 2005 a 2007 e a Sociedade de Abastecimento de Campinas (Sanasa) entre 2001 e 2003. Foi diretor da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL Paulista), de 1995 a 1997. Vicente Andreu é formado em Estatística pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).*

**BA&D** – Segundo vários autores, as águas se constituirão no principal motivo de conflito no século XXI. Quais os enfrentamentos e interesses em torno do uso das águas no país? Como têm sido tratados os conflitos relacionados a interesses coletivos, difusos e privados?

**Vicente Andreu** – A gestão de recursos hídricos no mundo, de forma geral, passou de um modelo burocrático para um modelo econômico-financeiro e, mais recentemente, a partir dos

anos 90 no Brasil, com a importante contribuição da promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos em 1997 (Lei 9.433/97, Lei das Águas), para um modelo sistêmico de integração participativa, ancorado em uma visão sistêmica, com múltiplos atores objetivando implementar seus interesses segundo suas competências institucionais e negociando em espaços colegiados. Estão presentes nesse sistema órgãos governamentais, instituições públicas e privadas com interesse no uso da água,

e as representações da sociedade civil. A política de gestão das águas no Brasil disponibiliza um desenho institucional e instrumentos que contribuem para essa negociação entre tantos atores. Os enfrentamentos em torno do uso das águas no Brasil são relacionados aos interesses dos diversos atores que atuam nesse sistema ou não, alguns que precisam de água para suas atividades econômicas, todos nós que precisamos dela para o suprimento de nossas necessidades, os ecossistemas que



precisam dela para a manutenção dos serviços ambientais, enfim, os interesses estão relacionados às questões de saúde humana, questões ambientais e atividades econômicas. Os colegiados de recursos hídricos, conselhos e comitês de bacias hidrográficas têm sido espaços privilegiados para o trato de todos esses interesses difusos e privados. Enfrentamos hoje as questões típicas de um processo de implementação em curso há duas décadas e que precisa de ajustes. Por exemplo, as propostas aprovadas pelos conselhos e comitês de bacias hidrográficas, por meio de planos de recursos hídricos por eles aprovados, têm ainda um baixo nível de implementação. A execução financeira da cobrança pelo uso da água bruta ainda enfrenta dificuldades. O efetivo enquadramento dos corpos de água em classes e sua implementação ainda são incipientes. A relação entre a gestão de recursos hídricos com questões importantes para a sociedade de forma geral, como enchentes, deslizamentos de encostas, secas, pode ser ampliada. Mas tudo isso só é possível de se perceber porque a Política de Águas está em implementação, e isso é um ganho para o Brasil.

**BA&D – Reconhecidamente, a Lei das Águas (9.433/97) estabeleceu um novo paradigma no país ao instituir instrumentos de gestão como a outorga e a**

*cobrança pela água bruta. Quais as repercussões disso na efetiva democratização do acesso à água? Os impactos da cobrança não se dariam tão somente sobre o redimensionamento do total outorgado, no sentido de uma adequação das outorgas aos usos reais, não levando à redução da captação de águas?*

**VA –** A garantia de universalização do acesso à água depende da efetiva implementação de instrumentos de gestão, instituídos por políticas públicas, que possam assegurar o conhecimento e o controle dos usos da água, bem como o efetivo exercício do direito de uso por parte dos usuários. O principal desses instrumentos, que tem justamente esta função, é a outorga de direito de uso de recursos hídricos, que deve ser acompanhada de uma fiscalização eficaz. Neste sentido, o instrumento da cobrança pelo uso da água bruta tem o potencial de agir de modo complementar, incentivando a redução da apropriação da água pelo usuário, tanto sob o ponto de vista da outorga, quanto dos usos efetivos. Por outro lado, os preços unitários atualmente praticados, sugeridos pelos comitês de bacias hidrográficas e aprovados pelos conselhos de recursos hídricos, têm possibilitado a redução dos volumes outorgados durante a fase inicial de implantação da cobrança, porém é desejável também, principalmente em bacias com conflitos pelo uso da água

instalados ou potenciais, que os usuários reduzam paulatinamente os volumes de água em seus processos, como consequência de diminuição de perdas, processos mais eficientes, reutilização de efluentes, contribuindo para a solução de conflitos e para a disponibilização de mais água para outros usos. Preços unitários mais elevados, junto com a implementação das outorgas, da fiscalização, do Comitê de Bacia Hidrográfica, certamente contribuirão para a melhoria de eficiência e a democratização do uso da água no território.

**BA&D – A cobrança pelo uso da água bruta tem como objetivo obter recursos para financiamento da gestão das bacias hidrográficas, mas os valores arrecadados têm ficado muito abaixo da demanda por investimentos. Diante deste quadro, como o senhor avalia a eficácia da implementação da cobrança? Qual seria o limite para o valor, tendo em vista a capacidade/disposição dos usuários de pagarem pelas águas?**

**VA –** A cobrança pelo uso da água tem outros objetivos além da obtenção de recursos para financiar ações indicadas nos planos de recursos hídricos. O instrumento da cobrança tem por objetivos também o reconhecimento da água como bem econômico, dando ao usuário uma indicação de seu real valor, e o incentivo ao uso racional da água. Os valores



arrecadados, ainda baixos, sempre ficarão aquém da demanda por investimentos em um país em desenvolvimento como o nosso. Uma maneira interessante de fazer multiplicar esses valores é fazendo com que o montante arrecadado com a cobrança alavanque mais recursos de outras fontes, que é o que vem acontecendo nas bacias que instituíram esse instrumento. Um dos exemplos recentes é o da Bacia do Paraíba do Sul, em que os recursos de R\$ 1,4 milhão, oriundos da cobrança, alavancaram R\$ 172 milhões de outra fonte. Existem diversos mecanismos que podem ser utilizados para complementar os recursos arrecadados por meio da cobrança, que são insuficientes, para dar conta dos investimentos de interesse para os recursos hídricos da bacia, sendo um deles a destinação de percentuais cada vez maiores dos recursos da Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos para Geração de Energia Elétrica (CFURH) para os Fundos Estaduais de Recursos Hídricos. Em cada realidade de gestão dos recursos hídricos no território das bacias hidrográficas, formas inovadoras, criativas podem ser construídas para suprir essa necessidade de recursos financeiros.

**BA&D – Ainda segundo a Lei das Águas, os valores arrecadados com a cobrança devem ser prioritariamente aplicados na**

*bacia em que foram gerados. Isso vale também para o 0,75% pago pelas geradoras de energia elétrica ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) para gerenciamento dos recursos hídricos? Qual a repercussão da utilização desses recursos na Bacia do Rio São Francisco, por exemplo, no contexto das políticas de convivência com as secas dos últimos anos?*

**VA –** Os recursos arrecadados pela Agência Nacional de Águas (ANA) nas bacias onde o instrumento de cobrança está implementado são repassados, integralmente, para as respectivas entidades delegatárias das funções de agência de água, conforme determina a legislação, sendo aplicados, portanto, nas bacias onde foram gerados. Os valores do pagamento pelo uso de recursos hídricos pelo setor elétrico são utilizados na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, nos termos do art. 22, da Lei nº 9.433, de 1997. A utilização dos recursos no âmbito da Bacia do Rio São Francisco é definida pelo Comitê da Bacia Hidrográfica, quando este aprova seu plano de recursos hídricos e detalha seu plano de aplicação plurianual.

**BA&D – O objetivo do Pacto Nacional pela Gestão das Águas é a “[...] construção de compromissos entre os entes**

*federados, visando à superação de desafios comuns e à promoção do uso múltiplo e sustentável dos recursos hídricos [...]”, o que significa promover a efetiva articulação entre os “[...] processos de gestão das águas e de regulação dos seus usos, conduzidos nas esferas nacional e estadual” (Pacto Nacional pela Gestão das Águas I, ANA, 2013, p.8). Quais os principais desafios à implementação desse pacto e como se situa particularmente a Bahia em relação a ele?*

**VA –** Neste momento, o principal desafio à implementação do pacto é dar continuidade ao bem-sucedido processo de articulação política entre a União e os estados federados, iniciado a partir da assinatura da *Carta de Brasília em prol do Pacto Nacional pela Gestão das Águas* em dezembro de 2011. A Bahia foi signatária desse documento e, dessa forma, espera-se que, em breve, o estado também faça sua adesão voluntária ao pacto, como já fizeram os estados da Paraíba, Acre, Alagoas, Mato Grosso do Sul e Paraná. Após a adesão ao pacto, por meio da edição de decreto estadual, o estado poderá acessar recursos financeiros do programa Progestão, lançado pela ANA no Dia Mundial da Água de 2013, em comemoração ao Ano Internacional de Cooperação pelas Águas, com objetivo de fortalecer o Sistema Estadual de Recursos Hídricos.



**BA&D** – *Quais os desafios para o aprimoramento das relações entre a ANA e as demais agências reguladoras, como a Agência Nacional das Águas (Aneel), e outros órgãos governamentais, como a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM)?*

**VA** – A ANA mantém uma postura aberta e proativa em seu relacionamento com as demais instituições que tratam de recursos hídricos ou assuntos correlatos, bem como com os setores usuários, buscando sempre o aperfeiçoamento dessas relações com vistas a apoiar o alcance dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei das Águas. Não obstante, existem superposições e duplicidades nos marcos legais que estabelecem as atribuições dos diferentes órgãos, principalmente no que se refere ao monitoramento hidrológico, que ainda constituem desafios para a implementação das ações e para os quais ainda não foram desenvolvidos mecanismos e instrumentos de articulação adequados.

**BA&D** – *Quais as especificidades, os desafios e os fóruns adequados para a gestão de aquíferos, a exemplo do Urucuia?*

**VA** – Os desafios para a correta gestão das águas subterrâneas estão definidos no Programa Nacional de Águas Subterrâneas (PNAS), constante do Plano

Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), e orientadores da agenda de águas subterrâneas da ANA. Entre estes, em especial o Sistema Aquífero Urucuia (SAU), destacam-se a implementação da gestão integrada de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, com foco no desenvolvimento dos instrumentos de gestão das águas subterrâneas, a ampliação do conhecimento hidrogeológico e o fortalecimento institucional dos órgãos gestores estaduais de recursos hídricos.

O fato de a dominialidade das águas subterrâneas ser dos estados imputa-lhes a decisão de como gerir essas águas. No caso do SAU, essa gestão deve ser compartilhada entre os seis estados que usufruem do Urucuia. Cabe ressaltar que ele ocorre na região dos extensos chapadões situados ao norte de Minas Gerais, oeste da Bahia, leste de Goiás, extremo sul do Piauí e Maranhão e sudeste de Tocantins, e que desde o início dos anos 80 essa região apresentou grande incremento na produção de soja, algodão, milho, entre outras atividades agrícolas. O SAU ocupa uma área de exposição de aproximadamente 142 mil km<sup>2</sup>, com cerca de 70% da área total na região oeste do estado da Bahia.

Como contribuição, a ANA está concluindo o trabalho denominado *Estudos Hidrogeológicos e de Vulnerabilidade do Sistema*

*Aquífero Urucuia e Proposição de Modelo de Gestão Integrada e Compartilhada* que, entre os resultados a serem alcançados, propõe um marco regulatório conjunto que objetiva a preservação das águas subterrâneas de forma compartilhada entre estes estados. As propostas deverão nortear a gestão sustentável do SAU, integrando a gestão das águas superficiais e subterrâneas, as relações entre os rios e os aquíferos e as contribuições nas vazões de base dos principais rios nas regiões hidrográficas do São Francisco e do Tocantins/Araguaia.

**BA&D** – *Um dos principais problemas de comprometimento da qualidade das águas é o lançamento in natura de esgoto doméstico nos rios. Como o senhor avalia o Programa de Compra de Esgoto implementado pela ANA?*

**VA** – O Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas (Prodes) é um programa que atua como ponte entre a gestão de recursos hídricos e o setor de saneamento. Ele visa incentivar a implantação ou ampliação de estações de tratamento para reduzir os níveis de poluição em bacias hidrográficas. Como é sabido, o Prodes paga pelo esgoto efetivamente tratado – desde que cumpridas as condições previstas em contrato (metas de remoção de carga poluidora) – em vez de financiar obras ou equipamentos. A seleção dos empreendimentos corresponde a

uma expectativa de contratação, condicionada à disponibilidade financeira do programa. Desde seu início, em 2001, o programa contratou 55 empreendimentos que atenderam a cerca de 5,56 milhões de brasileiros e desembolsou R\$ 200,82 milhões pelo esgoto tratado. Esses recursos alavancaram investimentos de R\$ 720,71 milhões dos prestadores de serviços de saneamento na implantação das estações de tratamento de esgotos.

O Prodes tem uma lógica inovadora, de pagamento por resultados, que deve ser incentivada. Seu desafio está relacionado principalmente a sua disseminação e alcance, de maneira que prestadores de serviços de saneamento em todo o país possam acessá-lo.

**BA&D – A avaliação do período 2000/2008 indica que o percentual de esgoto sanitário tratado teve um acréscimo de 10,0%, atingindo 29,9%, sendo que algo em torno de 70,0% era lançado in natura no ambiente (ANA, 2012). Dados recentes dos investimentos em saneamento básico no âmbito do PAC indicam que, das 138 obras de construção de rede de coleta e unidades de tratamento de esgoto sanitário, 65% encontram-se paralisadas, atrasadas ou não foram iniciadas em função de problemas diversos. Tendo em vista esse panorama, quais as principais alterações em relação ao quadro de 2008?**

**VA –** Do ponto de vista da ANA, cabe ressaltar as oportunidades e convergências para a efetiva articulação entre os processos de implementação da Política de Recursos Hídricos e de Saneamento. A Lei 11.445, de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, definindo que o titular do serviço de saneamento deve elaborar o plano de saneamento básico (inciso I, art. 9º, Lei 11.445) e que esses planos deverão ser compatíveis com os planos das bacias hidrográficas em que estiverem inseridos (§ 3º, art. 19, Lei 11.445). Por sua vez, os planos de recursos hídricos de bacias hidrográficas são um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, configurando-se como planos que orientam a implementação da gestão de recursos hídricos no âmbito das bacias hidrográficas, sendo aprovados pelos respectivos comitês de bacias hidrográficas ou pelo CNRH, ou os conselhos estaduais de recursos hídricos, onde não houver um comitê instalado (Resolução CNRH nº 145, de dezembro de 2012). O Brasil apresenta 51% de seu território atendido por planos de recursos hídricos de bacias de rios de domínio da União, contabilizando 4,3 milhões de km² planejados, abrindo uma janela de oportunidade para a articulação com o setor de saneamento.

A Lei 11.445 também estabelece que a utilização de recursos

hídricos na prestação de serviços públicos de saneamento básico, inclusive para disposição ou diluição de esgotos e outros resíduos líquidos, é sujeita à outorga de direito de uso (parágrafo único, art. 4º, Lei 11.445). A outorga de direito de uso de recursos hídricos tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos, competindo à ANA outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, estando sujeitos a essa autorização, dentre outros, a derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo d'água para consumo final, inclusive abastecimento público, e o lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final.

Até julho de 2011 tinham sido outorgados no país 6.864,57 m³/s pela ANA e pelos estados da Federação, sendo que 14% dessa vazão é destinada ao abastecimento público. Entre os usos que alteram a qualidade de água em determinado corpo hídrico estão os lançamentos de efluentes líquidos e gasosos, tratados ou não, de origem doméstica ou industrial, sujeitos à outorga. Cabe salientar que a ANA não autoriza o lançamento de efluentes (passível de autorização do órgão ambiental),



mas sim o uso da água para fins de diluição dos efluentes, apropriando-se de vazões disponíveis no corpo de água para tal finalidade. São observadas as prioridades estabelecidas nos planos de recursos hídricos, a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e as demais restrições impostas pela legislação, adotando como parâmetros analisados, para fins de autorização desse uso da água, a temperatura, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e, em locais sujeitos a eutrofização, o fósforo e o nitrogênio. Nesse sentido, a ANA vem empreendendo esforços no sentido de ampliar as oportunidades para a articulação entre os processos de implementação da Política de Recursos Hídricos e de Saneamento.

**BA&D – Qual a avaliação da ANA a respeito das políticas de convivência com a seca no semiárido brasileiro, no sentido de sua efetividade, principais obstáculos e mudanças de paradigmas no enfrentamento da questão?**

**VA –** A ANA tem participado dos esforços do governo federal para a adoção de medidas de convivência com a seca. As ações isoladas de diferentes órgãos do governo federal deram lugar a um conjunto de medidas articuladas, evitando redundâncias e otimizando a aplicação de recursos. Cabe dizer que a articulação envolve também ações dos governos estaduais. Além

de articulação, buscam-se também a realização de um planejamento integrado da infraestrutura de acesso à água, linhas de crédito e securitização para mitigar os efeitos da seca. A manutenção da mobilização de todos os atores fora dos períodos mais críticos e a estruturação de um sistema de aviso precoce permanecem como dificuldades a serem enfrentadas.

**BA&D – Em relação ao semiárido brasileiro, qual a posição da ANA quanto à implementação do Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC), agora incluído no Programa Brasil Sem Miséria? E quanto ao Projeto de Transposição das Águas do Rio São Francisco para o Nordeste Setentrional?**

**VA –** Antes de tudo, é importante mencionar alguns aspectos do semiárido brasileiro. Nessa região destaca-se a existência de dois rios naturalmente perenes e abundantes, que são o Rio São Francisco e o Rio Parnaíba. Os demais, na sua maioria, são naturalmente intermitentes e suas águas não correm em grande parte do período da estiagem. Para garantir o acesso à água neste período em que não chove é preciso lançar mão de obras de infraestrutura hídrica. Obras de reservação de água, como açudes e reservatórios, armazenam a precipitação e as vazões do período chuvoso na bacia hidrográfica, a montante do ponto de armazenamento, para uso direto ou

para escoamento por certo período em trechos dos cursos d'água a jusante, alcançando, em alguns casos, sua perenização. Há, no entanto, um limite para a capacidade de perenização de trechos de rios, dado pelas características hidroclimáticas da região.

Outra forma de suprimento de água é a transposição de parte dos recursos hídricos de bacias hidrográficas. No caso do semiárido, o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) pretende aproveitar as disponibilidades hídricas da Bacia do São Francisco em outras bacias do semiárido que apresentam maior escassez hídrica. A ANA outorgou ao Ministério da Integração Nacional o direito de uso de determinado volume de águas do Rio São Francisco para a execução do projeto, por meio da Resolução 411/2005, após decisão do CNRH.

É importante mencionar que, para que os volumes transpostos possam ser adequadamente aproveitados, trazendo desenvolvimento à região, é preciso que haja planejamento e preparação dos estados e respectivos órgãos gestores de recursos hídricos e que as obras de infraestrutura, como barragens, açudes e adutoras, tenham o seu alcance limitado às regiões próximas a estas obras. A população dispersa, que reside em locais isolados ou distantes de estruturas para disponibilização de água, precisa de soluções localizadas e específicas, diferentes das grandes obras de

infraestrutura citadas. O Programa Água para Todos, coordenado pelo Ministério da Integração Nacional, destina-se a atender a estas situações.

Quando se pretende atender, por exemplo, a um determinado número de famílias em um pequeno raio de alcance, podem ser adotados os denominados sistemas simplificados, em que um reservatório supre várias famílias (o Programa Água Doce, do Ministério do Meio Ambiente, por exemplo, que considera acima de 40 famílias). Já no caso de agrupamentos de poucas famílias ou de residências isoladas, são necessárias soluções individuais para abastecimento das necessidades básicas das pessoas. Nesse contexto, a cisterna de 16 mil litros para coleta de água de chuva pode atender a uma demanda ao redor de oito litros por pessoa/dia, em média. No caso de famílias dispersas, a cisterna tem se mostrado a solução mais adaptada ao semiárido.

A ANA reconhece a importância desse programa. As primeiras 12,7 mil cisternas, construídas com patrocínio do governo federal, foram executadas por meio do convênio ANA/Diaconia, iniciado em 2001, proporcionando sua implantação através de uma política pública, internalizando o programa no governo. Em 2003, o programa foi transferido ao Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), para atender um milhão

de famílias carentes dispersas no semiárido. Em 2012, após a construção de 350 mil cisternas no P1MC, ainda havia um déficit de um milhão de famílias a serem atendidas. Hoje existe um esforço para que esse déficit diminua rapidamente. Cabe ressaltar, no entanto, que essas soluções são dimensionadas para períodos de estiagem típicos do semiárido e que, em períodos de escassez atípica, as soluções emergenciais, como carros-pipa, não poderão ser descartadas.

**BA&D** – *Qual a avaliação da ANA sobre a relação do país com os corpos d'água, tendo em vista o quadro de poluição e contaminação decorrente da urbanização, do lançamento industrial, do lançamento agrícola e do desperdício? Quais as principais iniciativas em relação à necessidade de uma educação ambiental ampla?*

**VA** – A questão da qualidade das águas no Brasil ainda é um problema que necessita de um esforço conjunto do país, envolvendo a implementação de sistemas de saneamento, práticas conservacionistas de solo e água no meio rural, maior eficiência no uso da água e a disseminação de informação para o cidadão sobre bons hábitos de consumo e de trato com a água. A título de informação, considerando os valores médios do Índice de Qualidade das Águas (IQA) em 2010, observaram-se condições ótimas em 6% dos pontos de

monitoramento da qualidade da água no país; boa em 75%; regular em 12%; ruim em 6%, e péssima em 1%. Os pontos de monitoramento cujos valores médios de IQA levaram a sua classificação como “ruins” ou “péssimos” foram, na sua maioria, detectados em corpos hídricos que atravessam áreas urbanas densamente povoadas, como regiões metropolitanas das capitais e das grandes cidades do interior, e em regiões fortemente industrializadas. Este fato deve-se a grandes cargas de efluentes ou esgotos domésticos lançados *in natura* nos corpos hídricos. A ANA vem atuando em diversas frentes, contribuindo nesse esforço de diminuição do passivo relacionado à qualidade das águas. No meio urbano, o Prodes é um exemplo, já no meio rural o Programa Produtor de Águas contribui para a implementação de arranjos indutores de práticas conservacionistas de solo e água. Além disso, a implementação de sistemas de outorga e da cobrança pelo uso da água bruta, conforme já comentado anteriormente, contribui na racionalização do uso da água pelos setores usuários. Por fim, é importante mencionar que a ANA entende que o avanço na implementação da gestão dos recursos hídricos passa pela formação de recursos humanos e, por isso, atua fortemente na capacitação. Os atores envolvidos com o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos



Hídricos (Singreh) são de diferentes formações e requerem conhecimentos, habilidades e atitudes em diversos campos do conhecimento, desde áreas mais técnicas como a hidrologia ou segurança de barragens, como também aquelas ligadas às questões de planejamento, políticas públicas, organização social e gestão de conflitos. Trata-se de temas variados e em níveis de conhecimento distintos, desde formação básica até conteúdos especializados em nível de pós-graduação. O público-alvo das ações de capacitação promovidas pela

ANA é constituído por gestores dos órgãos de recursos hídricos, lideranças e membros de organismos de bacia, usuários de recursos hídricos, além de formadores de opinião e o público em geral, com ênfase na população jovem. Além disso, as ações de capacitação da ANA consideram também gestores de países estrangeiros que têm acordos de cooperação com o Brasil, em especial países fronteiriços da América Latina e de língua portuguesa. Desde a criação da ANA, em 2000, houve a preocupação em atuar na capacitação de recursos

humanos em gestão de recursos hídricos. A ANA capacitou cerca de dez mil pessoas no período 2001 a 2010 e o mesmo número de pessoas apenas nos anos 2011 e 2012, devido ao início da implementação sistemática de cursos na modalidade a distância. São implementados cursos sobre uso racional da água na irrigação, curso de especialização em elaboração e gerenciamento de projetos para a gestão municipal de recursos hídricos, diversos cursos a distância e presenciais, de *media training* e de produção de vídeos educativos.

Entrevista concedida no dia 28 de junho de 2013, por e-mail, a Antônio José Cunha Carvalho de Freitas.

# Avaliação do manejo e uso da água de cisternas em comunidades baianas

*Delfran Batista dos Santos\**

*Salomão de Sousa Medeiros\*\**

*Manuel Dias da Silva Neto\*\*\**

\* Pós-doutor, doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IF Baiano). delfran.batista@gmail.com

\*\* Doutor em Engenharia Agrícola e mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido e doutor em Recursos Hídricos e Ambientais. salomao@insa.gov.br

\*\*\* Graduando do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental. Assessor-chefe da Secretaria de Meio Ambiente e Controle Urbano do município de Senhor do Bonfim (BA). manueldias9@hotmail.com

## Resumo

O objetivo deste estudo foi investigar o manejo e o uso da água pluvial armazenada em cisternas de localidades rurais nos municípios de Campo Formoso e Filadélfia, ambos localizados no semiárido da Bahia. Com apoio do sindicato rural e da comunidade local da zona rural dos dois municípios, foram aplicados questionários semiestruturados a moradores de 99 residências dessas localidades. Em consonância com os resultados verifica-se que atitudes como: descarte das primeiras águas de chuva, limpeza do telhado, das calhas e da cisterna, uso de bomba manual para retirada da água, além do tratamento à base de tecnologias simples, como o Solar Water Disinfection (Sodis) – método que consiste em colocar água em garrafas PET transparentes e deixá-las expostas aos raios ultravioletas do sol com objetivo de eliminar os coliformes existentes na água –, poderão melhorar significativamente a qualidade da água armazenada nas cisternas. Ações educacionais direcionadas para melhorar o manejo e a qualidade da água armazenada nas cisternas podem ser realizadas através de oficinas, projetos escolares, seminários e palestras voltados para a segurança hídrica, focando principalmente o público infantil (crianças).

**Palavras-chave:** Estiagem. Recursos hídricos. Tecnologias socialmente apropriadas.

## Abstract

*The aim of this study was to investigate the management and use of rainwater stored in cisterns in rural locations in the municipalities of Campo Formoso and Filadélfia, both located in the semi-arid region of Bahia. With support from the rural union and the local community of the rural zone of the two municipalities, semi-structured questionnaires were conducted in 99 households in these localities. In line with the results, attitudes appear, such as: disposal of the first rainfall, cleaning of the roof, gutters and cistern, use of hand pump for water removal, as well as treatment based on simple technologies, like Solar Water Disinfection (Sodis) – method that consists of putting water in transparent PET bottles and leaving them exposed to the ultraviolet rays from the sun in order to eliminate the coliforms present in the water –, can significantly improve the quality of water stored in cisterns. Educational activities aimed at improving the management and quality of water stored in the tanks can be carried out through workshops, school projects, seminars and lectures about water security, mainly focusing on the young audience (children).*

**Keywords:** Drought. Water resources. Socially appropriate technologies.



## INTRODUÇÃO

Em virtude dos longos períodos de estiagem vivenciados na região Nordeste, principalmente no semiárido baiano, a população vítima da seca tem buscado meios de convivência com essa realidade, a qual foi, durante muito tempo, considerada como a principal responsável pelas precárias condições de vida dos sertanejos, levando-os a intensificarem o processo de êxodo rural que ainda perdura no interior da região Nordeste.

A população desses locais, em geral mulheres e crianças, é obrigada a caminhar longos percursos até o manancial mais próximo, levando para casa, em recipientes pesados (potes, latas, tonéis etc.), uma água com qualidade, muitas vezes, inadequada para consumo humano. Porém, como a água obtida é a única fonte disponível, os moradores da região são obrigados a consumi-la, muitas vezes, sem qualquer tipo de tratamento, em virtude do desconhecimento do que essa atitude pode acarretar para sua saúde e a da própria família.

Os problemas que surgem como consequência da rotina do transporte pessoal de latas d'água advindas das fontes de água disponíveis nas localidades são inúmeros: desconforto físico, comprometimento do desenvolvimento, no caso de crianças, além de elevado número de casos de doenças de veiculação hídrica. De cada quatro mortes de crianças na região, estima-se que uma é devida à diarreia causada por água contaminada (BRASIL, 2013).

Para atender à necessidade hídrica da população, buscam-se soluções alternativas de abastecimento de água, como açudes, barragens subterrâneas, poços, carros-pipa, dentre outros. A Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004), preconiza que a água das soluções alternativas está sujeita à vigilância da qualidade para verificar se há riscos à saúde pelo seu consumo ou se atende aos padrões da norma, para só então assegurar a condição de potabilidade.

Dentre as alternativas para as comunidades que não dispõem de rede de abastecimento de

água, destaca-se a captação de água pluvial que vem tornando-se, também, uma medida estratégica para o desenvolvimento social e econômico da região semiárida. A coleta da água pluvial consiste em uma tecnologia popular existente em muitas partes do mundo, em especial nas regiões áridas e semiáridas. Esta prática foi adotada independentemente em diversas partes do mundo e em diferentes continentes há milhares de anos, sendo usada e difundida especialmente em regiões semiáridas nas quais as precipitações pluviométricas ocorrem, apenas, durante poucos meses e em locais distintos (GNADLINGER, 2011).

Mesmo com as vantagens advindas do uso da tecnologia de armazenamento de água pluvial em cisternas, estudos revelaram a importância do monitoramento de características físico-químicas e microbiológicas referentes à qualidade da água armazenada (PALHARES; GUIDONI, 2012). Entretanto, apesar de o Brasil ter iniciado a regulamentação da qualidade da água na década de 1970 (FREITAS; FREITAS, 2005), a legislação brasileira ainda não trata especificamente das águas pluviais (LEUCK, 2008).

Com o intuito de disseminar a técnica de captação de água de chuva em cisternas na região semiárida brasileira, muitos programas foram e estão sendo desenvolvidos por organizações não governamentais (ONG) e pelo governo federal, no sentido de disponibilizar uma alternativa para a população que tem dificuldade de obtenção de água para consumo diário.

Com base neste contexto, Luna e outros (2011) relatam que, a partir de julho de 2003, iniciou-se o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), que vem desencadeando um movimento de articulação e de convivência sustentável com o ecossistema do semiárido através do fortalecimento da sociedade civil, da mobilização, do envolvimento e da capacitação das famílias, com uma proposta de educação processual. O referido programa foi criado com o intuito de beneficiar

cerca de cinco milhões de pessoas em toda a região semiárida, disponibilizando água potável para beber e cozinhar, com a construção de cisternas de placas, sendo que essas cisternas propiciam às famílias assistidas mais independência e autonomia na obtenção da água de qualidade, além de melhorar a saúde e a qualidade de vida.

Entretanto, apesar de as cisternas representarem uma opção de sobrevivência para as populações rurais, observa-se que, se não houver maior acompanhamento e controle da qualidade da água depositada nesses reservatórios, o que seria uma solução poderá tornar-se um problema que, sem dúvida, comprometeria a saúde pública.

Tendo em vista esta observação durante o processo de captação de água pluvial, medidas como o desvio da primeira chuva e a instalação de filtros antes da cisterna podem reduzir não apenas a contaminação microbiológica, mas também os parâmetros físico-químicos da água. Ao serem incorporados ao sistema de captação de água de chuva, esses aparatos retiram grande parte das sujeiras presentes na atmosfera, principalmente na superfície de captação, melhorando a qualidade da água de chuva a ser consumida.

Portanto, para manter a qualidade da água armazenada e garantir a segurança hídrica para o consumo, deve-se realizar um trabalho conjunto e intensivo por parte das ONG responsáveis pela construção das cisternas e das autoridades públicas de maior acesso à população, no sentido de efetuar a vigilância da qualidade da água utilizada no meio rural e, principalmente, implementar ações que visem ao esclarecimento dessa população, a fim de mudar seu comportamento (AMARAL et al., 2003). Para Silva (2006), a participação de profissionais da saúde, religiosos, professores, representantes de ONG e lideranças locais, neste aspecto, são de suma importância visto que se trata de pessoas conhecidas e respeitadas no município, que estão sempre em contato com a população do meio rural.

Percebe-se, então, que o campo de pesquisas para a melhoria das técnicas e da qualidade da

água de chuva captada ainda é amplo, apesar de estar sendo explorado, tanto em países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento, por ser uma alternativa que pode auxiliar milhões de pessoas a conviverem com a escassez hídrica e minimizar o impacto de outros problemas, como as enchentes.

Ante o exposto objetivou-se investigar o manejo e o uso da água pluvial armazenada em cisternas de localidades rurais nos municípios de Campo Formoso e Filadélfia, ambos localizados no semiárido da Bahia.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido nos povoados de Tiquara e Umburana de Cheiro, pertencentes aos municípios de Campo Formoso e Filadélfia, respectivamente. O Cartograma 1 mostra a localização desses dois municípios no contexto do estado da Bahia.



**Cartograma 1**  
Localização dos municípios de Campo Formoso e Filadélfia no mapa do estado da Bahia

Fonte: Adaptado de Cidades (2013).



O município de Filadélfia apresenta latitude 10°44'34" sul e longitude 40°07'55" oeste, estando a uma altitude média de 424 metros acima do nível do mar, com uma população estimada, em 2010, de 16.740 habitantes. Com precipitação média anual em torno de 850 mm e temperatura média em torno de 32 °C, está localizado na região do Piemonte da Diamantina do estado da Bahia, limitando-se, a leste, com o município de Itiúba; ao sul, com Ponto Novo; a oeste, com Pindobaçu, e, ao norte, com Antônio Gonçalves e Senhor do Bonfim. O acesso a partir de Salvador é efetuado pelas rodovias pavimentadas BR-324, BR-116 e BR-407, num percurso total de 344 km.

Filadélfia apresenta tipo climático semiárido e seco, por vezes subúmido; o município está englobado no denominado Polígono das Secas, sujeito a prolongados períodos de estiagem; seus solos são, essencialmente, latossolos distróficos, planossolos e luvisolos eutróficos; a vegetação, pouco variável, está distribuída entre os tipos caatinga arbórea aberta (com palmeiras) e contato caatinga-floresta estacional (COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS, 2005).

O município de Campo Formoso possui uma população de 66.616 habitantes, com densidade de 9,18 hab./km<sup>2</sup>, ocupando uma área de 7.258,676 km<sup>2</sup>; a sede municipal está distante da capital do estado 413 km (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). O município está localizado na latitude 10°05'00" sul e longitude 40°32'00" oeste e apresenta altitude média de 791 m.

Regionalmente, Campo Formoso apresenta valores de índice, precipitação total anual entre 600 e 1.200 mm. As temperaturas médias anuais variam entre 20 e 24,5 °C e a média pluviométrica anual é de 700 mm. A deficiência hídrica apresenta índice anual de 350 mm, com seis meses de déficit hídrico ao ano, caracterizando-se regionalmente, dentro do clima semiárido, como mesoclima do tipo médio a alto.

O estudo foi realizado nas localidades de Tiquara (Campo Formoso) e Umburana de Cheiro (Filadélfia), nas quais a maioria das residências possuía

cisternas tipo placas (Figura 1), construídas à base de argamassa de cimento pré-moldadas, com capacidade de armazenamento de 16 mil litros, ou seja, o mesmo modelo adotado pelo programa um milhão de cisternas (P1MC).



**Figura 1**  
Cisternas tipo placas utilizadas para armazenar água de captação pluvial

Fonte: Manuel Dias da Silva Neto (2013).

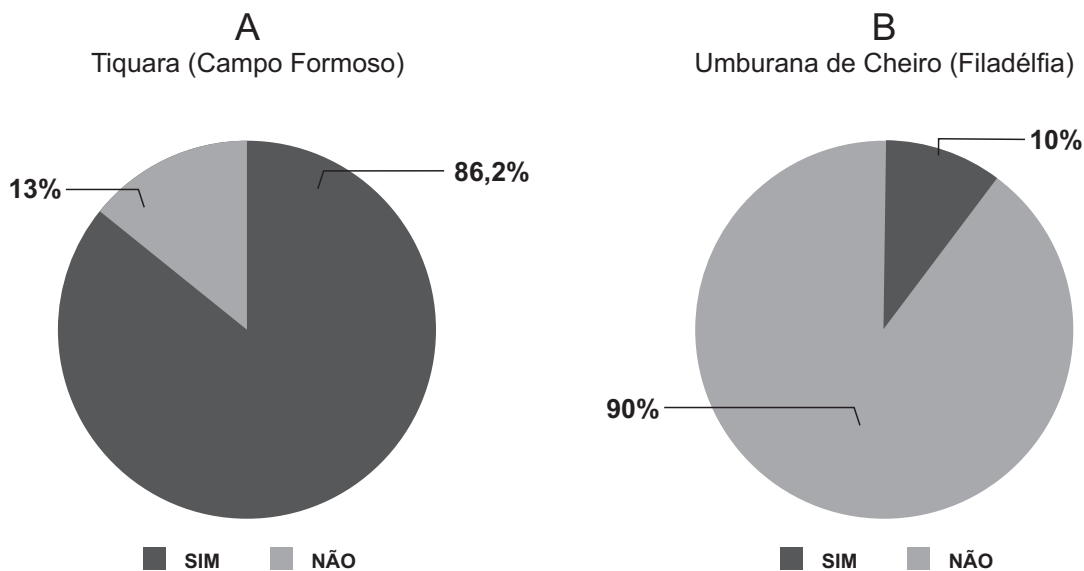
Com apoio do sindicato rural e da comunidade local da zona rural dos dois municípios, foram aplicados questionários semiestruturados em 99 residências, com o intuito de diagnosticar a qualidade, o manejo e o uso da água das cisternas de posse das famílias contempladas com essa tecnologia (cisternas).

Os questionários foram aplicados entre outubro de 2012 e março de 2013, sendo 41 dos questionários aplicados na localidade de Umburana de Cheiro (Filadélfia) e 58, em Tiquara (Campo Formoso). Em todas as residências avaliadas foi selecionado o chefe da família para participar da pesquisa e responder às perguntas do questionário.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização das áreas da pesquisa

O Gráfico 1 relaciona o número de residências que dispõem de água encanada nas localidades



**Gráfico 1**  
Disponibilidade de água encanada nas localidades de Tiquara em Campo Formoso (A) e Umburana de Cheiro em Filadélfia (B) – Bahia

Fonte: Elaboração própria (2013).

estudadas; pode-se observar que 86,2% dos domicílios no Povoado de Tiquara possuem água encanada (Gráfico 1A), enquanto apenas 10% dos domicílios do Povoado de Umburana de Cheiro (Gráfico 1B) têm acesso a esta.

Este baixo índice de domicílios com acesso à água encanada no Povoado de Umburana de Cheiro pode estar associado à dispersão das residências nessa comunidade, quando comparada com a distribuição residencial do Povoado de Tiquara, que possui um contingente aglomerado significativo. A partir desta reflexão percebe-se que se torna muito difícil implantar sistemas coletivos de abastecimento de água em boa parte das comunidades rurais, tendo em vista que, na maior parte delas, a dispersão das residências é elevada quando comparada com os centros urbanos. Esses resultados reforçam a necessidade de ações governamentais a fim de fomentar, estimular e incentivar a captação de água de chuva em áreas rurais dos municípios baianos.

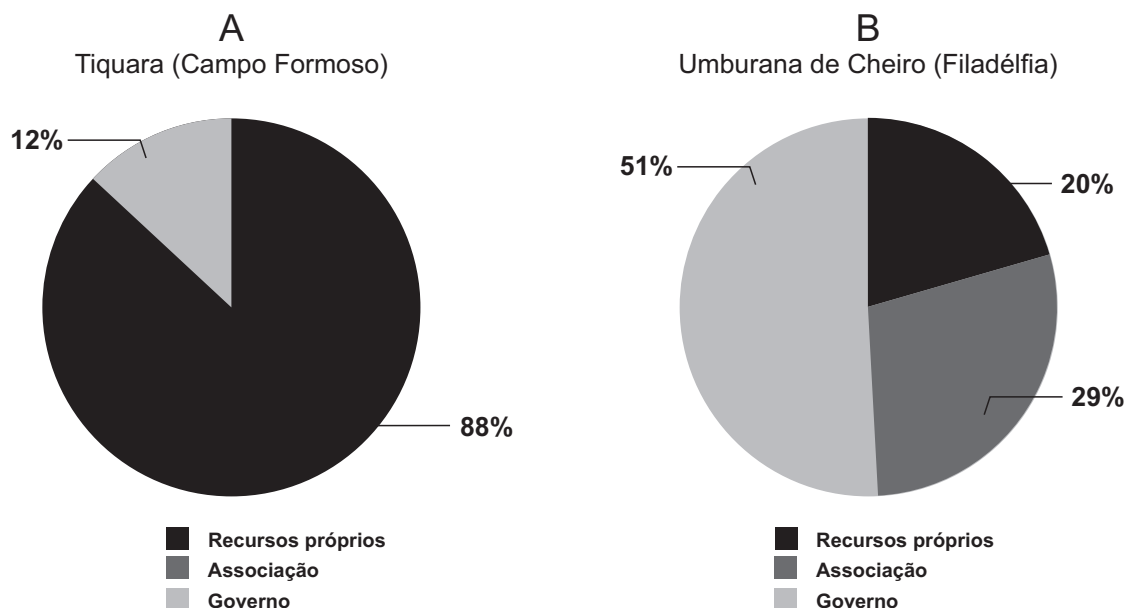
Observam-se, no Gráfico 2, as fontes de recurso pelas quais as cisternas foram adquiridas pela comunidade: no povoado de Tiquara (Gráfico 2A), 88% das famílias construíram as cisternas com recursos próprios e 12% das famílias foram contempladas

por ações de iniciativas governamentais. Essas informações evidenciam que os moradores dessa comunidade ainda carecem de assistência e políticas públicas voltadas para a convivência com a escassez hídrica. Para Diniz e Piraux (2011), o grande desafio na atual conjuntura é entender como a noção de convivência com o semiárido tem influenciado, pouco a pouco, a construção de políticas e ações públicas baseadas justamente nessa noção (convivência com o semiárido).

Já no Povoado de Umburana de Cheiro (Gráfico 2B) constatou-se que 51% das famílias foram contempladas por ações de iniciativas governamentais, 29% obteve ajuda através de associações e 20% delas construíram as cisternas através de recursos próprios.

Apesar de a escassez de água no semiárido constituir um grave problema para a região, não se pode atribuir ao fenômeno climático da seca todas as dificuldades e utilizá-lo para justificar o permanente estado de miséria do sertanejo. É preciso conhecer todos os fatores que influenciaram e influenciam as políticas públicas que visam equacionar os problemas do sertão, especialmente quando estes estão ligados à escassez relativa de água.





**Gráfico 2**  
**Fonte de recursos para aquisição das cisternas nas localidades de Tiquara em Campo Formoso (A) e Umburana de Cheiro em Filadélfia (B) – Bahia**

Fonte: Elaboração própria (2013).

Dentre as várias formas de convivência e amenização desta situação vê-se a questão das cisternas como uma maneira de convívio com a seca, porém, estas devem ser feitas de forma orientada, respeitando requisitos de elaboração, contemplação e saúde bastante rigorosos, para que não venham a servir até mesmo a conflitos sociais e políticos na disputa pelo poder.

### Manejo e tratamento de água nas cisternas

A Tabela 1 apresenta resultados referentes à percepção das famílias quanto ao manejo e ao tratamento da água armazenada nas cisternas

dos povoados de Tiquara e Umburana de Cheiro, nos municípios de Campo Formoso e Filadélfia, respectivamente.

De acordo com a Tabela 1, 92% dos domicílios do povoado de Tiquara fazem descarte das primeiras águas de chuva, enquanto no povoado de Umburana de Cheiro apenas 27% fazem uso desta prática. Souza e outros (2011) demonstraram, em trabalho realizado no agreste pernambucano, que o dispositivo de descarte das primeiras águas de chuva, instalado na vila de casas conjugadas, mostrou-se eficiente na redução das concentrações dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água armazenada nas cisternas.

**Tabela 1**  
**Manejo e tratamento de água das cisternas nos povoados de Tiquara e Umburana de Cheiro, nos municípios de Campo Formoso e Filadélfia – Bahia**

Manejo e tratamento da água da cisterna	Tiquara (Campo Formoso)	Umburana de Cheiro (Filadélfia)
Descarte das primeiras águas	92%	27%
Limpeza do telhado	47%	37%
Limpeza da cisterna	98%	95%
Colocação de peixe dentro da cisterna	41%	49%
Algum tipo de tratamento antes de ingerir	93%	71%

Fonte: Elaboração própria (2013).

Ainda de acordo com a mesma tabela verifica-se que 53% e 63% dos entrevistados não realizam a limpeza dos telhados das residências nos Povoados de Tiquara e Umburana de Cheiro, respectivamente. Este procedimento de limpeza pode, quando realizado corretamente, garantir menor acúmulo de sujeiras e, conseqüentemente, diminuir a contaminação da água armazenada na cisterna.

Procedimentos inerentes ao manejo e ao tratamento de água das cisternas para consumo humano ainda são incipientes, motivo pelo qual a probabilidade de proliferação de fungos, verminoses e bactérias na água armazenada torna-se elevada.

Verifica-se que mais de 95% dos domicílios fazem a limpeza das cisternas (Tabela 1), entretanto, esta prática realizada isoladamente não evita a contaminação da água armazenada na cisterna; faz-se necessária também a limpeza das calhas, tubulações de condução e área de captação (telhado).

Quanto à criação de peixes dentro das cisternas com objetivo de controlar as larvas de mosquitos (Tabela 1), observa-se que uma parcela significativa das comunidades (41% e 49%) faz uso dessa prática. Tais famílias acreditam que os peixes alimentam-se das larvas de mosquito que possam se desenvolver na cisterna. Silva e Almeida (2012) verificaram que os moradores da cidade de Mogei-ro, na Paraíba, também utilizam peixes (piabas da espécie *Leporinus friderici*) para auxiliar no tratamento da água armazenada nas cisternas. Segundo estudos realizados, peixes podem ser usados no controle de larvas de mosquitos, principalmente da dengue *Aedes aegypti*, em cisternas (CAVALCANTI et al., 2007); no entanto, peixes carregam bactérias e protozoários e podem colocar em risco a saúde das famílias (CHADEE, 1992).

Analisando-se a compreensão das famílias quanto à realização do tratamento da água da cisterna antes de ingerir (Tabela 1), verificou-se que ambas as comunidades se preocupam com essa

prática, sendo esta atitude mais evidenciada no Povoadado de Tiquara, onde 93% das famílias fazem algum tipo de tratamento na água antes de beber. Em pesquisa conduzida no semiárido paraibano, Luna e outros (2012) verificaram que a maioria (80%) das famílias entrevistadas afirmou que trata a água de beber da cisterna com cloro.

Silva (2013), com objetivo de avaliar a eficiência da radiação solar ultravioleta (Sodis) no tratamento da água armazenada em cisterna na região de Senhor do Bonfim, Bahia, verificou que esta técnica é viável para o tratamento microbiológico de pequenas quantidades de água destinadas ao consumo humano em escala doméstica.

Embora a captação e o armazenamento da água pluvial para os períodos sem precipitação vissem colocar água à disposição da população, o fato é que o aproveitamento das águas das chuvas pode ser considerado uma alternativa para os períodos prolongados de estiagem. Em contrapartida, aquilo que muitas vezes parece ser a solução de uma demanda acaba tornando-se um problema passível de comprometer a saúde das famílias, como é o caso daquelas que fazem uso da água das cisternas, mas não avaliam sua qualidade.

Compreende-se que essas comunidades precisam ter acesso a ações educativas, no intuito de obter maior assistência e instrução sobre o uso racional da água captada nas cisternas, bem como ao procedimento de tratamento desta, tendo em vista que tal recurso hídrico pode tornar-se um meio transmissor de patologias.

### **Uso da água das cisternas pelas famílias**

A Tabela 2 apresenta os resultados referentes ao uso de água das cisternas pelas famílias nos povoados de Tiquara e Umburana de Cheiro, nos municípios de Campo Formoso e Filadélfia, respectivamente.

### **Procedimentos inerentes ao manejo e ao tratamento de água das cisternas para consumo humano ainda são incipientes**



**Tabela 2**  
Uso de água das cisternas pelas famílias nos povoados de Tiquara e Umburana de Cheiro, nos municípios de Campo Formoso e Filadélfia – Bahia

Uso da água das cisternas	Tiquara (Campo Formoso)	Umburana de Cheiro (Filadélfia)
Beber	7%	37%
Cozinhar	7%	41%
Outras finalidades	86%	22%

Fonte: Elaboração própria (2013).

De acordo a Tabela 2 pode-se observar que 14% dos moradores do Povoado de Tiquara utilizam a água armazenada nas cisternas para beber e cozinhar enquanto, no Povoado de Umburana de Cheiro, 78% dos moradores utilizam a água armazenada nas cisternas para esses fins (beber e cozinhar). Os resultados referentes ao Povoado de Umburana de Cheiro corroboram com Tavares (2009) que, em estudos realizados no semiárido paraibano para avaliação da qualidade da água armazenada em cisternas, verificou que 67,5% das famílias declararam priorizar a água da cisterna para beber e cozinhar.

A Tabela 3 apresenta os resultados referentes aos problemas relacionados à saúde dos residentes nos povoados de Tiquara e Umburana de Cheiro, nos municípios de Campo Formoso e Filadélfia, respectivamente.

(Tabela 3) no Povoado de Tiquara já tiveram ocorrência de diarreia; dentre essas ocorrências, 80% das vítimas são crianças entre 0 e 10 anos de idade, e apenas 20% são adolescentes e/ou adultos.

Esses resultados reforçam a importância do desenvolvimento de um trabalho de educação ambiental e saúde pública, além da necessidade de um acompanhamento maior por parte de agentes de saúde local no que concerne à segurança hídrica. Percebe-se também a necessidade de adoções de medidas de prevenção de doenças veiculadas pela água e intervenções que busquem promover a saúde desta população, sobretudo das crianças (JOVENTINO et al., 2010).

Xavier et al. (2011) concluíram que parte da alta contaminação microbiológica da água pluvial armazenada em cisternas pode estar relacionada à falta

**Tabela 3**  
Problemas relacionados à saúde das famílias nos povoados de Tiquara e Umburana de Cheiro, nos municípios de Campo Formoso e Filadélfia – Bahia

Uso da água das cisternas	Tiquara (Campo Formoso)	Umburana de Cheiro (Filadélfia)
Casos de diarreia na família anualmente	9%	71%
Crianças de 0 a 10 anos com diarreia	80%	88%
Adolescentes e adultos com diarreia	20%	12%

Fonte: Elaboração própria (2013).

Observam-se, na Tabela 3, a frequência de casos de diarreia e o público mais atingido por esse distúrbio gastrointestinal em função da veiculação hídrica; verifica-se que 71% dos entrevistados no município de Umburana de Cheiro já tiveram ocorrência de diarreia; dentre essas ocorrências, 88% das vítimas são crianças entre 0 e 10 anos de idade, e apenas 12% são adolescentes e/ou adultos. Verifica-se, ainda, que apenas 9% dos entrevistados

de educação sanitária e de um sistema adequado de esgotamento sanitário.

### Vulnerabilidade do sistema

Verifica-se que 29% das cisternas do Povoado de Tiquara nunca encheram. A situação é muito mais agravante no Povoado de Umburana de Cheiro, visto que 98% das cisternas daquela localidade

nunca encheram totalmente só com água das chuvas. Resultados divergentes foram encontrados por Silva e outros (2012) que afirmam que 92% das famílias do sertão paraibano dizem que as chuvas são suficientes para encher as cisternas.

Alguns fatores podem ter influenciado para que muitos desses reservatórios nunca tenham sido cheios somente com água de chuva; um deles pode estar associado às patologias das construções dos sistemas de captação, condução e armazenamento de água de chuva nas residências rurais (RIBAS; SOUZA, 2007). Outro fator que pode influenciar esses resultados (Gráfico 3) está relacionado às precipitações locais dos últimos anos, como, por exemplo, em 2012, para o município de Filadélfia, em que a precipitação em torno de 126 mm esteve muito abaixo da média histórica que é de 850 mm anuais, e para o município de Campo Formoso, que acumulou, nesse mesmo ano, 544 mm, o que pode ter influenciado a discrepância dos resultados (29% e 2%) entre as duas localidades.

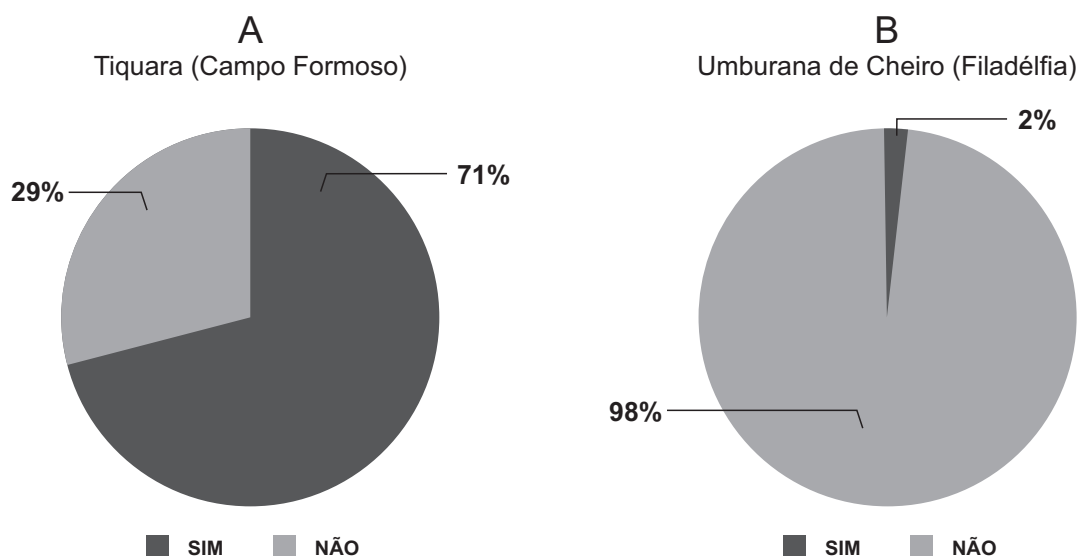
O Gráfico 4 apresenta o percentual de vezes em que as cisternas já foram abastecidas com águas oriundas de carros-pipa nas localidades de Tiquara

e Umburana de Cheiro. Conforme o Gráfico 4A, 14% das famílias no Povoado de Tiquara afirmam já ter abastecido as cisternas através de carros-pipa; já no Povoado de Umburana de Cheiro, esse percentual sobe para 38%.

A forma de abastecimento, armazenamento e tratamento da água coletada são fatores determinantes para sua adequação ao consumo humano e, em assim, faz-se necessário que, independentemente dos fatores analisados, haja maior assistência dos órgãos competentes, tendo em vista o comprometimento com a saúde pública.

### CONCLUSÕES

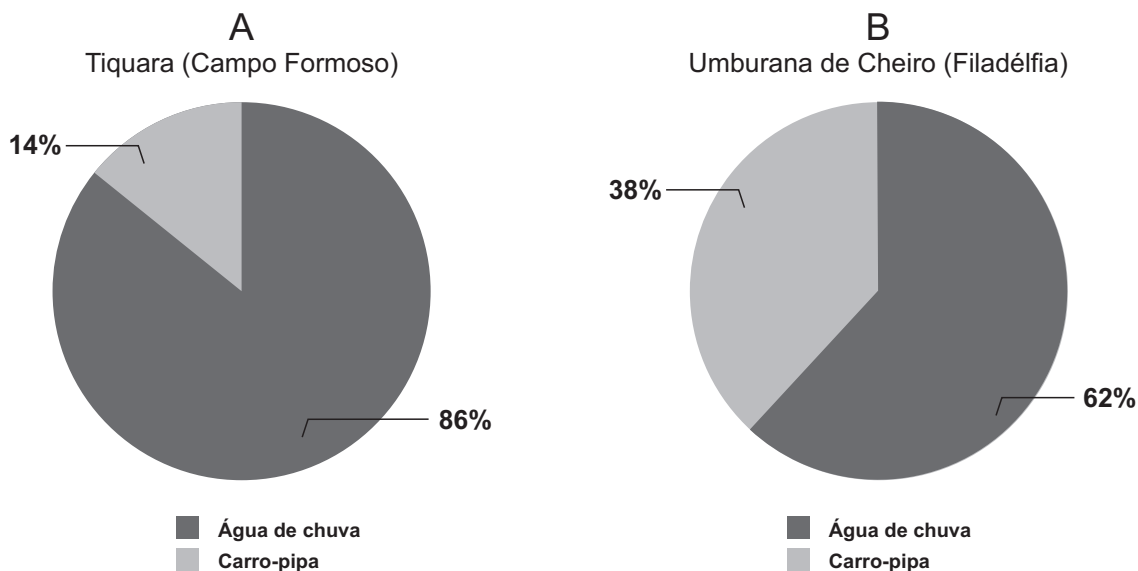
1. No que se refere à disponibilidade de água encanada nas localidades estudadas observou-se que esta variável está diretamente relacionada à densidade habitacional e que a maior parte das famílias na comunidade de Umburana de Cheiro (Filadélfia) prioriza a água das cisternas para beber e/ou cozinhar, enquanto que, na comunidade de Tiquara (Campo Formoso), a água é utilizada para outras finalidades.



**Gráfico 3**  
Recarga das cisternas somente com água da chuva nas localidades de Tiquara, em Campo Formoso (A), e Umburana de Cheiro, em Filadélfia (B) – Bahia

Fonte: Elaboração própria (2013).





**Gráfico 4**  
**Tipo de abastecimento das cisternas nas localidades de Tiquara, em Campo Formoso (A) e Umburana de Cheiro, em Filadélfia (B) – Bahia**

Fonte: Elaboração própria (2013).

2. Quanto ao quesito manejo e tratamento de água armazenada nas cisternas, verificou-se que a comunidade de Tiquara (Campo Formoso) realiza essas práticas com maior frequência quando comparada com a comunidade de Umburana de Cheiro (Filadélfia), reflexo disso é o baixo índice de diarreia nessa comunidade.
3. Atitudes como: descarte das primeiras águas de chuva, limpeza do telhado, das calhas e da cisterna, uso de bomba manual para retirada da água, além do tratamento à base de tecnologias simples, como o Sodis (método que consiste em colocar água em garrafas PET transparentes e deixar expostas aos raios ultravioletas do sol com objetivo de eliminar os coliformes existentes na água), podem melhorar significativamente a qualidade da água armazenada nas cisternas.
4. O apoio e as ações governamentais são necessárias, a fim de fomentar, estimular e incentivar a captação de água de chuva em áreas rurais dos municípios baianos.
5. As comunidades, através dos programas de extensão e educação das instituições públicas e

organizações não governamentais, precisam ter acesso às ações educativas no intuito de obter maior assistência e instrução sobre manejo, tratamento e uso racional da água captada nas cisternas.

6. Ações educacionais direcionadas para melhorar o manejo e a qualidade da água armazenada nas cisternas podem ser realizadas através de oficinas, projetos escolares, seminários e palestras voltados para a segurança hídrica, focando principalmente o público infantil.
7. As crianças são a maior parte das vítimas de doença por veiculação hídrica nas comunidades estudadas.
8. As precipitações locais e a recarga das cisternas com carros-pipa destacam-se como fatores que aumentam a vulnerabilidade do sistema de captação de água pluvial.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, L. A. et al.. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 37, n. 4, ago. 2003.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 23 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/sitefunasa/legis/pdfs/portarias\\_m/pm1518\\_2004.pdf](http://www.funasa.gov.br/sitefunasa/legis/pdfs/portarias_m/pm1518_2004.pdf)>. Acesso em: 21 maio 2010.
- BRASIL. Segurança alimentar e nutricional: a contribuição das empresas para a sustentabilidade das iniciativas locais. Itacarambi, P.; Moisés, H.; Simas, A. C. L.; Costa, C.; Bava, S. C. (Org). Instituto Pólis, São Paulo, 2003. 111p.
- CAVALCANTI, L. P. de G. et al. Competência de peixes como predadores de larvas de *Aedes aegypti*, em condições de laboratório. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 41, n. 4, 2007.
- CHADEE, D. D. Bacterial pathogens isolated from guppies (*Poecilia reticulata*) used to control *Aedes aegypti* in Trinidad. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, [S.l.], v. 86, n. 6, p. 693-694, Nov./ Dec. 1992.
- CIDADES.COM.BR. *Campo Formoso-Ba*. Disponível em: <[http://www.cidades.com.br/cidade/campo\\_formoso/000272.html](http://www.cidades.com.br/cidade/campo_formoso/000272.html)> Acesso em: 5 jun. 2013.
- COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Filadélfia – Bahia*. Salvador: CPRM; PRODEEM, 2005, 13 p.
- DINIZ, P. C. O; PIRAUX, M. Das intervenções de combate à seca às ações de convivência com o semiárido: trajetória de 'experimentalismo institucional' no semiárido brasileiro. *Cadernos de Estudos Sociais*, Recife, v. 26, n. 2, p. 227-238, 2011.
- FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. A vigilância da qualidade da água para consumo humano: desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 993-1004, out./dez. 2005.
- GNADLINGER, J. Captação de água de chuva: uma ferramenta para atendimento às populações rurais inseridas em localidades áridas e semiáridas. In: MEDEIROS, S. S. et al. *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Campina Grande, PB: INSA, 2011. p. 325-360.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=29&dados=1>> Acesso em: 15 maio 2012.
- JOVENTINO, E. S. et al. Comportamento da diarreia infantil antes e após consumo de água pluvial em município do semiárido brasileiro. *Texto & Contexto Enfermagem*, Florianópolis, v. 19, n. 4, p. 691-699, out./dez. 2010.
- LEUCK, M. F. Avaliação econômica do impacto de medidas individualizadas de conservação de água em Porto Alegre. 2008. 177 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Florianópolis, 2008.
- LUNA, C. F. et al. Impacto do uso da água de cisternas na ocorrência de episódios diarreicos na população rural do agreste central de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil*, Recife, v. 11, n. 3, p. 283-292, 2011.
- LUNA, T. L. et al. Desafios do P1MC no sertão paraibano: gestão e qualidade da água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MANEJO E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA, 8., 2012, Campina Grande, PB. *Anais...* Campina Grande, PB: INSA, 2012.
- PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A. L. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. *Ambiente & Água*, Taubaté, SP, v. 7, n. 1, p. 244-254, 2012.
- RIBAS, R. A. J; SOUZA, H. A. Avaliação construtiva e de desempenho térmico do prédio da Escola de Minas da UFOP. *Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, MG, v. 60, n. 4, p. 629-638, 2007.
- SILVA, A. F. et al.. Manejo e conservação de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva no sertão e no cariri paraibano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MANEJO E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA, 8., 2012, Campina Grande, PB. *Anais...* Campina Grande, PB: INSA, 2012.
- SILVA, C. V. da. *Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenada em cisternas de placa: estudo de caso: Araçuaí, MG*. 2006, 110f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- SILVA, M. B. Utilização da radiação solar na inativação de coliformes em águas pluviais armazenadas em cisternas no município de Senhor do Bonfim, Bahia. 2013, 110f. Dissertação (Especialização em Desenvolvimento Sustentável do Semiárido com Ênfase em Recursos Hídricos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Senhor do Bonfim, BA, 2013.
- SILVA, S. A. F. de; ALMEIDA, M. M. de. Análise no tratamento da água e manutenção das cisternas num bairro da cidade de Mogeiro-PB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MANEJO E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA, 8., Campina Grande, PB, 2012. *Anais...* Campina Grande, PB: INSA, 2012.
- SOUZA, S. H. B. et al. Avaliação da qualidade da água e da eficácia de barreiras sanitárias em sistemas para aproveitamento de águas de chuva. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Pelotas, RS, v. 16, n. 3, p. 81-93, 2011.

TAVARES, A. C. *Aspectos físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais do semiárido paraibano*. 2009, 169f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2009.

XAVIER, R. P. et al. Microbiological quality of drinking rainwater in the inland region of Pajeú, Pernambuco, Northeast Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical*, São Paulo, v. 53, n. 3, p. 121-124, maio/jun. 2011.

---

Agradecemos o apoio do Programa de Pós-graduação *lato sensu* em Desenvolvimento Sustentável do Semiárido com Ênfase em Recursos Hídricos (DSSERH).

Artigo recebido em 15 de maio de 2013  
e aprovado em 24 de maio de 2013.



# A produção de etanol: uma análise das estratégias para a redução do consumo de água

Angela Machado Rocha\*

André de Goes Paternostro\*\*

Marcelo Santana Silva\*\*\*

Paula Meyer Soares\*\*\*\*

Fabio Konishi\*\*\*\*\*

- \* Doutoranda em Energia e Ambiente e graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA).  
anmach@gmail.com
- \*\* Doutorando em Energia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e graduado em Relações Internacionais pelo Centro Universitário da Bahia (FIB).  
apater@hotmail.com
- \*\*\* Doutorando em Energia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e mestre profissionalizante em Regulação da Indústria de Energia pela Universidade Salvador (Unifacs).  
marcelosilva@ifba.edu.br
- \*\*\*\* Doutora e mestre em Economia de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas-SP (FGV-SP).  
paulameyer@umc.br
- \*\*\*\*\* Mestre em Administração pela Universidade Metodista de São Paulo (Umesp) e graduado em Administração pela Faculdade de Ciências Econômicas de São Paulo (Fapesp/Fecap).

## Resumo

O desperdício da água nos processos produtivos de etanol é uma realidade e representa preocupação para especialistas e ambientalistas. A produção de etanol em 2011/12 alcançou a cifra de 22.682 mil m<sup>3</sup>. Em 2012, as vendas de veículos totalflex corresponderam a 90% das vendas internas de automóveis no país. O Brasil é pioneiro na produção de etanol. Na década de 70, com a eclosão do I Choque do Petróleo, o país lançou um ambicioso programa de produção de etanol, o Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool). Apesar do domínio do modo de produção de etanol, é importante considerar as particularidades quanto ao uso adequado e eficiente da água. O referido estudo faz uma análise da cadeia produtiva de etanol e das principais estratégias para a redução do consumo de água. A metodologia adotada baseou-se em referencial bibliográfico e em estudos técnicos que discutem o assunto. Os resultados mostram que a economia de uso da água ocorre de forma significativa quando existe o reaproveitamento da água utilizada pelos condensadores multijatos e dos vapores liberados nesta etapa de produção.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar. Etanol. Consumo de água. Sustentabilidade.

## Abstract

*Wasting water in the production process of ethanol is a real concern for experts and environmentalists. Ethanol production in 2011/12 reached the value of 22,682,000 m<sup>3</sup>. In 2012, totalflex vehicle sales accounted for 90% of domestic car sales in the country. Brazil is a pioneer in the production of ethanol. In the 70s, with the outbreak of the First Oil Shock, the country launched an ambitious program to produce ethanol, the National Program of Alcohol (Pró-Álcool). Despite the dominance of the mode of production of ethanol, it is important to consider the constraints for the proper and efficient use of water. This study analyzes the ethanol production chain and the main strategies for reducing water consumption. The methodology adopted was based on theoretical foundations and technical studies that discuss the matter. The results show that the economy of water use occurs significantly when there reuse of the used water by the multi-jet condensers and the steam released at this stage of production.*

**Keywords:** Sugar cane. Ethanol. Water consumption. Sustainability.

## INTRODUÇÃO

No início da década de 70, a eclosão da crise mundial do petróleo impulsionou a busca de fontes alternativas de energia, de forma a garantir o suprimento energético e o crescimento econômico. Diante desse cenário de grande dependência econômica do combustível fóssil, o etanol passou a se destacar como uma fonte sustentável de energia.

O etanol ( $C_2H_5OH$ ) pode ser oriundo da cana-de-açúcar. No Brasil, é empregado como combustível automotivo em duas modalidades: 1) álcool hidratado, utilizando 7% de água na mistura (por exemplo, o usado em carros *flex fuel*), e 2) álcool anidro com, no máximo, 0,7% de água na mistura. O seu processo industrial ocorre pela fermentação e advém da utilização de leveduras que são classificadas como agentes biológicos e que permitem a aquisição do etanol em baixas concentrações, sendo imprescindível a retirada do excesso de água por meio da destilação (RODRIGUES, 2010).

Segundo Bacchi (2006), o etanol tem sido indicado pela comunidade internacional como uma das soluções aceitáveis às dificuldades ambientais, enfatizando-se como uma fonte energética plausível aos objetivos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), recomendado no Protocolo de Kyoto. Por sua vez, com a consolidação do complexo agroindustrial do etanol, a produção demandou a utilização de tecnologia bem específica para a utilização e o aproveitamento da água em várias etapas do processo produtivo. A expansão da produção no país nos últimos anos conduz a uma análise do uso racional da água, de tal modo que permita a continuidade da expansão da produção do referido biocombustível.

Este estudo faz uma análise acerca do uso da água e das principais estratégias de redução da sua utilização ao longo da cadeia produtiva do etanol.

A metodologia adotada seguiu a classificação de pesquisa proposta por Gil (2009), que leva em consideração a forma de abordagem do problema, os objetivos e os procedimentos técnicos adotados.

O estudo caracteriza-se como qualitativo e exploratório, cujo procedimento técnico adotado foi pesquisa bibliográfica.

## HISTÓRICO E CADEIA PRODUTIVA DO ETANOL

O cultivo da cana-de-açúcar remonta ao período colonial. Em 1975, foi criado o Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool), com objetivo central de alavancar o processo tecnológico e produtivo de etanol no Brasil. Nesse período, o setor sucroalcooleiro foi amplamente beneficiado com políticas de concessão de subsídios e incentivos agrícolas. A adoção de políticas públicas de fomento e expansão do cultivo da cana colocou o país em posição de destaque no cenário mundial.

O Brasil, país de dimensões intercontinentais, dispõe de 71 milhões de hectares (ha) agriculturáveis. São oito milhões destinados ao cultivo da cana-de-açúcar, sendo 3,6 milhões para a produção de etanol (KOHLEPP, 2010). Segundo Veríssimo e Andrade (2011), a plantação de cana-de-açúcar aumentou mais de 150% entre 1990 e 2009 e a produção de etanol ultrapassou os 27 bilhões de litros em 2010, o que representa um aumento de mais de 138% em relação a 1990. Em 2011/2012, 51,81% da safra da cana-de-açúcar foi utilizada para a produção de etanol. A produção totalizou 22,68 bilhões de litros, queda de 17,1% em relação ao período 2010/11. Tal redução deveu-se, em parte, à desaceleração mundial e à elevação do preço do açúcar (*commodity*) no mercado internacional. Esta queda na produção interna de etanol foi compensada pela importação do produto (UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-ÁÇUCAR, 2012).

O etanol ( $C_2H_5OH$ ), também conhecido como álcool etílico ou simplesmente álcool, é uma substância orgânica obtida principalmente pela fermentação da sacarose de produtos como cana-de-açúcar, milho, uva e beterraba. Possui diversas aplicações como solventes em processos

industriais, antissépticos, conservantes, bebidas, desinfetantes, fármacos e combustível veicular (BASTOS, 2007).

O Brasil produz etanol a partir da cana-de-açúcar e, segundo dados da União da Indústria de Cana-de-açúcar (Unica), em 2011, foram cerca de 9,6 milhões de ha de terra cultivados que geraram uma produção de 620 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. O Brasil é reconhecido mundialmente como precursor na produção de etanol, com amplo domínio das técnicas produtivas mais avançadas (UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-ÂÇUCAR, 2012).

Segundo dados da Empresa Brasileira de Agropecuária (Embrapa), um hectare cultivado de cana-de-açúcar no Brasil produz em média 4.420 kg de CO<sub>2</sub>. Em contrapartida, um hectare de cana-de-açúcar substitui 4.500 litros de gasolina, cuja combustão emite 16 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano para a atmosfera. Em suma, para cada hectare de cana-de-açúcar transformado em álcool e utilizado em substituição à gasolina, tem-se uma redução de 12 toneladas nas emissões de CO<sub>2</sub> por ano (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2010).

O etanol é também produzido a partir do eteno derivado do petróleo. Ou ainda a partir da utilização da biomassa lignocelulósica proveniente de resíduos naturais (palha, sabugo de milho, bagaço etc). Este processo envolve a utilização de processos químicos por meio do emprego de ácidos ou de enzimas para a quebra de moléculas de celulose e produção de açúcares. A utilização da biotecnologia para a produção do etanol é considerada um avanço indiscutível na cadeia produtiva do combustível (KAMM; KAMM; GRUBER, 2005).

O emprego da biomassa proveniente do bagaço da cana-de-açúcar é de apenas 17%. Quase toda a palha de cana é queimada ou deixada no campo, provocando um enorme desperdício. A utilização dessa biomassa aumentaria o aproveitamento

energético de 21% para 50% (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2002).

A produção de etanol requer uso intensivo de recursos hídricos. Ou seja, o uso da água destina-se não somente para a irrigação do solo propriamente dito, mas para todo um processo produtivo, que inclui desde a lavagem da cana até a fermentação do caldo produzido nas etapas do processo.

**A depender do tipo de sistema empregado nas etapas produtivas, o maior consumo de água ocorre, em geral, na etapa de lavagem da cana-de-açúcar**

Existe uma grande variação no consumo de água causada basicamente pelo desconhecimento das reais necessidades hídricas da indústria, variando de 2 a 20 m<sup>3</sup> de água para cada tonelada de cana-de-açúcar esmagada. A depender do tipo de sistema empregado nas etapas produtivas, o maior consumo de água ocorre, em geral, na etapa de lavagem da cana-de-açúcar (UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-ÂÇUCAR, 2012).

A União das Indústrias de Cana-de-açúcar (2012) aponta que cada tonelada de álcool hidratado produzido na cadeia do etanol demanda cerca de 125 toneladas de água, isto apenas para a utilização nos processos de lavagem, moagem, fermentação, destilação, produção de vapor e lavagem de equipamentos.

Conforme a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), o uso de água varia de acordo com a tipologia do processo industrial adotado nas usinas que produzem açúcar ou etanol. Em usinas onde são produzidos 100% de açúcar, são consumidos 30 m<sup>3</sup>/t. cana. Em uma destilaria com 50% de açúcar e 50% etanol, o uso é de 21 m<sup>3</sup>/t. cana. E, finalmente, para usinas com produção de 100% etanol, o uso é de 15 m<sup>3</sup>/t. cana (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2002).

Apesar do ainda grande volume de água utilizado no processo industrial entre a captação e o lançamento de despejo, percebe-se que, ao longo do processo produtivo, os mecanismos de controles internos e reuso estão sendo cada vez mais



aplicados. Algumas unidades industriais estabelecem diretrizes de uso e reuso de água, com o objetivo de captação mínima e lançamento zero, com vistas a um melhor gerenciamento do processo. Em alguns casos são empregadas práticas de redução e reuso de água, como circuitos fechados com torres, bem como lançamento de águas residuais para lavoura.

A seguir serão apresentadas detalhadamente as principais etapas do processo produtivo de etanol.

### Etapas de produção do etanol

A produção do etanol a partir do uso da cana-de-açúcar requer o cumprimento de algumas etapas de preparo da cana para que se possa extrair o produto final. A Figura 1 mostra um exemplo típico de uma usina industrial mista sobre o processo de produção de açúcar, melaço e etanol (álcool).

Na Figura 1, percebem-se claramente as operações abrangidas no processo de produção de uma usina de etanol (pesagem, estocagem, lavagem, preparo/moagem, clarificação do caldo, evaporação, cozimento/turbinagem) e de uma destilaria (fermentação/centrifugação, destilação). Também se observam as perdas envolvidas na produção de álcool (no bagaço, na torta, na fermentação, na vinhaça, perdas indeterminadas e principalmente perdas na água de lavagem) (PAIVA; MORABITO, 2007).

Paiva e Morabito (2007) demonstram que um processo de produção do etanol na fase industrial pode ser esquematizado de acordo com as seguintes etapas:

**1) pesagem:** esta etapa inclui a amostragem e a recepção da cana. Tem como objetivo definir o teor de sacarose e de fibras e também o percentual de sólidos solúveis. O descarregamento deve ser mecanizado, sem haver armazenamento da cana para se evitar a perda de sacarose.

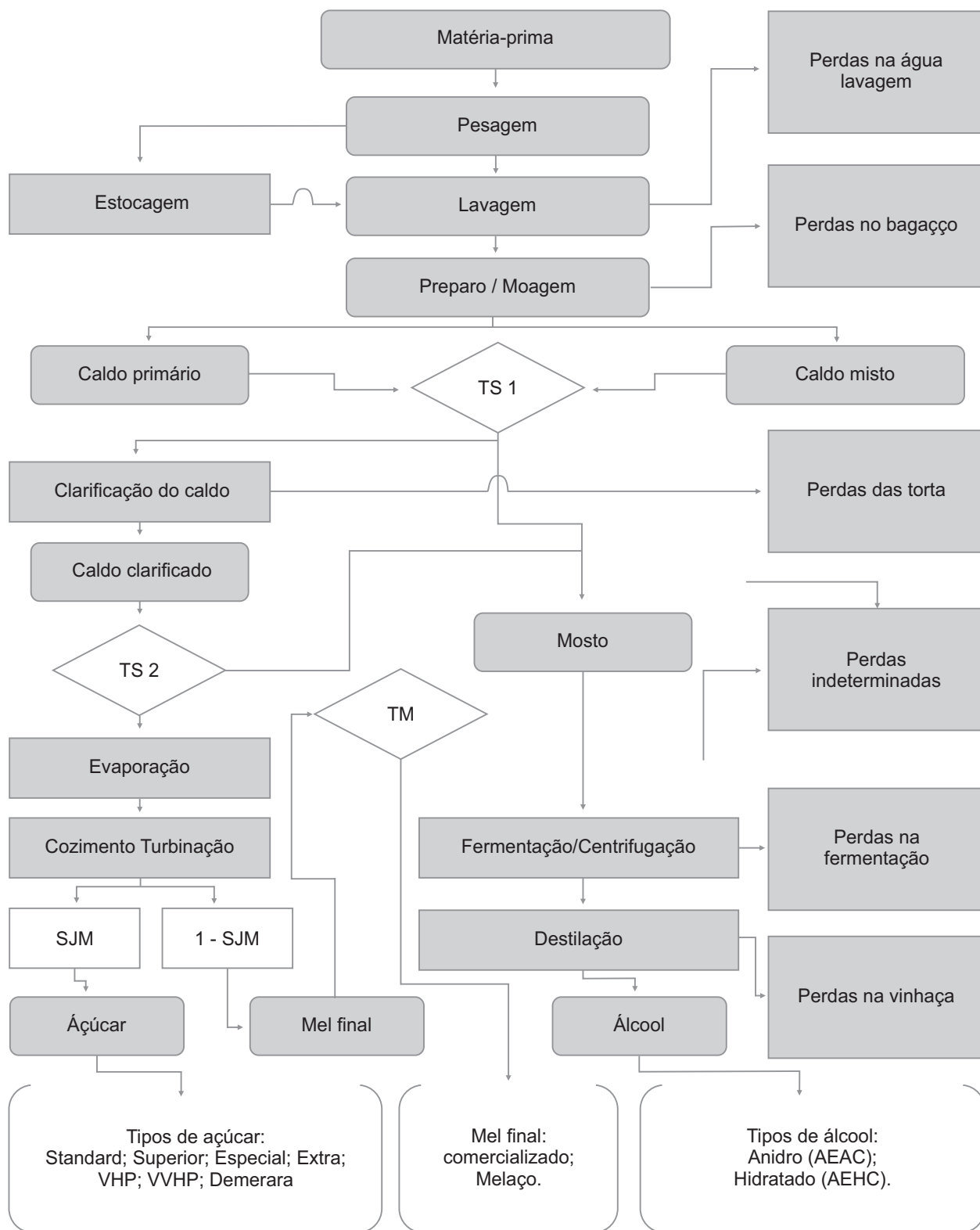
### Algumas unidades industriais estabelecem diretrizes de uso e reuso de água, com o objetivo de captação mínima e lançamento zero, com vistas a um melhor gerenciamento do processo

**2) lavagem da cana-de-açúcar:** nesta etapa retiram-se impurezas como terra, areia e outras substâncias que possam danificar as máquinas. Assim, também reduz-se o desgaste dos equipamentos envolvidos no processo, além de se obter um caldo de melhor qualidade. Recomenda-se que a lavagem da cana seja realizada antes da moagem. Se feita com a cana pi-

cada, pode ocorrer um arraste muito grande de sacarose pela água. Para reduzir a quantidade de água, deve-se eliminar a despalha com fogo, diminuindo assim a aderência de terra e pedregulhos. Outra medida recomendada é realizar a lavagem em mesa separada daquela onde ocorre o desfibramento, o que evita perda de bagacilho aderido.

**3) preparação para a moagem ou difusão:** nesta fase, a cana é picada para facilitar a moagem e passa por um eletroímã para retirar materiais ferrosos e componentes metálicos.

**4) processo de moagem ou difusão:** este processo consiste em deslocar o caldo contido na cana, que é constituída basicamente de caldo e fibra. Passa-se a cana entre dois rolos, sobre determinada pressão e rotação. Na extração por moagem, a separação é feita pela pressão mecânica dos rolos da moenda sobre o colchão de cana desfibrada. Na difusão, a cana é conduzida em aparelhos conhecidos como difusores, a fim de que a sacarose adsorvida ao material fibroso seja diluída e removida por lixiviação ou lavagem num processo de contracorrente. Durante a passagem do bagaço de uma moenda para outra, realiza-se a embebição, ou seja, a adição de água ou caldo diluído, com a finalidade de se aumentar a extração de sacarose. A moagem permite a produção de um bagaço final com grande potencial energético e que pode ser queimado e gerar energia para a usina.



**Figura 1**  
Fluxograma do processo de produção de açúcar, melaço e etanol (álcool)

Fonte: Paiva e Morabito (2007).

- 5) extração do caldo por moagem ou difusão:** para redução da quantidade de água necessária é feita uma operação de retorno do caldo diluído extraído. Assim, ao final da operação, faz-se a lavagem com água fresca. O líquido obtido dessa lavagem, contendo alguma sacarose que se conseguiu extrair do bagaço, é usado na lavagem anterior por ser um pouco mais rico, e assim sucessivamente. Esse retorno pode ser efetuado de cinco a 25 vezes, dependendo do grau de esgotamento desejado.
- Com difusores obtém-se eficiência de extração da ordem de 98%, contra 96% conseguidos com a extração por moendas. Entretanto, os difusores carregam mais impurezas, como o bagaço, para as caldeiras, exigindo maior limpeza destas.
- 6) clarificação:** o caldo de cana-de-açúcar obtido no processo de extração apresenta uma quantidade e qualidade variável de impurezas tais como areia, argila e bagacilho, cujos teores variam de 0,1% a 1%. O caldo é submetido a peneiras e hidrociclones que funcionam utilizando um fluxo da água injetado por uma bomba hidráulica para remoção de impurezas. Ainda assim o caldo não está puro. Segue então para um tanque, onde é submetido a um tratamento químico de clareação. O tratamento do caldo com adição do hidróxido de cálcio (leite de cal) provoca a floculação e a decantação das impurezas, além de proteger os equipamentos contra a corrosão. Entretanto, o excesso de cal pode afetar o crescimento da levedura em certas culturas.
- 7) aquecimento:** nesta etapa, o caldo clarificado é aquecido a aproximadamente 105°C em trocadores de calor, constituídos por um feixe tubular, pelo qual passa o caldo, localizado no interior de um cilindro por onde circula vapor de água saturado. O aquecimento reduz a contaminação microbiana, evitando a formação de espumas durante o processo fermentativo.
- 8) decantação:** esta fase visa à separação, por gravidade, de impurezas com mínima remoção de nutrientes. O caldo clarificado é submetido à decantação. As impurezas se depositam no fundo do tanque, formando um lodo que serve como adubo.
- 9) concentração do caldo:** a concentração do caldo para produção e armazenamento de xarope serve tanto para a elevação do teor de açúcar total do mosto – líquido açucarado que pode ser fermentado, com conseqüente aumento do teor alcoólico –, quanto para se garantir a continuidade do processo fermentativo em paradas de moagem. No caso de armazenamento de xarope, sua concentração deve ser elevada sem, contudo, atingir um limite próximo ao crítico da cristalização.
- 10) fermentação:** nesta etapa, é importante que se misture ao mosto uma quantidade de leveduras (fermentos) capazes de converter os açúcares em etanol e gás carbônico, dentro de determinadas condições. O preparo do mosto de melaço se constitui em uma correção dos açúcares totais por meio de diluição. O pH que favorece o desenvolvimento das leveduras deve estar na faixa de 4,5 a 5. Uma vez preparados o fermento e o mosto, ambos serão misturados em grandes tanques (dornas) de fermentação, momento em que as leveduras transformarão os açúcares em gás carbônico e etanol, sendo este último o objetivo desse processo industrial. Após a fermentação, verificam-se a diminuição da temperatura do vinho, a elevação da acidez e a diminuição da atividade de fermentação da levedura.
- 11) destilação:** o vinho resultante da fermentação do mosto possui uma composição complexa, com elementos de natureza líquida, sólida e gasosa. Para separar o etanol dos demais componentes do vinho, empregam-se várias destilações especiais, que são baseadas na diferença do ponto de ebulição das substâncias voláteis. A primeira é a purificação do vinho, também chamada de etapa



de depuração, com a eliminação parcial de impurezas (compostos) como aldeídos e ésteres. Esta operação resulta no vinho depurado e uma fração denominada álcool bruto de segunda. O vinho depurado é em seguida submetido a uma nova destilação, da qual resultam duas frações: o flegma, que é o produto principal da destilação constituído por uma mistura impura de água e álcool, e a vinhaça, um resíduo aquoso de destilação do vinho. O flegma é então submetido à operação de retificação para separação dos alcoóis superiores e concentração do destilado até o grau alcoólico do etanol hidratado (97%). Para o etanol hidratado ser concentrado a etanol anidro, é necessária uma etapa de desidratação, realizada por destilação com agente desidratador, como o ciclohexano, ou por peneira molecular.

## USO DA ÁGUA

As reservas de água do planeta se distribuem irregularmente. O Brasil detém 12% de água doce mundial e 25% das águas doces disponíveis. O consumo de água no Brasil é destinado em torno de 61% à agropecuária; 21% ao uso urbano e 18% à indústria. A Agência Nacional de Águas (ANA) projeta o consumo de água pelo setor industrial em 2025 para algo perto de 1.170 m<sup>3</sup>/ano, contra os atuais 257,21 m<sup>3</sup>/ano (AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUA, 2000).

O etanol tem-se apresentado como uma das soluções para minimizar os efeitos do esgotamento das fontes energéticas fósseis. No entanto, é importante considerar os efeitos gerados ao meio ambiente decorrentes da expansão dessa produção e do cultivo da cana-de-açúcar.

A água é um insumo essencial na produção de etanol e seu custo está diretamente associado ao modelo de produção adotado pelos produtores. É importante observar a forma de uso e reuso dos

recursos hídricos na cadeia produtiva e seus efeitos nos custos de produção.

## Redução do uso da água no plantio

### **As reservas de água do planeta se distribuem irregularmente. O Brasil detém 12% de água doce mundial e 25% das águas doces disponíveis**

Segundo Allan (1998), o cálculo da quantidade de água que se utiliza para a produção de *commodities* pode ser tratado através de uma análise do conceito de “água virtual”. Este conceito engloba a quantidade de água gasta para produzir um bem, produto ou serviço. É uma medida indireta dos recursos hídricos consumidos no processo produtivo, não apenas no sentido visível, físico, mas também no sentido virtual, embutida no produto. O cálculo da água virtual de produtos primários é obtido pela relação entre a quantidade total de água usada no cultivo e a produção expressa em m<sup>3</sup>/t.

Esta estimativa é feita em função do tipo de solo, clima, técnica de plantio, irrigação, entre outros. Quantificada a água virtual obtida do produto primário, pode-se mapeá-la através de um inventário hídrico, seguido de acompanhamento dos vários passos para obtenção do produto final.

Hoekstra (2011) afirma que o comércio global movimenta um volume anual de água virtual da ordem de 1.000 a 1.340 km<sup>3</sup>, sendo que 67% desse total está relacionado com o comércio de produtos agrícolas; 23%, com o comércio produtos animais, e 10% estão relacionados a produtos industriais.

O estudo de Gerbens-Leenes, Hoekstra e Van der Meer (2009) calcula a pegada da água – Water Footprint (WF) – de culturas energéticas através da relação entre o rendimento energético de uma cultura e o uso real da água em condições climáticas normais durante o ciclo vegetativo.

O WF de um produto é definido como o volume de água doce utilizada para a produção no local onde foi efetivamente produzido. O WF possui três componentes: WF verde (*green*), o WF azul (*blue*) e o WF cinza (*gray*). O WF verde refere-se à água

da chuva que evaporou durante a produção, principalmente durante o crescimento das culturas. O WF azul refere-se a águas superficiais e subterrâneas para irrigação evaporadas durante o crescimento da safra. O WF cinza é o volume de água que se torna poluído durante a produção, ou seja, a quantidade de água necessária para diluir os poluentes descarregados em águas naturais até atingir os padrões de qualidade da água (GERBENS-LEENES; HOEKSTRA; VAN DER MEER, 2009).

De acordo com os dados apresentados por Gerbens-Leenes, Hoekstra e Van der Meer (2009), o volume total médio de água necessário para a produção de um litro de etanol a partir da cana-de-açúcar é de 2,516 litros. Para cada litro de etanol produzido a partir da cana-de-açúcar é necessário 1,152 litro de água natural (*green water*). Se o etanol for produzido a partir da beterraba, esse volume cai para 0,566 litro de água natural. Uma diferença de mais de 100% de consumo de água. Portanto, o consumo de água para a produção de etanol depende da matéria-prima escolhida para a sua produção, conforme a Tabela 1.

A sustentabilidade da cadeia produtiva do etanol requer o uso adequado da água e a adoção de técnicas produtivas menos poluentes. A fase agrícola precisa também prever as consequências decorrentes da escassez dos recursos hídricos e a depredação da biodiversidade.

### O uso da água na cadeia produtiva de etanol

A água envolvida na etapa da produção de etanol consiste em dois tipos, a água de consumo e a de captação efetiva de água. A primeira resulta da soma de todos os usos no processo, como se todos os circuitos de água fossem abertos, enquanto que a segunda resulta da captação efetiva de água para reposição nos circuitos existentes.

A água de captação é oriunda de mananciais, rios, lagos ou poços artesianos. A água para consumo é o volume captado de água menos o volume de água consumida para reposição do consumo interno nos processos e utilidades.

De acordo com a Resolução SMA-88, de 20/12/2008 (SÃO PAULO, 2008), pela qual se definem as diretrizes para o licenciamento de empreendimento sucroalcooleiro do estado de São Paulo, as usinas que estiverem localizadas em áreas classificadas como adequadas para o plantio de cana-de-açúcar deverão utilizar a quantidade de água na razão de 1 m<sup>3</sup>/t. cana. Essa meta é alcançável com as tecnologias disponíveis para redução deste consumo. A Resolução SMA também estabelece que, nas áreas adequadas com limitações e restrição, o uso de água caia para um índice de, no máximo, 0,7 m<sup>3</sup>/t. cana.

Nas áreas classificadas como inadequadas, não serão mais aceitos pedidos de licenciamento

Tabela 1 Pegada de água (Water Footprint - WF)						
Lavouras	Total WF	Azul WF	Verde WF	Total água	Azul água	Verde água
Etanol	m <sup>3</sup> por GJ etanol			litro de água por litro de etanol		
Beterraba	59	35	24	1,388	0,822	0,566
Batata	103	46	56	2,399	1,078	1,321
Cana	108	58	49	2,516	1,364	1,152
Milho	110	43	67	2,570	1,013	1,557
Mandioca	125	18	107	2,926	420	2,506
Cevada	159	89	70	3,727	2,083	1,644
Centeio	171	79	92	3,990	1,846	2,143
Arroz	191	70	121	4,476	1,641	2,835
Trigo	211	123	89	4,946	2,873	2,073
Sorgo	419	182	238	9,812	4,254	5,558

Fonte: Gerbens-Leenes, Hoekstra e Van der Meer (2009).

Nota: A tabela também mostra a quantidade de água necessária para a produção de um litro de etanol de acordo com a lavoura. Os dados são apresentados pela média ponderada global.

ambiental, protocolados após a publicação da Resolução SMA - 67, de 18/09/2008, referente à instalação ou à ampliação de empreendimentos existentes do setor sucroalcooleiro. Para a renovação da Licença de Operação desses empreendimentos regularmente existentes nestas áreas, será exigido plano de adequação às condicionantes estabelecidas para as áreas classificadas como Adequadas com Restrições Ambientais.

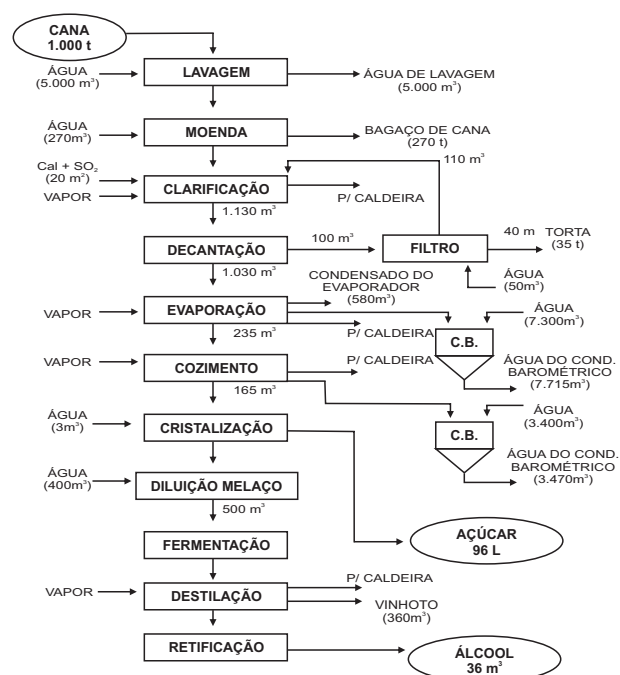
O estado de São Paulo possui 3,9 milhões de ha de áreas adequadas. Além disso, existem 8,9 milhões de ha de áreas adequadas com limitações ambientais; 5,5 milhões de ha de áreas adequadas com restrições ambientais e 6,7 milhões de ha de áreas inadequadas (UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-ÁÇUCAR, 2012).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Brasil possui ao todo 401 usinas produzindo etanol e açúcar. São 294 unidades mistas, 95 dedicadas exclusivamente ao álcool e dez, ao açúcar, sendo que duas unidades não apresentam lançamento (BRASIL, 2010).

A Figura 2 descreve o fluxograma de um balanço de massa genérico de uma usina mista, onde se visualizam as etapas que envolvem o consumo de água.

Os principais processos que consomem água na produção de álcool são a lavagem da cana (29%), os condensadores multijatos (25%), o resfriamento dos condensadores (19%) e o resfriamento de dornas (14%) (LEITE, 2008).

Conforme o apresentado na Figura 2, as usinas brasileiras possuem o seguinte balanço de água. Para cada tonelada de cana-de-açúcar, entram inicialmente cinco mil litros de água na usina para a lavagem. Durante o processo produtivo, o consumo gera em torno de 1.830 litros para processamento dessa tonelada. A água sai da usina na forma de perdas, calculadas em 1.919 l/t. cana por evaporação, no bagaço, nas purgas da lavagem de cana e outras. Ainda também há saída nos subprodutos como açúcar (0,03 l/t. cana), etanol (0,26 l/t. cana), vinhaça (570 l/t. cana) e torta de filtro (40 l/t. de cana).



**Figura 2**  
Fluxograma do balanço de massa genérico de uma usina de açúcar e álcool

Fonte: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2002 apud BRASIL 2006).

A Tabela 2 apresenta um levantamento indicando que a necessidade de água de uma usina seria de 21 m<sup>3</sup>/t. cana, caso os circuitos fossem totalmente abertos. Leite (2008) concluiu que seriam necessários 19 m<sup>3</sup>/t. cana, com os circuitos totalmente abertos, e também com a implementação de um sistema de cogeração e com a eliminação da lavagem da cana. A lavagem de cana-de-açúcar aconteceria apenas caso houvesse uma quantidade de matéria inorgânica muito elevada contida nesta.

O circuito aberto foi muito utilizado na indústria sucroalcooleira instalada perto de cursos d'água. Ou ainda com a água captada, utilizada no processo e lançada em rio diretamente ou após tratamento em lagoas para esse fim.

### Uso racional da água na produção de etanol

A redução do desperdício de água ao longo da cadeia produtiva de etanol é possível em todas as etapas do processo. A seguir, uma análise



detalhada de cada uma das etapas, com sugestões para a redução do consumo da água.

- **Lavagem da cana-de-açúcar e esteira**

Na lavagem da cana-de-açúcar antes da moagem, podem-se observar alguns procedimentos úteis para a redução do consumo de água.

A tendência é que não se lave mais a cana, o que se pode conseguir com o fim da queima e a mecanização da colheita, conforme previsto na Lei nº11.241/2002, do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2002).

A lei supracitada acordou para 2014 e 2017 o término da queima para áreas mecanizáveis e não mecanizáveis, respectivamente. A adesão

**Tabela 2**  
Usos da água (valores médios) em usinas com destilaria anexa

	Descrição	Fator de uso médio (m <sup>3</sup> /t. cana total)	Distribuição (%)
Alimentação	Lavagem de cana	5,33	25,40
Extração (moendas)	Embebição	0,25	1,20
	Resfriamento de mananciais	15,00	0,70
Tratamento do caldo	Preparo de leite de cal	0,01	0,10
	Resfriamento de sulfitação	0,05	0,20
	Embebição dos filtros	0,04	0,20
	Condensadores dos filtros	0,30	1,40
Concentração do caldo (*)	Condensadores multijatos evaporação	2,00	9,50
	Condensadores multijatos cozedores	4,00	19,00
	Diluição de méis	0,03	0,10
	Resfriamento cristalizadores	0,05	0,20
	Lavagem de açúcar	0,01	0,00
Geração de energia	Produção de vapor	0,50	2,40
	Resfriamento turbogeradores	0,20	1,00
Fermentação (**)	Resfriamento do caldo	1,00	4,80
	Resfriamento das dornas	3,00	14,30
Destilaria (**)	Resfriamento dos condensadores	4,66	19,60
Outros	Limpeza dos equipamentos	0,05	0,20

Fonte: Elia Neto (1995).

Nota: (\*) itens que não participam do processo do álcool;  
(\*\*) itens que não participam do processo do açúcar.

Primeiro, a eliminação da despalha com fogo, o que reduziria a aderência de terra e pedregulhos, podendo até mesmo haver dispensa da lavagem. Recomenda-se a realização da lavagem em mesa separada daquela onde ocorre o desfibramento para evitar perda de bagacinho aderido. Pode-se reduzir a vazão da água usada através da remoção a seco de parte das impurezas e pelo reuso da água no processo de lavagem, passando esta por tratamento para remover sólidos grosseiros, resíduos sedimentáveis e eventualmente substâncias orgânicas solúveis.

ao protocolo e o cumprimento das regras estabelecidas conferirão selo ambiental às usinas. Este selo facilitará a comercialização do etanol. Com a proibição da queima da cana-de-açúcar e o avanço da colheita mecanizada, estima-se uma queda de 61% no número de empregados no corte da cana até o ano 2015. Segundo Leite (2008), o sistema de limpeza de esteiras continua a ser utilizado, porém com volumes menores. O circuito pode ser reduzido de 10 m<sup>3</sup>/t. cana de uma mesa convencional para 1 a 2 m<sup>3</sup>/t. cana. Assim, segundo os valores utilizados para lavagem da cana apresentados na

Tabela 2, o consumo cairá de 5,33 m<sup>3</sup>/t. cana para um máximo de 2,0 m<sup>3</sup>/t. cana, segundo estimativa de Leite (2008). Portanto, a água seria usada apenas para lavar a esteira.

- **Águas de resfriamento de condensadores e dornas**

Segundo Leite (2008), se for utilizado em conjunto através do efeito cascata, ou seja, utilizando a água nas dornas e posteriormente nos condensadores, ocorrerá uma redução do volume de água necessário em cerca de 16%. O circuito seria então fechado, sendo adotados sistemas de resfriamento evaporativo, com torres de resfriamento. Haveria a necessidade de água apenas para a reposição das perdas por evaporação e arraste, o que representa cerca de 2% a 3% da água em circulação. Assim, nesse novo arranjo, o resfriamento das dornas ficaria menor que 3,0 m<sup>3</sup>/t. cana e o resfriamento dos condensadores chegaria até 4,0 m<sup>3</sup>/t. cana. Isso resultaria em 84% do total de água necessário na configuração convencional (LEITE, 2008).

- **Condensadores multijatos**

Para Leite (2008), este circuito deve sofrer alterações, visando à redução do consumo de água. Os condensadores multijatos (evaporação e cozedores) devem ser substituídos por colunas barométricas, para produção de vácuo na fase de concentração do caldo, resultando em uma redução de 30% da necessidade de água nesta operação. Conforme Tabela 2, os valores são respectivamente de 2,0 m<sup>3</sup>/t. cana e 4,0 m<sup>3</sup>/t. cana para os condensadores/multijatos evaporação e condensadores/multijatos cozedores.

Os outros usos de água inclusos no processo produtivo de etanol envolvem o resfriamento dos cristalizadores (0,005 m<sup>3</sup>/t. cana);

o resfriamento dos turbogeradores (0,2 m<sup>3</sup>/t. cana); o resfriamento do caldo (1,0 m<sup>3</sup>/t. cana); o resfriamento de mançais (0,150 m<sup>3</sup>/t. cana); o resfriamento da coluna de sulfitação (0,05 m<sup>3</sup>/t. cana) e a lavagem dos pisos (0,2 m<sup>3</sup>/t. cana).

Segundo Leite (2008), para estes usos a indústria poderia utilizar água condensada, ou seja, a água da cana, que é água condensada no processo de obtenção do açúcar.

Quando se produz álcool a partir de caldo, a água da cana é incorporada na vinhaça. O uso de condensados, obtidos da concentração do caldo de cana, permite uma redução da captação, bastando apenas resfriamento para a utilização segura. Em algumas etapas do processo, não ofereceria grandes riscos aos operadores, tais como: embebição da moenda, lavagem de torta, lavagem de piso, reposição em sistemas de abatimento de particulados, entre outras. Com esse procedimento, o valor seria reduzido de 2,73 m<sup>3</sup>/t. cana para, no máximo, 2,0 m<sup>3</sup>/t. cana.

O consumo de água em uma planta de produção de álcool depende da configuração da usina. Carmo (2008) afirma que, se for uma planta de açúcar integrada a uma destilaria, considerando-se 21 m<sup>3</sup>/t. cana e adotando-se a partição do caldo em 50% para a produção de açúcar e 50% para a produção de etanol, tem-se, em média, um consumo de 42 l/t. cana de etanol.

Com as intervenções sugeridas, em uma usina mista, de um consumo de 21m<sup>3</sup>/t. cana, passaria a representar cerca de 14,08 m<sup>3</sup>/t. cana, representando uma redução de 33%. A concentração da vinhaça integrada à destilação poderá contribuir significativamente para a redução da necessidade de água.

Com o avanço de novas tecnologias, Carmo (2008) supõe que o processo de produção de etanol pode precisar de uma quantidade de água inferior à quantidade de água contida na própria cana-de-açúcar processada. Ou seja,

0,7 m³/t. cana, o que permitirá a geração de excedente de água.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução de consumo da água na produção do etanol assenta-se em duas fases distintas da produção de etanol: plantio e produção propriamente dita. O plantio da cana-de-açúcar obedece ao ciclo de chuvas e regiões propensas ao plantio. O maior consumo de água está no processo de produção do etanol, mais especificamente no processo de lavagem da cana.

A tendência é que não se lave mais a cana, o que se pode conseguir com o fim da queima e a mecanização da colheita.

A adoção de aprimoramentos e ajustes na cadeia produtiva de etanol teria implicações na diminuição do consumo de água ao longo do processo produtivo. Tais reduções podem representar uma quantidade de água inferior à quantidade de água contida na própria cana-de-açúcar processada, o que permitiria a geração de excedente de água.

## REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. A. Virtual water: a strategic resource: global solutions to regional deficits. *Ground Water* [S.l.], v. 36, n. 4, p. 545-546, 1998.
- AGÊNCIA NACIONAL DA ÁGUA. *A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025*. Brasília: Agência Nacional da Água, 2000. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 23 ago. 2005
- BACCHI, M. R. P. Brasil gerando energia de biomassa limpa e renovável. In: BARROS, G. S. de C. (Org.). *Agronegócio brasileiro: perspectivas, desafios e uma agenda para seu desenvolvimento*. Piracicaba, SP: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA; ESALQ/USP, jul. 2006.
- BASTOS, V. D. Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 25, p. 5-38, mar. 2007.
- BRANDÃO, V. S. et al. *Infiltração de água no solo*. 3. ed. atual e ampl. Viçosa, MG: UFV, p. 120, 2006.
- BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. *A produção brasileira de etanol*. 2006. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/item\\_6.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/item_6.pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Anuário Estatístico da Agroenergia*. 2010. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento\\_sustentavel/agroenergia/estatistica](http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento_sustentavel/agroenergia/estatistica)>. Acesso em: 05 jan. 2013.
- CARMO, V. B. *Uso da água na produção de etanol de cana-de-açúcar*. Campinas, SP: FEM; NIPE; Unicamp, 2008.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO CETESB. *Câmara Ambiental do Setor Sucroalcooleiro GT de P+L: mudanças tecnológicas: procedimentos: a produção mais limpa (p+l) no setor sucroalcooleiro*. São Paulo: Cetesb, 24 nov. 2002.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande, PB: Universidade Federal da Paraíba: 1994. 306 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Queimada na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos*. 2010. Disponível em: <[http://www.cnpem.br/publica/download/Doc\\_77.pdf](http://www.cnpem.br/publica/download/Doc_77.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2012.
- ELIA NETO, A. Captação e uso de água no processamento da cana-de-açúcar. In: MACEDO, I. C. et al. *A energia da cana-de-açúcar*. São Paulo: UNICA, 1995.
- GERBENS-LEENES, P. W.; HOEKSTRA, A. Y.; VAN DER MEER, T. The water footprint of bioenergy. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [Ithaca, NY], v. 106, n. 25, p. 10219-10223, 2009.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- HOEKSTRA, A. The global dimension of water governance: why the river basin approach is no longer sufficient and why cooperative action at global level is needed. *Water*, Twente, Holanda, v. 3, n. 1, p. 21-46, 2011.
- KAMM, B.; KAMM, M; GRUBER, P. (Ed.). *Biorefineries: biobased industrial processes and products: status quo and future directions*. Weinheim: Wiley-VCH, 2005.
- KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 68, n. 24, 2010.
- LEITE, H. A sustentabilidade e o uso da água. In: WORKSHOP USO DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR, 16., 2008, Campinas, SP. *Anais...* Campinas, SP: Projeto Programa de Pesquisa em Políticas Públicas; FEM; NIPE; Unicamp, 2008.



PAIVA, R. P. O.; MORABITO, R. Um modelo de otimização para o planejamento agregado da produção em usinas de açúcar e álcool. *Gestão da Produção*, São Carlos, SP, v. 14, n. 1, p. 25-41, jan./abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v14n1/03.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2013.

RODRIGUES, L. D. *A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o zoneamento agroecológico como ferramenta para mitigação*. 2010. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental)–Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, Juiz de Fora, MG, 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/analiseambiental/files/2009/11/monografia.-1.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

SÃO PAULO. Lei n° 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas [Diário Oficial do Estado de São Paulo], São Paulo, 19 set. 2002. Disponível em: <[http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/24/Documentos/Lei%20Estadual\\_11241\\_2002.pdf](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/24/Documentos/Lei%20Estadual_11241_2002.pdf)>. Acesso em: 3 dez. 2012.

SÃO PAULO. Resolução SMA - 88, de 19 de dezembro de 2008. Define as diretrizes técnicas para o licenciamento de empreendimentos do setor sucroalcooleiro no estado de São Paulo. [Diário Oficial do Estado de São Paulo], São Paulo, 19 dez. 2008. Disponível em: <[http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2008\\_Res\\_SMA\\_88.pdf](http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2008_Res_SMA_88.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2012.

SÃO PAULO. *Lei ambiental impõe mecanização da lavoura da cana*. Disponível em: <[http://www.cna.org.br/.../down\\_anexo.php?q...20341Mecanizacaodacana](http://www.cna.org.br/.../down_anexo.php?q...20341Mecanizacaodacana)>. Acesso em: 3 ago. 2012.

UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA. *Produção*. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-consumo-de-combustiveis.php?idMn=11&tipoHistorico=10>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

VERÍSSIMO, M. P.; ANDRADE, D. C. *Produção de etanol no Brasil no período 1980-2008: uma análise baseada na modelagem VAR*. Disponível em: <[http://www.bnb.gov.br/.../2011\\_producao\\_de\\_etanol.pdf](http://www.bnb.gov.br/.../2011_producao_de_etanol.pdf)>. Acesso em: 14 dez. 2012.

Artigo recebido em 15 de maio de 2013  
e aprovado em 28 de maio de 2013.



# Consumo de água em residências de baixa renda: análise dos fatores intervenientes sob a ótica da gestão da demanda

Ana Paula Garcia\*

Karla Patrícia Oliveira Esquerre\*\*

Mariza Mello\*\*\*

Asher Kiperstok\*\*\*\*

\* Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial (PEI) e mestre em Engenharia Industrial e Engenharia Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). apalmeida@ufba.br

\*\* Pós-doutora pela Hokkaido University e doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Professora adjunta da Universidade Federal da Bahia (UFBA). karlaesquerre@ufba.br

\*\*\* Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). mar\_mellop@hotmail.com

\*\*\*\* Doutor em Engenharia Química/Tecnologias Ambientais e mestre em Engenharia Química pela University Of Manchester Institute Of Science And Technology (UMIST). Professor-associado do Departamento de Engenharia Sanitária da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA). asher@ufba.br

## Resumo

Este artigo apresenta resultados do projeto de pesquisa que tem por objetivo investigar como características da família e do domicílio influenciam no consumo de água em residências de baixa renda. Para tanto, foram entrevistados moradores de domicílios localizados em dois bairros de Salvador: Chapada do Rio Vermelho e Plataforma. O consumo residencial de água e variáveis como: número de moradores, número de dormitórios e pontos de consumo de água no domicílio apresentaram-se correlacionados. Destacaram-se como fatores motivadores do uso racional da água questões financeiras e escassez de água. A partir dos aspectos avaliados pode-se afirmar que o sistema tarifário adotado, com uma tarifa fixa para consumos mensais de água até 10m<sup>3</sup>, mostra-se como um entrave para a implantação de ações visando ao uso racional da água em área de baixa renda.

**Palavras-chave:** Água. Consumo. Demanda. Residências. Baixa renda.

## Abstract

*This article presents results from a research project that aims to investigate how family and household characteristics influence water consumption in low-income residences. Therefore, residents of household located in two neighborhoods of Salvador were interviewed: Chapada do Rio Vermelho and Plataforma. Residential consumption of water and variables, such as: number of residents, number of bedrooms and points of water consumption in the household showed themselves to be correlated. Financial issues and water scarcity stood out as motivating factors for rational water use. From the aspects evaluated, it can be affirmed that the tariff system adopted, with a fixed rate for monthly consumption of water up to 10m<sup>3</sup>, shows itself as an obstacle to the implementation of actions aiming at the rational use of water in low-income areas.*

**Keywords:** Water. Consumption. Demand. Households. Low-income.



## INTRODUÇÃO

O crescimento da demanda por água na área urbana, associado ao comprometimento da qualidade dos mananciais mais próximos, evidencia a necessidade de soluções que tornem o uso da água mais sustentável, embasadas na caracterização da sua utilização, assim como na definição dos padrões de consumo, intimamente relacionada a fatores sociais e culturais das famílias e às características dos domicílios. Principalmente, no que se refere ao consumo de água potável, pela necessidade do controle rigoroso da sua qualidade, desde os mananciais até o seu uso final.

O documento DTA-A1 do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (SILVA et al., 1999, p. 19) define gestão da demanda como "(...) toda e qualquer medida voltada a reduzir o consumo final dos usuários do sistema, sem prejuízo dos atributos de higiene e conforto dos sistemas originais". Este documento afirma ainda que a mudança de hábitos e utilização de tecnologias e aparelhos poupadores de água devem ser estimuladas por ações de educação ambiental, política tarifária e subsídios.

Pesquisadores como Salati e Lemos (2002) e Vairavamoorthy e Mansoor (2005) afirmam que, diante do aumento dos custos de construção, das projeções de crescimento da demanda, do crescimento da preocupação ambiental e dos limitados recursos disponíveis, os custos dos investimentos futuros necessários em saneamento tenderão a dobrar ou triplicar em relação aos atuais.

Burn, Silva e Shipton (2002) verificaram que a gestão da demanda é capaz de reduzir os custos dos sistemas de abastecimento entre 25% e 45%. Como em países em desenvolvimento os recursos e investimentos são sempre limitados, estes devem priorizar a adoção de medidas de conservação da água, associadas a um bom planejamento. Segundo Vairavamoorthy e Mansoor (2005) é preciso reconhecer que o setor do saneamento nos países em desenvolvimento deve ter uma atitude

mais proativa em relação a práticas de gestão da demanda de água.

Em residências, o consumo de água varia consideravelmente de uma casa para outra, dependendo de fatores socioeconômicos, culturais, pessoais e das características do imóvel.

Diante deste cenário, o grupo de pesquisas Rede de Tecnologias Limpas (Teclim), da Universidade Federal da Bahia (UFBA), vem desenvolvendo, desde 2004, pesquisas sobre consumo de água em residências (ALMEIDA, 2007; COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008; GARCIA, 2011; BOTELHO, 2013). Alguns destes (COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008; GARCIA, 2011; BOTELHO, 2013) tiveram como foco a avaliação dos fatores associados ao consumo de água em residências de baixa renda, confrontando o consumo de água no domicílio com características das famílias e das residências.

Com a motivação dada pela temática, busca-se discutir neste artigo como características das famílias e de seus domicílios influenciam no consumo de água em áreas de baixa renda e avaliar qual a percepção dos moradores sobre o consumo de água e o uso racional deste recurso. Tem-se como objetivo subsidiar proposições e ações que visem ao uso racional da água nestas áreas.

## OCUPAÇÃO URBANA DESORDENADA E SUA INFLUÊNCIA NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O século XX no Brasil caracterizou-se por um processo intenso de urbanização. A taxa de urbanização passou de 31,2% em 1940 para 67,6% em 1980. Em 1960, 49% da população residia em áreas urbanas, em 1970 esse percentual chegou a 58%. A taxa de urbanização do país, que em 1991 era de 76%, passou para 81% em 2000 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2006) e para 85% em 2011 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012). Este processo foi verificado em todas as regiões, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1**  
**Taxa de urbanização no Brasil e nas regiões**

Região/Ano	1950	1970	1991	2000	2004	2011
<b>Brasil</b>	<b>36</b>	<b>56</b>	<b>78</b>	<b>81</b>	<b>83</b>	<b>85</b>
Norte	32	45	59	70	74	74,7
Nordeste	26	42	61	69	72	73,7
Sudeste	45	73	88	91	92	93,4
Sul	30	44	74	81	82	85,1
Centro-oeste	24	48	81	87	86	90,8

Fonte: IBGE/ PNAD e censos demográficos.

As grandes metrópoles brasileiras, em sua maior parte, formaram-se a partir de uma urbanização por expansão de bairros periféricos, sem planejamento, criando espaços segregados e desordenados, processo iniciado na década de 40 e presente nos dias atuais, excluindo grande parte da população dos serviços urbanos (JACOBI, 1990, apud JULIÃO, 2003).

Por sua vez, o crescimento da ocupação do solo, associado ao processo de poluição, tem comprometido a qualidade dos mananciais mais próximos, fazendo com que o abastecimento das cidades ocorra a partir de pontos cada vez mais distantes, segundo um modelo denominado de gestão da oferta de água.

A população de baixa renda constitui-se no segmento mais numeroso dos usuários da água urbana. Na Tabela 2, observa-se que cerca de 70% dos domicílios das principais regiões metropolitanas do Brasil possuem renda domiciliar de até cinco salários mínimos. Na Região Metropolitana de Salvador (RMS) este percentual chega a 80%. Observa-se

ainda que metade dos domicílios da RMS possui renda mensal de até dois salários mínimos.

Julião (2003) afirma que possuir uma moradia tem um custo quase inacessível à grande parte da população, obrigando esta a buscar opções mais baratas de habitação, criando assim o processo de favelização. O autor afirma ainda que o processo de urbanização, além da favelização, trouxe problemas de caráter social, econômico e sanitário, causados principalmente pelo subemprego ou desemprego, gerando exclusão social e privando os cidadãos de oportunidades de melhor qualidade de vida e saúde.

Embora algumas regiões brasileiras possuam cerca de 90% da sua população atendida com abastecimento de água, o aumento da cobertura tem sido incipiente nos últimos anos. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2012), o índice de atendimento com abastecimento de água, em nível nacional, aumentou 1,4%, de 2003 para 2008. Assim, uma parte significativa da população ainda vive em condição

**Tabela 2**  
**Domicílios particulares permanentes, por região metropolitana, segundo classes de rendimento mensal domiciliar**

Região metropolitana	São Paulo		Rio de Janeiro		Belo Horizonte		Salvador	
	%	% Acum.	%	% Acum.	%	% Acum.	%	% Acum.
Sem rendimento	5%	5%	5%	5%	3%	3%	6%	6%
Até 1 SM	8%	13%	13%	18%	11%	14%	21%	28%
Mais de 1 a 2 SM	18%	31%	21%	39%	20%	34%	24%	51%
Mais de 2 a 5 SM	36%	67%	34%	73%	38%	72%	29%	80%
Mais de 5 a 10 SM	19%	86%	16%	88%	17%	89%	11%	91%
Mais de 10 a 20 SM	9%	95%	8%	96%	7%	96%	6%	97%
Mais de 20 SM	5%	100%	4%	100%	4%	100%	3%	100%

Fonte: IBGE, Censo 2010.

de risco, seja pelo não atendimento ou pela descontinuidade no abastecimento.

Segundo Vairavamorthy e Mansoor (2005), no sul da Ásia estima-se que cerca de 350 milhões de pessoas são atendidas pelos sistemas de abastecimento de água algumas horas por dia, e, em quase todas as cidades indianas, os sistemas são operados de forma intermitente, situação similar à encontrada em outras regiões da África e da América Latina. Os autores afirmam que tal situação representa custo extra aos consumidores, como: aquisição de reservatórios, sistemas de bombeamento, entre outros, e que os usuários de baixa renda sofrem ainda mais com esta situação, pois nem sempre dispõem de recursos para aquisição de sistemas que reduzam os efeitos da intermitência, tendo, muitas vezes, que conviver e adequar-se a esta.

Associada à discussão sobre a necessidade de implementação de ações voltadas à gestão da demanda apresenta-se a falta de eficiência dos sistemas de distribuição de água, em que a intermitência no fornecimento dos serviços soma-se às perdas no sistema.

Apesar dos esforços e estudos voltados para sua redução, as perdas nos sistemas de distribuição ainda apresentam valores significativos de volume de água retirado dos mananciais. Segundo relatórios do SNIS, as perdas de faturamento nas empresas de saneamento brasileiras estão em torno de 40%, o que inclui tanto as perdas reais (físicas), associadas aos vazamentos no sistema e procedimentos operacionais, quanto as aparentes (não físicas), que correspondem às ligações clandestinas e aos hidrômetros subdimensionados, fraudados ou sem funcionamento.

Segundo Carvalho e outros (2004), o roubo de água é comum em ligações residenciais. Para isso é realizada a modificação na ligação feita pela concessionária visando impedir, parcial ou totalmente, a leitura correta do medidor.

A medição do volume de água consumido numa edificação representa um ponto delicado na relação entre a concessionária de água e os usuários

do sistema, pois determina quanto estes pagarão pelo serviço prestado. Assim, a medição de água deve ser feita de forma a minimizar as incertezas, reduzindo tanto a submedição que prejudica os prestadores dos serviços, como a sobremedição ou sobretarifação, acima do consumo efetivamente praticado, que afeta os usuários. Ambas as possibilidades tendem a promover o desperdício.

## FATORES INTERVENIENTES NO CONSUMO RESIDENCIAL

Muitas pesquisas têm buscado relacionar a demanda residencial por água a variáveis socioeconômicas, climatológicas e a características do próprio imóvel. Memon e Butler (2006) afirmam que uma previsão precisa da demanda por água é essencial para definir as futuras necessidades de abastecimento de água e avaliar a sustentabilidade financeira das ações de gestão da demanda. O consumo de água dependerá de hábitos pessoais e características locais, sendo influenciado por fatores econômicos, sociais e ambientais. Porém, a caracterização do consumo é complexa devido às relações deste com as variáveis. Vários estudos têm sido realizados para identificar os principais fatores que afetam o consumo doméstico de água.

O Quadro 1 apresenta uma relação comparativa de alguns estudos que avaliam a associação entre o consumo residencial de água, variáveis socioeconômicas e climáticas e características da família. É importante destacar que os autores citados adotaram diferentes metodologias, tipos de dados e níveis de análise (local, regional, domiciliar), o que dificulta a comparação dos resultados publicados.

A maioria dos artigos consultados, incluindo aqueles listados na Tabela 1, identifica como fatores determinantes do consumo de água características físicas do imóvel, como área construída, número de cômodos e quartos, tamanho e nível socioeconômico das famílias (MORAES, 1995; FERNANDES NETO et al., 2005; ALMEIDA, 2007; FRONDEL;



Referência	Local	Nível de dados	Variáveis adotadas
Fox, McIntosh e Jeffrey (2009)	Reino Unido	Residencial	Número de dormitórios, presença de jardim e tipo de imóvel
Almeida (2007)	Feira de Santana, Bahia	Residencial	Número de habitantes, número de dormitórios e número de equipamentos existentes
Moraes (1995)	Salvador, Bahia	Residencial	Gasto mensal com água, número de moradores no domicílio e tipo de ligação de água do domicílio
Fernandes Neto e outros (2004)	Minas Gerais	Municipal	Nível socioeconômico da população abastecida
Fernandes Neto e outros (2005)	Minas Gerais	Municipal	Preço da água, temperatura, chuva
Dias, Martinez e Libanio (2010)	Minas Gerais	Local	Renda per capita
Silva, Silva e Chichorro (2008)	Cuiabá, Mato Grosso	Local	Fatores socioeconômicos e consumo per capita de energia elétrica
Frondel e Messner (2008)	Leipzig, Alemanha	Residencial	Preço médio, tamanho da família, renda, idade, tipo de imóvel, gênero, conhecimento do preço, temperatura média, chuva
Gato, Jayasutiya e Roberts (2007)	East Doncaster, Austrália	Local	Clima e período da semana (dia útil ou fim de semana)
Zhou e outros (2000) e Zhou, McMahon e Wang (2001)	Melborn, Austrália	Local	Temperatura e precipitação
Dandy, Nguyen e Davies (1997)	Adelaide, Austrália	Local	Preço da água
Koo e outros (2005)	Seul, Coreia do Sul	Local	População e área do distrito comercial

#### Quadro 1

#### Variáveis adotadas pelos autores para explicar a variação na demanda doméstica de água

Fonte: Tarifas da Embasa, 2013.

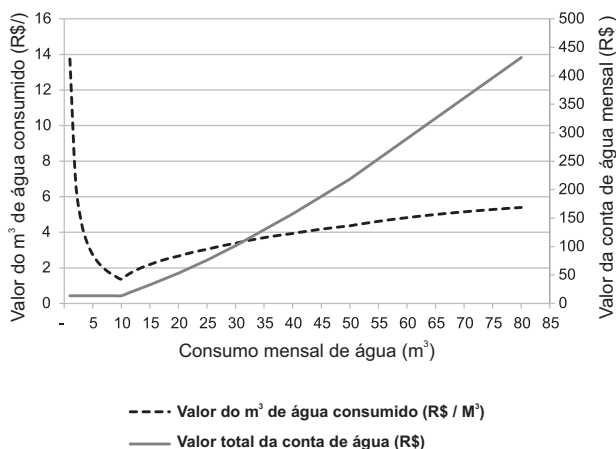
MESSNER, 2008; SILVA; SILVA; CHICHORRO, 2008; FOX; MCINTOSH; JEFFREY, 2009; DIAS; MARTINEZ; LIBANIO, 2010) e características climáticas, como temperatura e precipitação (ZHOU et al., 2000; ZHOU; MCMAHON; WANG, 2001; AMARAL; SHIROTA, 2000; FERNANDES NETO et al., 2005; GATO; JAYASURIYA; ROBERTS, 2007; FRONDEL; MESSNER, 2008). Segundo Santos (2011), o clima e o consumo de água possuem uma relação complexa e ligada com os processos comportamentais. O consumo de água associado ao clima ocorre de forma diversa. A depender da finalidade da demanda, pode haver um crescimento ou decréscimo desta em função do fator climático considerado, como temperatura, umidade, precipitação, entre outros.

O preço da água é outro importante aspecto na demanda por este recurso, avaliado por diversos autores (DANDY; NGUYEN; DAVIES, 1997; ARBUÉS; GARCÍA-VALIÑAS; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, 2003;

FRONDEL; MESSNER, 2008). Ao analisar a influência do preço da água, deve-se considerar que a maioria das companhias de água e esgoto brasileiras adota a cobrança progressiva da tarifa de água, variando de acordo com o consumo, ou seja, o valor por metro cúbico ( $m^3$ ) aumenta à medida que aumenta o consumo. Esta forma de cobrança busca induzir o uso eficiente da água. Assim, quem consome mais pagaria mais por cada  $m^3$ . Outra prática bastante comum é a determinação de um volume mínimo faturado, assim, para consumos até este valor, é cobrada uma taxa fixa. O volume mínimo mais adotado é de  $10 m^3$ .

O gráfico 1 foi produzido a partir da tarifa residencial normal praticada pela Empresa Baiana de Águas e saneamento (Embasa) em abril de 2013. Neste período, a tarifa mensal mínima de água, equivalente ao consumo de até  $10 m^3/mês$ , era R\$ 17,65. Neste gráfico, pode-se identificar duas regiões distintas na curva do valor médio pago por  $m^3$

consumido. À esquerda, para consumo de até 10 m<sup>3</sup> por mês, faixa em que é cobrada tarifa mínima constante, o valor pago por m<sup>3</sup> cai de R\$ 17,65 para R\$ 1,77. À direita, para consumo a partir de 10m<sup>3</sup> por mês, faixa da tarifa progressiva, o valor pago por m<sup>3</sup> aumenta gradativamente, atingindo o valor de R\$ 6,8/m<sup>3</sup> para 70 m<sup>3</sup>/mês.



**Gráfico 1**  
Valor da conta de água e do m<sup>3</sup> de água consumido, segundo consumo mensal de água

Fonte: Tarifas da Embasa, 2013.

Com base nos valores apresentados no Gráfico 1, observa-se que um domicílio onde o consumo de água fica dentro da faixa de tarifa mínima poderá pagar pelo m<sup>3</sup> utilizado o mesmo valor daquele que possui consumo acima desta faixa. Num domicílio que consome 5 m<sup>3</sup>/mês (dentro da faixa de consumo mínimo) o valor do m<sup>3</sup> é o mesmo daquele cobrado para o consumo de 20 m<sup>3</sup>/mês. Assim, ainda que os moradores adotem padrões mais eficientes de uso, não perceberão este esforço recompensado em sua conta de água. Ou seja, o sistema tarifário adotado por grande parte das concessionárias estaduais de saneamento, ao cobrar um valor fixo para um consumo de até 10 m<sup>3</sup>/mês, promove o desperdício ao invés do uso eficiente.

Pode-se argumentar que o consumo abaixo de 10 m<sup>3</sup> refere-se a um número reduzido de domicílios, o que não é o caso. Estudos que avaliaram

especificamente domicílios de populações de baixa renda (MORAES, 1995; COHIM; GARCIA; KIPERSTOK, 2008, GARCIA, 2011) indicam que estas geralmente consomem próximo da faixa 10 m<sup>3</sup> por mês e, conforme já discutido, representam parte significativa da população urbana.

Segundo dados do Censo realizado pelo IBGE em 2010, no Brasil, 59% dos domicílios possuem até três moradores. Já os resultados da PNAD 2011 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012) apontam crescimento (de 9,3% em 2001 para 12,4% em 2011) da proporção dos arranjos unipessoais, ou seja, das pessoas que moram sozinhas, redução do peso relativo das famílias constituídas por casal com filhos (de 53,3% em 2001 para 46,3% em 2011) e, conseqüentemente, aumento dos casais sem filhos (de 13,8% em 2002 para 18,5% em 2011).

Analisando-se sob o ponto de vista apresentado por Kiperstok e Garcia (2011), a partir da combinação de arranjos familiares variando de uma a três pessoas e faixas de consumo entre 80 e 150 litros diários por pessoa, encontram-se consumos residenciais variando entre 2 e 14 m<sup>3</sup>/mês. A última faixa de consumo, no caso, corresponderia aos limites máximos avaliados, ou seja, três moradores e um consumo *per capita* de 150 litros diários. As demais combinações, cujo consumo *per capita* aproxima-se daqueles identificados para regiões de baixa renda, conforme análise nos próximos itens deste artigo, e que representam parte significativa da população urbana, correspondem a consumos inferiores a 10m<sup>3</sup>/mês.

Almeida (2007), ao avaliar o consumo residencial de água em Feira de Santana, município baiano com aproximadamente 557 mil habitantes, segundo em população, ficando abaixo apenas da capital Salvador, verificou que 42% dos domicílios consomem até 10m<sup>3</sup>/mês.

Gomes e Figueiredo Júnior (2011) sugerem a cobrança de tarifas diferenciadas, segundo as classes socioeconômicas da população, de forma que o subsídio reduza a tarifa para usuários de

baixa renda (classes D e E) e seja financiado pela cobrança de tarifas maiores às classes de mais alta renda (A e B). Conforme identificado pelos próprios autores, esta forma de cobrança seria difícil de ser implementada, pois dependeria do recadastramento dos usuários em faixas socioeconômicas e da definição de critérios para esta classificação, o que demandaria uma grande capacidade de gestão e atualização de cadastro por parte das concessionárias.

Uma medida sugerida por Kiperstok e Garcia (2011) seria a cobrança do valor proporcional ao consumo, para todas as faixas, não mais cobrando o valor fixo para o consumo abaixo de 10m<sup>3</sup>/mês. A possível queda na arrecadação poderia ser compensada como aumento no valor do m<sup>3</sup> cobrado para as faixas de maior consumo.

São muitos os conceitos e variáveis associados à determinação da tarifa de água. Evidencia-se a necessidade da discussão de mudanças na forma de cobrança atualmente adotada, permitindo que as diretrizes associadas à elaboração da tarifa sejam atendidas, entre elas a inibição do consumo supérfluo e do desperdício e a sustentabilidade, tanto financeira quanto ambiental dos sistemas.

## **CONSUMO DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS DE BAIXA RENDA**

Conforme já discutido, cerca de 70% dos domicílios das principais regiões metropolitanas do Brasil possuem renda domiciliar até cinco salários mínimos. Assim, estudar o consumo destas residências significa buscar desvendar os fatores que interferem na demanda por água de mais da metade da população urbana, permitindo estabelecer estratégias para a implementação da gestão da demanda e o uso racional para esta parcela da sociedade.

### **Uma medida sugerida por Kiperstok e Garcia seria a cobrança do valor proporcional ao consumo, para todas as faixas, não mais cobrando o valor fixo para o consumo abaixo de 10m<sup>3</sup>/mês**

Apesar de diversos estudos apontarem a forte influência da renda no consumo residencial (FERNANDES NETO et al., 2004; FRONDEL; MESSNER, 2008; DIAS; MARTINEZ; LIBANIO, 2010), poucos se dedicaram a estudar os fatores que afetam a demanda por água dentro de uma classe de renda específica.

Dentre os escassos trabalhos identificados que avaliaram o consumo de populações de baixa renda, o realizado na capital baiana por Moraes (1995), no qual foi avaliado o consumo *per capita* em nove assentamentos da periferia urbana, verificou que este variava entre 32 l/hab.dia a 87 l/hab.dia, com um valor médio 48 l/hab.dia.

O estudo desenvolvido por Cohim, Garcia e Kiperstok (2008), no qual foi avaliado o perfil de consumo de dez residências de baixa renda localizadas em Simões Filho (BA), verificou que a concessionária de água e esgoto não media o consumo residencial, sendo cobrado o valor referente a 10 m<sup>3</sup>/mês. Porém, os dados levantados neste estudo indicam que o consumo variava entre 5,2 e 13,1 m<sup>3</sup>/mês, ficando o consumo médio desta em torno de 9,1 m<sup>3</sup>/mês, abaixo da média local. Durante o período analisado pelos autores, apenas duas casas alcançaram o volume mensal cobrado. Já o consumo *per capita* das residências variou entre 74,3 e 86,0 l/hab.dia, com valor médio de aproximadamente 80 l/hab.dia.

Apesar das diferenças nas metodologias adotadas e no tamanho da amostra e da distância de quase 20 anos entre os dois trabalhos, ambos apontam consumo em residências de baixa renda inferiores a 10 m<sup>3</sup>.

Os estudos realizados por Dantas e outros (2006) e Ywashima e outros (2006) avaliaram o consumo de água em habitações de interesse social localizadas em Itajubá (MG) e Paulínia (SP), respectivamente, utilizando metodologia similar,

que consistia no acompanhamento do consumo domiciliar e avaliação dos hábitos de uso na residência através de entrevistas com os moradores. O consumo mensal para os domicílios de Itajubá (DANTAS et al., 2006) correspondia a 11,6 m<sup>3</sup>, enquanto o consumo *per capita*, a 117 l/hab.dia, em média. Para as residências de Paulínia (YWASHIMA et al., 2006), os valores encontrados para o consumo mensal residencial e *per capita* foram, respectivamente, 12 m<sup>3</sup> e 113 l/hab.dia. Já em estudo realizado em Belo Horizonte (DIAS et al., 2010), os pesquisadores relacionaram renda e consumo doméstico e identificaram que o consumo médio de água *per capita* diário correspondia a 113 l/hab.dia e 129 l/hab.dia para as classes socioeconômicas E/D e C, respectivamente.

Nos três trabalhos desenvolvidos na região Sudeste, percebe-se que a média do consumo residencial é superior àquela encontrada por Moraes (1995) e Cohim, Garcia e Kiperstok (2008), porém, ainda assim, é menor que a média praticada na região onde estão inseridos<sup>1</sup>.

## LEVANTAMENTO DO PERFIL DE CONSUMO DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS DE BAIXA RENDA DE SALVADOR.

Para avaliação do perfil de consumo de água em residências de baixa renda localizadas em Salvador (BA) foram selecionados como área de estudo os bairros Chapada do Rio Vermelho e Plataforma.

A região do Nordeste de Amaralina, formada pelos bairros Chapada do Rio Vermelho, Santa Cruz, Vale das Pedrinhas e Nordeste de Amaralina, ocupa uma área de aproximadamente 125 ha, onde a densidade demográfica, segundo o Censo de 2010, correspondia a aproximadamente 370 hab./ha (SALVADOR, 2012), formando um grande aglomerado de casas de famílias de baixa renda,

cercado por bairros onde reside população com renda mais alta, como Itaigara, Pituba, Amaralina, Rio Vermelho e Horto Florestal (GARCIA, 2011).

O subúrbio ferroviário onde se insere o bairro de Plataforma é formado por 22 bairros, de população eminentemente negra (todos os bairros com índices acima de 80,0% de negros) e predominantemente de baixa renda. Este bairro consolidou-se na década de 40, a partir de muitos loteamentos populares, porém sua ocupação inicial remonta à construção da linha férrea em 1860 e se intensificou após a construção da Av. Afrânio Peixoto (Suburbana), que provocou um aumento significativo das ocupações informais. Atualmente a região apresenta densidade demográfica em torno de 95 hab./ha.

A densidade demográfica para os bairros Chapada do Rio Vermelho e Plataforma corresponde a 359 hab./ha e 146 hab./ha, respectivamente. Nas duas regiões avaliadas, mais de 60% da população possui renda de até dois salários mínimos (SALVADOR, 2012).

Inicialmente, foi desenvolvido um questionário semiestruturado, composto por 45 questões sobre as características das famílias e dos domicílios, o consumo de água das residências e a percepção do entrevistado sobre o consumo em seu domicílio e o uso racional da água. Este questionário foi adotado nas entrevistas realizadas com os moradores de 147 residências da Chapada do Rio Vermelho. As informações levantadas durante as entrevistas foram ainda confrontadas com o consumo informado nas contas de água das residências avaliadas. Com base nas análises da pesquisa realizada nesta etapa, o questionário foi aprimorado para as entrevistas no bairro de Plataforma, mantendo-se os temas abordados e as principais perguntas. Nesta etapa foram entrevistados moradores de 236 domicílios. Os dados levantados foram também confrontados com as informações sobre o consumo disponibilizadas pela Embasa. As respostas às principais questões abordadas nas entrevistas realizadas nas duas regiões serão discutidas nos próximos itens.

<sup>1</sup> O consumo *per capita* para o ano de 2006 para os estados de Minas Gerais e São Paulo foi de 131,3 e 164,9 litros por habitante/dia, respectivamente (SNIS, 2008).



## CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS DAS FAMÍLIAS AVALIADAS

A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas de características avaliadas nos domicílios que participaram do estudo. Com base nos resultados verificam-se altos coeficientes de variação, o que indica grande dispersão dos dados levantados.

Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam que as duas regiões avaliadas apresentam características similares.

Observa-se que as residências avaliadas possuem aproximadamente cinco cômodos, dos quais dois são dormitórios. Há nestas casas, em média, cinco pontos de consumo de água que, segundo a pesquisa, podem ser representados por chuveiro, bacia sanitária, lavatório, pia da cozinha e torneira externa (associada à lavagem de roupas e outros usos externos). Além disso, foi identificado que residem, em média, três moradores por domicílio. A renda domiciliar mensal média é inferior a dois salários mínimos. Já a renda *per capita* fica em torno de 0,7 salários mínimos.

Quanto à escolaridade dos residentes dos domicílios avaliados, conforme Tabela 4, embora cerca de 40% dos moradores tenham concluído o nível médio, parte significativa não concluiu o nível fundamental. Observa-se entre os moradores de Plataforma um nível de escolaridade maior quando comparado ao

da Chapada do Rio Vermelho, tendo em vista o percentual total de moradores cujo nível de escolaridade corresponde aos níveis médio e superior.

Dos domicílios avaliados na Chapada do Rio Vermelho, aproximadamente 78% são próprios e 16%, alugados. Já em Plataforma, 90% dos domicílios são próprios e a maioria das famílias mora na região há 20 a 30 anos.

Nas residências avaliadas em Plataforma identificou-se ainda a predominância de moradores que permanecem no domicílio nos períodos da noite (35%) e integral (24%). Verificou-se, então, que moradores que permanecem no domicílio em período integral estão presentes em 44% das residências estudadas, característica que pode influenciar num consumo maior de água.

Na Chapada do Rio Vermelho, quando questionados sobre a frequência da falta de água na região, 81% dos entrevistados responderam que raramente há a interrupção no abastecimento, 4% disseram que nunca falta água, enquanto 12% afirmaram que a falta de água é frequente. Em visitas posteriores à aplicação dos questionários e conversas com membros desta comunidade foi identificado que geralmente há água na rede pública todos os dias, porém o abastecimento não é constante ao longo do dia, ocorrendo, com bastante frequência, a interrupção do abastecimento durante algumas horas. Em Plataforma, os entrevistados declararam problemas associados à

**Tabela 3**  
Características dos domicílios estudados

Variáveis	Chapada do Rio Vermelho	Plataforma
Número de domicílios avaliados	147	236
Número de moradores	3,4 ± 1,5 (3)	3,0 ± 1,3 (3)
Renda familiar (SM)	1,7 ± 1,0 (1,5)	1,8 ± 1,2 (1,3)
Renda per capita (SM)	0,7 ± 0,6 (0,5)	0,7 ± 0,5 (0,5)
Cômodo	5,1 ± 1,7 (5)	5,5 ± 1,4 (5)
Dormitório	1,9 ± 0,8 (2)	2,3 ± 0,8 (2)
Pontos de água	5,4 ± 2,2 (5)	5,3 ± 2,3 (5)
Cons. médio (m <sup>3</sup> /mês)	11,2 ± 6,5 (10)	11,2 ± 6,4 (10)
Cons. per capita (L/hab.dia)	121,5 ± 58,5 (100,8)	140,1 ± 86,3 (112,9)

Nota: Os resultados estão apresentados na forma: média ± desvio padrão (mediana).  
Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração própria, 2013.

**Tabela 4**  
**Distribuição das famílias segundo grau de escolaridade da pessoa de referência e adultos**

Grau de escolaridade	Percentual			
	Chapada		Plataforma	
	Pessoa de referência	Adultos*	Pessoa de referência	Adultos*
Nunca frequentou	3	3	1	2
Fundamental incompleto	37	31	25	23
Fundamental completo	20	20	13	19
Ensino médio	35	40	47	42
Superior	2	3	7	6
Ns/Nr	3	3	7	8
<b>Total geral</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\*Morador com idade superior a 18 anos, incluindo o chefe da família.  
Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração própria, 2013.

interrupção do abastecimento, afirmando que estes eventos ocorrem, em média, uma vez por semana (69% dos entrevistados) a duas ou três vezes por semana (19% dos entrevistados). Nas duas regiões verificou-se que é comum a adoção de reservatórios domiciliares, sendo mais comuns aqueles com capacidade de armazenamento de 500 e mil litros.

Segundo relato de muitos moradores, as ligações clandestinas de água nas regiões estudadas são bastante comuns. Na Chapada do Rio Vermelho, cerca de 8% dos entrevistados declararam que em seu domicílio havia algum tipo de ligação não autorizada de água. Já em outras residências, apesar de os moradores não admitirem, era nítida a existência desse tipo de ligação, identificada pela ausência de conta e medidor, embora o domicílio fosse abastecido pela rede pública.

## CONSUMO DE ÁGUA NAS HABITAÇÕES AVALIADAS

Avaliando-se as residências segundo faixas de consumo de água, Tabela 5, pode-se verificar que mais de 50% dos domicílios encontram-se na faixa em que é cobrada a tarifa mínima, ou seja, até 10 m<sup>3</sup>/mês. Assim, o consumo mensal médio de água (Tabela 3) para as residências avaliadas, nas duas áreas de estudo, foi de 11,2 m<sup>3</sup>, com mediana de 10 m<sup>3</sup>/mês.

Quando avaliado o consumo *per capita*, os valores identificados na Chapada do Rio Vermelho e em Plataforma correspondem a 121, e 140,5 litros diários por pessoa.

As médias de consumo *per capita* identificadas são superiores às aquelas identificadas por Moraes (1995), Cohim, Garcia e Kiperstok (2008), Dantas e outros (2006), Ywashima et. al. (2006) e Dias, Martinez e Libanio (2010), também referentes a áreas de baixa renda.

Segundo informações do SNIS (2012), o consumo de água médio *per capita* na Bahia foi de 120,3 l/hab.dia. Já o consumo médio *per capita* em Salvador, segundo a mesma fonte, foi de 153 l/hab..dia, superior as médias encontradas.

Com base na avaliação da distribuição de frequências, segundo faixas de consumo *per capita* para os domicílios avaliados, verifica-se uma concentração de dados à esquerda da curva. Utilizando-se o teste de normalidade de Anderson-Darling<sup>2</sup> (p-valor<sup>3</sup> estimado < 0,005) pode-se afirmar que esta variável não apresenta distribuição normal, de modo que inferências sobre o valor da média

<sup>2</sup> Teste de normalidade: usado para determinar se um conjunto de dados de uma dada variável aleatória é bem modelado por uma distribuição normal ou não, ou para calcular se a probabilidade da variável aleatória subjacente está normalmente distribuída.

<sup>3</sup> O valor-p ou p-value é uma estatística utilizada para sintetizar o resultado de um teste de hipóteses. Formalmente, o valor-p é definido como a probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou mais extrema quanto aquela observada em uma amostra, assumindo verdadeira a hipótese nula.

**Tabela 5**  
**Distribuição percentual das residências avaliadas, segundo faixas de consumo de água**

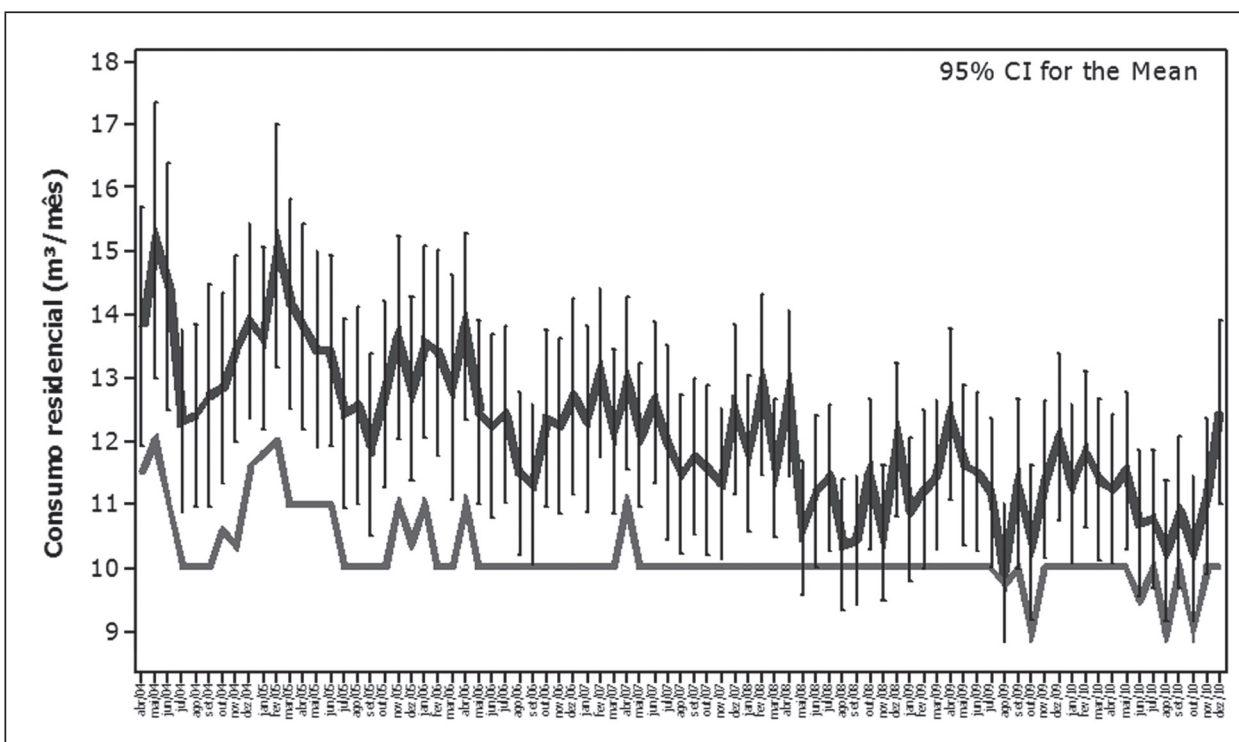
Faixa de consumo (m <sup>3</sup> /mês)	Chapada do Rio Vermelho	Plataforma
Até 10 m <sup>3</sup> /mês	55	51
11 a 15 m <sup>3</sup> /mês	29	28
16 a 20 m <sup>3</sup> /mês	9	11
21 a 25 m <sup>3</sup> /mês	4	6
26 a 30 m <sup>3</sup> /mês	1	2
31 a 40 m <sup>3</sup> /mês	3	1
> 40 m <sup>3</sup> /mês	-	-
<b>Total geral</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração própria, 2013.

devem ser feitas com cautela, e a melhor medida de tendência central para representar esses dados seria a mediana, que, no caso, corresponde a 100,8 litros diários por pessoa na Chapada do Rio Vermelho e a aproximadamente 113 litros di-

al., 2006), e para as classes D/E e C em Belo Horizonte, respectivamente 113 l/hab.dia e 129 l/hab.dia (DIAS et al., 2010).

Para o bairro de Plataforma, foram disponibilizados pela Embasa os dados de consumo de 2004 a



**Gráfico 2**  
**Série temporal da média do consumo mensal de água (m<sup>3</sup>) para as 150 residências – 2004-2010**

Fonte: Dados disponibilizados pela Embasa. Elaboração própria, 2013.

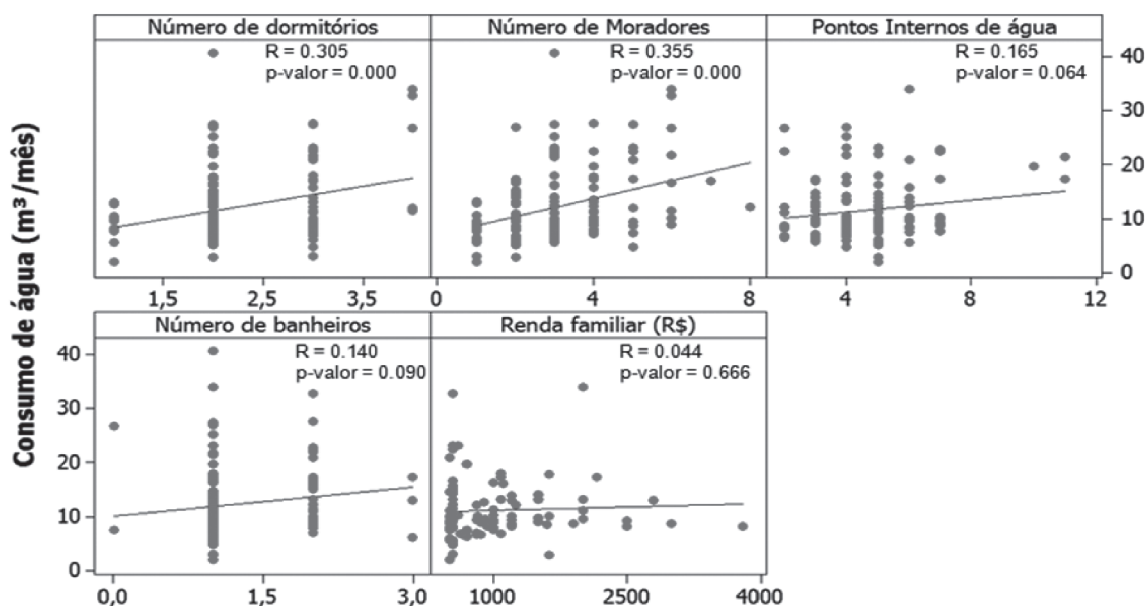
ários por pessoa em Plataforma. Estes valores se aproximam daqueles encontrados durante estudos nos municípios Itajubá, 117 l/hab.dia (DANTAS et al., 2006) e Paulínia, 113 l/hab.dia (YWASHIMA et

2012, de 150 dos 236 domicílios avaliados. O Gráfico 2 apresenta comportamento do consumo médio mensal ao longo do período analisado (curva cinza escura) e a faixa que esta variável poderia assumir

(barras verticais), admitindo um intervalo de confiança de 95%. Os dados apontam uma tendência de queda no consumo. Identificam-se ainda variações na série anual, associadas à sazonalidade, com picos de consumo nos meses quentes de verão (janeiro-abril) e uma tendência decrescente no consumo nos meses mais frios (junho-outubro), indicando a existência de influência do clima<sup>4</sup> nos hábitos culturais associados a esses períodos. A modelagem e o estudo detalhado desta série histórica são apresentados por Magalhães e outros (2012).

família e do domicílio, foram confrontadas as respostas obtidas no questionário com os dados de consumo de água, utilizando-se para isso o coeficiente de correlação linear R de Pearson.

O Gráfico 3 ilustra os resultados da análise realizada para o bairro de Plataforma. Como algumas variáveis analisadas não são contínuas, ou ainda apresentaram uma tendência de associação com o consumo de água, porém não linear, buscou-se nesta análise avaliar tendências de associação, assim adotou-se o nível de 10% de significância,



**Gráfico 3**  
Correlações entre o consumo de água e as variáveis estudadas para o bairro de Plataforma

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração própria, 2013.

No Gráfico 2, a partir do comportamento da mediana (curva cinza claro) ao longo do período avaliado, observa-se que durante a maior parte do período esta corresponde a 10 m<sup>3</sup>. Ou seja, metade das residências avaliadas apresentou consumo até 10 m<sup>3</sup>, faixa em que é cobrada uma taxa fixa, independentemente da quantidade consumida.

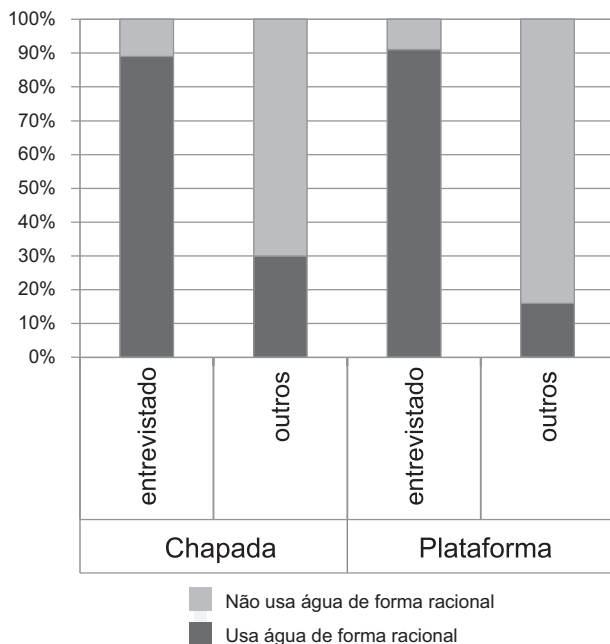
Para avaliar o grau de associação entre o consumo doméstico de água e as características da

considerando as seguintes hipóteses: H0 – não existe associação significativa entre as variáveis (p-valor > 0,1), e H1 – existe associação significativa entre as variáveis (p-valor ≤ 0,1).

Para as residências avaliadas no bairro de Plataforma, a partir do grau de associação das variáveis analisadas com o consumo mensal de água do domicílio (Gráfico 3), apresentou correlação significativa com o consumo o número de dormitórios (R=0,305 e p-valor=0,00), moradores (R=0,355 e p-valor=0,00), banheiros (R=0,140 e p-valor=0,090) e pontos internos de água (R=0,165 e p-valor=0,064) das residências.

<sup>4</sup> Salvador possui um clima tropical predominantemente quente, com chuvas no inverno e verão seco, chegando aos extremos de 16°C no inverno e a 38°C no verão (SALVADOR 2010).





**Gráfico 4**  
Comparação entre as respostas dos entrevistados sobre a prática do uso racional da água por eles e por outras pessoas, em geral

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração própria, 2013.

Para as residências localizadas na Chapada do Rio Vermelho também foram identificadas associações significativas entre o consumo mensal de água e o número de dormitórios ( $R=0,22$ ,  $p\text{-valor}=0,048$ ), moradores ( $R=0,22$ ,  $p\text{-valor}=0,055$ ), banheiros ( $R=0,252$  e  $p\text{-valor}=0,053$ ) e pontos de consumo de água ( $R=0,30$ ,  $p\text{-valor}=0,007$ ) no domicílio.

Para os grupos de residências avaliadas não foram encontradas correlações significativas entre a renda familiar e o consumo de água, resultado que difere de outros estudos identificados durante a revisão da literatura. Tal característica associa-se ao fato de o estudo aqui relatado voltar-se para famílias de baixa renda e, com isso, para a avaliação de um grupo específico e bastante homogêneo para esta variável.

## PERCEPÇÃO SOBRE CONSUMO E USO RACIONAL DA ÁGUA NOS DOMICÍLIOS

Nas entrevistas realizadas com os moradores da Chapada do Rio Vermelho foi constatado

o desconhecimento sobre o consumo de água praticado no domicílio. Quando questionados a respeito de qual era o consumo de água em sua residência, 59% dos entrevistados não souberam responder. Dos que afirmaram conhecer o consumo de água, 37% responderam a questão com o valor, em reais, que pagavam à Embasa.

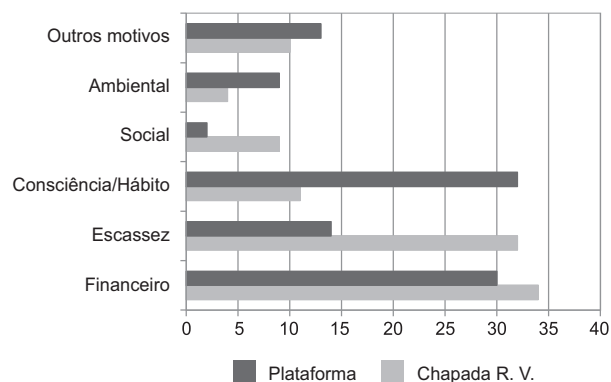
Em Plataforma, a maioria dos entrevistados (87%) classificou como caro o valor cobrado pela concessionária de água e esgoto.

Questionou-se aos entrevistados se eles utilizavam a água de forma racional e se acreditavam que as outras pessoas também o faziam. Os resultados são apresentados na Gráfico 4.

Observa-se que a maioria, cerca de 90% dos entrevistados, afirmou ter por hábito o uso racional da água. Entretanto, o percentual daqueles que responderam não acreditar que as outras pessoas se preocupavam em utilizar a água de forma racional também é significativo (70% na Chapada do Rio Vermelho e 84% em Plataforma).

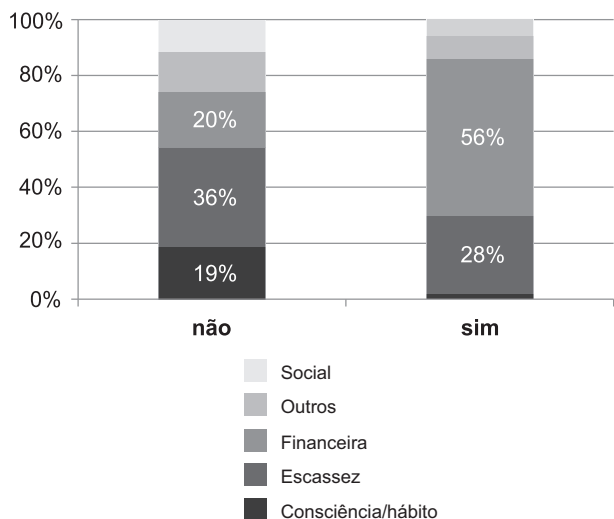
Dentre os fatores apontados pelos entrevistados como motivadores do uso racional da água (Gráfico 5), destacaram-se a questão financeira (nas duas regiões estudadas), a preocupação com a escassez na Chapada do Rio Vermelho e a consciência e/ou hábito de economizar água em Plataforma.

Resultado semelhante foi encontrado por Almeida (2007) em estudo realizado em Feira de Santana (BA), ao questionar aos entrevistados,



**Gráfico 5**  
Fator motivador do uso racional da água

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração própria, 2013.



**Gráfico 6**  
Fator motivador do uso racional da água, segundo conhecimento do consumo de água do domicílio pelo entrevistado

Fonte: Dados da pesquisa. Elaboração própria, 2013.

que afirmaram que o reuso é uma questão importante nos dias atuais, quais fatores julgavam mais relevantes. Porém, na pesquisa realizada pela autora, a escassez da água obteve frequência de resposta maior que a questão financeira, que ficou em segundo lugar, característica que pode ter sido influenciada, principalmente, pela região estudada pela autora, que se situa no semiárido baiano.

As respostas dos entrevistados na Chapada do Rio Vermelho foram comparadas àquelas para a pergunta referente ao conhecimento dos entrevistados acerca do consumo praticado no seu domicílio.

Desta análise observou-se que, dos moradores que afirmaram conhecer o consumo de água do seu domicílio e utilizar água de forma racional, 54% declararam ser a questão financeira o fator motivador do uso racional, ou seja, a economia na conta de água paga à concessionária. Quando avaliadas as respostas dos moradores que declararam desconhecer o consumo de água da sua casa – mas afirmaram usar a água de forma racional –, o fator motivador mais frequente foi o receio da escassez de água (Gráfico 6).

Ainda que mais da metade dos entrevistados desconheça a quantidade do consumo (em volume

ou em dinheiro), a proporção de pessoas que declararam ser a questão financeira a principal motivadora para o uso mais racional da água indica ser esta uma questão importante a ser observada.

Ressalta-se que mais da metade dos domicílios avaliados encontra-se na faixa de consumo até 10 m<sup>3</sup>/mês, pagando, portanto, uma taxa fixa. Tal característica da tarifa praticada representa um desestímulo ao uso racional da água, pois, ainda que haja uma redução no volume consumido, esta não refletirá no valor pago.

Dentre as ações apresentadas para o uso racional da água, as mais citadas foram fechar as torneiras e chuveiros enquanto não se está utilizando e evitar o desperdício.

Acredita-se que a frequência deste tipo de resposta esteja associada às diversas campanhas feitas pela mídia sobre o tema, visto que 88% afirmaram já ter ouvido sobre o tema uso racional da água e, quando questionados sobre a origem da informação, citaram os meios de comunicação televisão e rádio (60%), internet (12%), jornal e revistas (10%), conversas (7%). Aqueles que declararam ter discutido sobre o tema na escola corresponderam a 2%, enquanto 9% não responderam a questão.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fatores associados ao clima, a características socioeconômicas da família e do imóvel e ao preço da água são os que aparecem mais frequentemente na literatura para explicar o consumo de água residencial. No Brasil, mais de 60% dos domicílios das principais regiões metropolitanas possuem renda domiciliar até cinco salários mínimos. Assim, o estudo dos fatores associados ao consumo destas residências pode colaborar no estabelecimento de estratégias para a implementação da gestão da demanda e o uso racional da água para parte significativa da população.

Os dois bairros de Salvador avaliados – Chapada do Rio Vermelho, localizado na região do Nordeste de Amaralina, e Plataforma, localizado no

Subúrbio Ferroviário –, apesar de suas particularidades, apresentam características similares para as variáveis analisadas.

Com as informações levantadas foi possível definir um perfil típico para as residências avaliadas: imóvel composto por cinco cômodos, dos quais dois são dormitórios. Há nos domicílios, em média, cinco pontos de consumo de água. São eles: chuveiro, bacia sanitária, lavatório, pia da cozinha e torneira externa (associada à lavagem de roupas e a outros usos externos).

Nestas residem, em média, três pessoas. A renda familiar mensal é próxima de dois salários mínimos. Já a renda *per capita* mensal corresponde a 0,7 salário mínimo.

O consumo mensal médio de água para as residências foi de 11,2 m<sup>3</sup>, enquanto o valor mediano correspondeu a 10 m<sup>3</sup>. Já o consumo *per capita* médio foi de 121,5 litros diários e 140,1 litros diários para as habitações da Chapada e Plataforma, respectivamente.

Foi identificada associação significativa entre o consumo residencial de água e aspectos como: número de moradores, número de dormitórios, número de banheiros e pontos de consumo de água no domicílio.

Não foi encontrada associação significativa entre renda e consumo de água nos domicílios avaliados. Acredita-se que essas diferenças resultam da pequena variação de renda para a população avaliada.

Quando questionados, cerca de 90% dos entrevistados afirmaram utilizar a água de forma racional, porém a maioria respondeu que não acreditava que as outras pessoas, em geral, usavam racionalmente a água. Como aspectos motivadores do uso racional da água destacaram-se questões financeiras, preocupação com a escassez de água e o hábito de economizar água.

Entre os moradores que afirmaram conhecer o consumo de água do seu domicílio e utilizar água de forma racional, alguns destacaram a questão financeira como fator motivador do uso racional, ou seja, a economia na conta de água paga à

concessionária. Quando analisadas as respostas dos moradores que declararam usar água de forma racional, mas desconheciam o consumo de água da sua casa, o fator motivador mais frequente foi o receio da escassez de água.

Os resultados apontam que aspectos financeiros devem ser observados durante a proposição de ações para o uso racional da água voltadas para a população de baixa renda.

Identificou-se que a cobrança de valor fixo para consumo inferior a 10 m<sup>3</sup> representa um entrave à implantação de ações para uso racional da água para esta população. Uma vez que mais da metade dos domicílios avaliados apresenta consumo mensal até 10 m<sup>3</sup>, faixa na qual é cobrada uma taxa fixa, equivalente a um consumo de 10 m<sup>3</sup>. Esta cobrança representa um desestímulo, pois ainda que haja uma redução no volume consumido, esta não refletirá no valor pago.

Deve-se ter cuidado ao extrapolar e generalizar os resultados de pesquisas realizadas em áreas específicas. Porém, acredita-se que o conjunto de informações levantadas constitua elemento importante para a ampliação da pesquisa na busca de proposições e adoção de alternativas cada vez mais eficazes para o uso racional e a gestão da demanda da água para esta população, estimulando, inclusive, outros estudos com este propósito.

A partir da experiência acumulada com estes estudos, outros projetos vêm sendo desenvolvidos no mesmo grupo de pesquisa. Os resultados alcançados em breve serão divulgados, permitindo confrontar as características levantadas.

Recomenda-se que estudos semelhantes sejam realizados em outras áreas de baixa renda, verificando se as características encontradas se confirmam.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. *Metodologia para caracterização de efluentes domésticos para fins de reuso: estudo em Feira de Santana*, 2007, 180 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo)

- Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.
- AMARAL, A. M. P.; SHIROTA, R. Consumo residencial médio de água tratada: uma aplicação de modelos de séries temporais em Piracicaba. *Revista Agrícola*, v. 49, n. 1, p. 55-72, 2000.
- ARBUÉS, F.; GARCÍA-VALIÑAS, M. Á.; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, R. Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. *Journal of Socio-Economics*, [S.l.], v. 32, n. 1, p. 81-102, 2003.
- BOTELHO, G. *Avaliação do consumo domiciliar de água*. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento)-Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.
- BURN, L. S.; SILVA, D. de; SHIPTON, R. J. Effect of demand management and system operation on potable water infrastructure costs. *Urban Water*, [S.l.], v. 4, p. 229–236, 2002.
- CARVALHO, F. S. de et al. Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 7., 2004, São Luis. *Anais...* São Luis: ABRH, 2004.
- COHIM, E.; GARCIA, A. P.; KIPERSTOK, A. Caracterização do consumo de água em condomínios para população de baixa renda: estudo de caso. In: CONGRESSO INTERAMERICANO AIDIS, 31., 2008, Santiago. *Anais...* Santiago: AIDIS, 2008.
- DANDY, G.; NGUYEN, T.; DAVIES, C. Estimating residential water demand in the presence of free allowances. *Land Economics*, [S.l.], v. 73, n. 1, p. 125-139, 1997.
- DANTAS, C. T. et al. Caracterização do uso de água em residências de interesse social em Itajubá. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ENTAC, 2006. v. 1, p. 3337-3344.
- DIAS, D. M.; MARTINEZ, C. B.; LIBANIO, M. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 155-166, 2010.
- FERNANDES NETO, M. L. et al. Assessing the relevance of intervening parameters on the *per capita* water consumption rates in Brazilian urban communities. *Water Science & Technology: Water Supply*, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 9–15, 2005.
- \_\_\_\_\_. Avaliação da relevância dos parâmetros intervenientes no consumo *per capita* de água para os municípios de Minas Gerais. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 100-107, 2004.
- FOX, C.; MCINTOSH, B. S.; JEFFREY, P. Classifying households for water demand forecasting using physical property characteristics. *Land Use Policy*, [S.l.], v. 26, n. 3, p. 558-568, 2009.
- FRONDEL, M.; MESSNER, M. Price perception and residential water demand: evidence from a German household panel. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE EUROPEAN ASSOCIATION OF ENVIRONMENTAL AND RESOURCE ECONOMISTS, 16., 2008, Gothenburg. *Anais...* Gothenburg: [s.n.], 2008.
- GARCIA, Ana. *Fatores associados ao consumo de água em residências de baixa renda*. 2011. 122 f. il. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.
- GATO, S.; JAYASURIYA, N.; ROBERTS, P. Temperature and rainfall thresholds for base use urban water demand modelling. *Journal of Hydrology*, [S.l.], n. 337, p. 364-376, 2007.
- GOMES, H. P.; FIGUEIREDO JÚNIOR, J. V. de. Custo da água com vista à sustentabilidade dos sistemas urbanos de abastecimento. *DAE*, São Paulo, n. 185, p. 40-45, jan. 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Estatísticas do século XX*. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.
- \_\_\_\_\_. *Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- JULIÃO, F. C. *Água para consumo humano e saúde: ainda uma iniquidade em área periférica do município de Ribeirão Preto*. 2003. 76 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.
- KIPERSTOK, A.; GARCIA, A. Mudanças climáticas e o abastecimento de água: uma reflexão sobre o papel da gestão da demanda na Bahia. *Bahia Análise & Dados*, Salvador, v. 21, n. 2, p. 465-480, 2011.
- KOO, J. et al. Estimating regional water demand in Seoul, South Korea, using principal component and cluster analysis. *Water Science and Technology: Water Supply*, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 1–7, 2005.
- MAGALHÃES, G. L. et al. Análise exploratória do consumo de água em residências de baixa e média renda em Salvador, Bahia. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 33., 2012, Salvador. *Anais...* Salvador: ABES; AIDIS, 2012.
- MEMON, F. A.; BUTLER, D. Water consumption trends and demand forecasting techniques. In: BUTLER, D.; ALI MEMON, F. (Ed.). *Water demand management*. London: IWA Publishing, 2006. cap. 2.
- MORAES, L. R. S. Fatores determinantes de consumo *per capita* de água em assentamentos humanos em áreas periurbanas: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 18., 1995, Salvador. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 1995.
- SALVADOR (BA). Prefeitura. Plano Municipal de Saneamento Básico – Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Salvador. Salvador: PMS/SETIN, 2010.



- SALVADOR (BA). Prefeitura. *Sistema de Informação Municipal - SIM*. Disponível em: <<http://www.sim.salvador.ba.gov.br>>. Acesso em: 16 jun. 2013.
- SALATI, E.; LEMOS, H. M. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2 ed. rev. e ampl. São Paulo: Escrituras, 2002. cap. 2, p. 39-62.
- SANTOS, C. C. *Previsão de demanda de água na Região Metropolitana de São Paulo com Redes Neurais Artificiais e condições socioambientais e meteorológicas*. 2011. 121 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- SILVA, R. T.; CONEJO, J. G. L.; GONÇALVES, O. M. *Apresentação do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água: Documento Técnico de Apoio – DTA A1*. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, 1999.
- SILVA, W. T. P.; SILVA, L. M.; CHICHORRO, J. F. Gestão de recursos hídricos: perspectivas do consumo *per capita* de água em Cuiabá. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 8-14, 2008.
- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2006*: Tabelas de Informações e Indicadores. Brasília: MCIDADES/ SNSA, 2008. 428p.
- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2008*: Tabelas de Informações e Indicadores. Brasília: MCIDADES/ SNSA, 2010. 408p.
- SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2010*. Brasília: MCIDADES/ SNSA, 2012.
- VAIRAVAMOORTHY, K; MANSOOR, M. A. M. Demand Management in developing countries. In: BUTLER, D.; ALI MEMON, F. (Ed.). *Water demand management*. London: IWA Publishing, 2005. cap. 8.
- YWASHIMA, L. A.; CAMPOS, M. A. S.; PIAIA, E.; M P DE LUCA, D.; ILHA, M. S. DE O. Caracterização do uso da água em residências de interesse social em Paulínia. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. *Anais...* v. 1, p. 3470-3479, Florianópolis: ENTAC, 2006.
- ZHOU, S. L. et al. Forecasting daily urban water demand: a case study of Melbourne. *Journal of Hydrology*, [S.l.], v. 236, n. 3, p. 153–164, 2000.
- ZHOU, S. L.; MCMAHON, T. A.; WANG, Q. J. Frequency analysis of water consumption for metropolitan area of Melbourne. *Journal of Hydrology*, [S.l.], v. 247, n. 1-2, p. 72-84, 2001.

---

Os autores agradecem ao CNPq, pelo financiamento da pesquisa, à EMBASA, pelo fornecimento dos dados utilizados neste trabalho, e as famílias que gentilmente participaram da pesquisa.

Artigo recebido em 22 de maio de 2013  
e aprovado em 24 de maio de 2013.



# Avaliação da oferta de água para abastecimento urbano no Nordeste, com foco na Bahia

*Sérgio R. Ayrimoraes Soares\**

*Elizabeth Siqueira Juliatto\*\**

*Grace Benfica Matos\*\*\**

*Letícia Lemos de Moraes\*\*\*\**

\* Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos e graduado em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (UNB). Superintendente de Planejamento de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas. ssoares@ana.gov.br

\*\* Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas. elizabeth@ana.gov.br

\*\*\* Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas. grace.matos@ana.gov.br

\*\*\*\* Mestre e graduada em Geologia pela Universidade de Brasília (UNB). Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas. leticia.moraes@ana.gov.br

## Resumo

A Agência Nacional de Águas (ANA), em abril de 2012, se propôs a avaliar ações para minimizar os efeitos da seca nos municípios do semiárido brasileiro em colaboração com outros órgãos governamentais. A partir do sistema de informações desenvolvido pela ANA durante a elaboração do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água, foi criada uma metodologia para a classificação das sedes municipais inseridas no semiárido baiano em função da garantia de oferta de água para o abastecimento urbano, de forma a subsidiar a proposta de ações estratégicas para o enfrentamento da seca. O universo do estudo abrangeu 269 municípios da Bahia, sendo que três deles localizados fora do perímetro do semiárido apresentavam decretos de situação de emergência. Os municípios analisados foram distribuídos em quatro grupos conforme a capacidade do manancial existente em atender à demanda urbana atual.

**Palavras-chave:** Semiárido. Abastecimento urbano. Seca. Manancial.

## Abstract

*In April 2012, the National Water Agency (ANA), in collaboration with other governmental agencies, decided to evaluate actions to minimize drought effects in the municipalities of Brazil's semi-arid region. From the information system developed by ANA during the production of the Atlas Brazil – Urban Water Supply Planning, a methodology was created for the classification of the urban centers within the semi-arid region of Bahia to determine if they could guarantee urban water supply, so as to subsidize the proposal for strategic actions to confront the drought. The range of the study was comprised of 269 municipalities of Bahia, with three of them located outside of the semi-arid region calling for a state of emergency. The municipalities analyzed were distributed in four groups according to the capacity of the water source to meet the current urban demand.*

**Keywords:** Semi-arid. Urban water supply. Drought. Water source.

## INTRODUÇÃO

No Brasil, as relações mais desfavoráveis entre oferta e demanda de água concentram-se no semiárido (Região Nordeste e norte do estado de Minas Gerais). A razão disso está nos mananciais que não oferecem garantia de água para os vários tipos de uso dos recursos hídricos, em particular o abastecimento humano.

O desenvolvimento agrícola do Nordeste depende basicamente dos recursos hídricos locais. Com mais de 50% de seu território compreendido no semiárido, em que as chuvas possuem distribuição irregular e são de baixa frequência, a escassez hídrica constitui-se em fator limitante à produção agrícola. Por isso, é no período chuvoso que as principais culturas de subsistência são desenvolvidas.

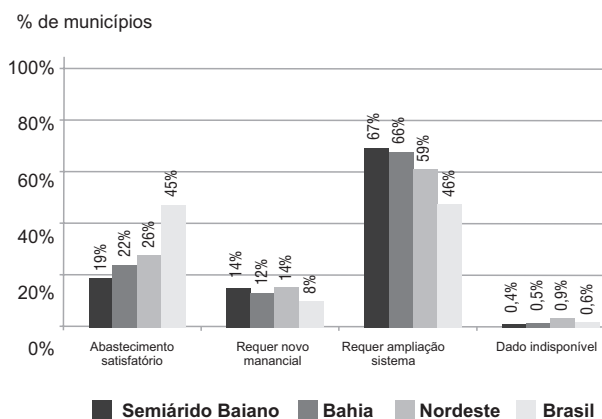
A ocorrência das secas no semiárido brasileiro é histórica e seu primeiro relato data do ano de 1587. O Nordeste brasileiro enfrenta uma seca severa desde o ano de 2012.

As secas constituem um fenômeno natural, recorrente, com o qual é necessário aprender a conviver. A mentalidade de “combate à seca” foi substituída pela “convivência com o semiárido”, que passou também a ser o mote de atuação das instituições governamentais. A busca de soluções para melhorar a convivência com o clima da região vem sendo facilitada por estudos climáticos e por projetos e obras estruturantes capazes de mitigar os efeitos da escassez de um bem tão necessário a todas as atividades e, principalmente, à sobrevivência humana.

A Agência Nacional de Águas (ANA), desde sua criação pela Lei nº 9984 de 18 de julho de 2000, tem elaborado inúmeros trabalhos e estudos com foco na região do semiárido. Entre eles, lançou, em 2006, o Atlas Nordeste – Abastecimento Urbano de Água, que diagnosticou o abastecimento de água das sedes municipais com população superior a cinco mil habitantes. Em 2009, um novo estudo, ampliando o escopo para todas as sedes municipais dos estados nordestinos e do norte de Minas

Gerais, compôs o que hoje se denomina o Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2011), em que as sedes dos 5.565 municípios são analisadas com a metodologia, levemente aperfeiçoada, do estudo inicial.

O diagnóstico do abastecimento de água das sedes municipais realizado no Atlas Brasil considerou duas questões primordiais: a capacidade do manancial existente em permitir a extração de água para atender à demanda de água atual (ano 2005) e futura (ano 2015) e a capacidade da infraestrutura hídrica de produção de água (captação, adutoras, estações elevatórias e estação de tratamento) de suportar essas demandas. O diagnóstico apresentou como resultado para o abastecimento de água das sedes municipais analisadas três situações: satisfatória, quando nem o manancial nem a infraestrutura hídrica existente apresentavam obstáculos ao atendimento das demandas de água atual e futura; necessidade de um novo manancial, quando, realizado o balanço entre a demanda e a disponibilidade de água, verificou-se que a demanda atual e futura eram maiores que a disponibilidade; e necessidade de adequação/ampliação do sistema produtor, quando qualquer das unidades de infraestrutura apresentava limitação à produção de água para atender à demanda.



**Gráfico 1**  
Diagnóstico do Atlas Brasil para os municípios da Bahia, para o semiárido baiano, para o Nordeste e para o Brasil

Fonte: Agência Nacional de Águas (2011).



O sistema de informações desenvolvido durante a elaboração do Atlas Brasil e os boletins de monitoramento referentes aos reservatórios do Rio São Francisco e do Nordeste publicados mensalmente pela ANA possibilitaram à agência a composição de um estudo sobre a situação da oferta de água na região do semiárido durante o período da seca, cujos resultados são aqui discutidos e apresentados para o estado da Bahia.

## O SEMIÁRIDO E A BAHIA

O espaço geográfico do semiárido brasileiro estende-se por oito estados da Região Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) mais o norte de Minas Gerais, totalizando uma extensão territorial de 980.133,079 km<sup>2</sup>, onde reside uma população de 22.598.318 habitantes (Tabela 1), superior às das regiões Norte e Centro-oeste, e representa aproximadamente 12% da população brasileira ou 43% da população nordestina.



**Cartograma 1**  
Perímetro do semiárido brasileiro

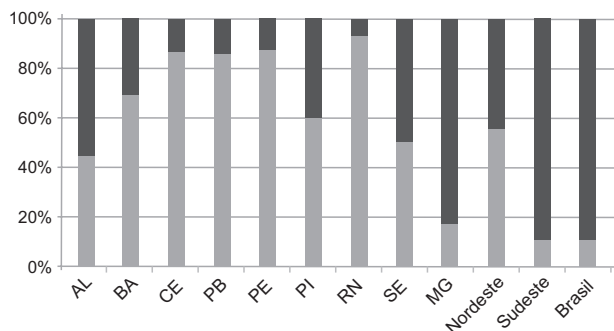
Fonte: Agência Nacional de Águas (2007).  
Nota Técnica nº28/2007/SUM-ANA).

A extensão territorial dos estados dentro da porção semiárida é distribuída conforme o gráfico 2 a seguir:

**Tabela 1**  
População total residente segundo as unidades da Federação e grandes regiões – 2010

Unidades da Federação e grandes regiões	Espaço geográfico (nº de habitantes)		
	No semiárido	Fora do semiárido	Total
Alagoas	900.549	2.219.945	3.120.494
Bahia	6.740.697	7.276.209	14.016.906
Ceará	4.724.705	3.727.676	8.452.381
Minas Gerais	1.232.389	18.364.941	19.597.330
Paraíba	2.092.400	1.674.128	3.766.528
Pernambuco	3.655.822	5.140.626	8.796.448
Piauí	1.045.547	2.072.813	3.118.360
Rio Grande do Norte	1.764.735	1.403.292	3.168.027
Sergipe	441.474	1.626.543	2.068.017
Nordeste	21.365.929	31.716.021	53.081.950
Sudeste	1.232.389	79.132.021	80.364.410
Centro-oeste	--	14.058.094	14.058.094
Norte	--	15.864.454	15.864.454
Sul	--	27.386.891	27.386.891
<b>Brasil</b>	<b>22.598.318</b>	<b>168.157.481</b>	<b>190.755.799</b>

Fonte: Instituto Nacional do Semiárido (2012), Censo Demográfico (2010).



**Gráfico 2**  
Percentual do território das unidades da Federação e das grandes regiões cujos espaços geográficos estão dentro e fora da porção semiárida

Fonte: Instituto Nacional do Semiárido (2012).

Considerando-se a população total residente nos estados que compõem a região semiárida, observou-se que pouco mais de 55% dos habitantes dos estados do Ceará, da Paraíba e do Rio Grande do Norte residem na porção semiárida de seus territórios. Na Bahia, o percentual alcança 48% (Tabela 1).

A região semiárida do Brasil contabiliza 1.135 municípios distribuídos assimetricamente nos territórios das nove unidades da Federação supracitadas (Tabela 2). Ao ser considerado o número total

de municípios, o estado do Rio Grande do Norte destaca-se por apresentar 88% de seus municípios inseridos na porção semiárida, seguido do Ceará, com 82%, Paraíba 76%, Pernambuco 66%, Bahia 64%, Piauí 57%, Sergipe 39%, Alagoas 37% e Minas Gerais com quase 10%. Por sua vez, dos 5.565 municípios brasileiros, cerca de 20% se encontram na região semiárida. Em relação ao número de municípios das regiões Nordeste (1.794) e Sudeste (1.668), os percentuais alcançam 58% e 5%, respectivamente. A Bahia tem 417 municípios, dos quais 266 estão localizados na região semiárida.

O semiárido é caracterizado por apresentar reservas insuficientes de água em seus mananciais, temperaturas elevadas durante todo o ano, baixas amplitudes térmicas, forte insolação e altas taxas de evapotranspiração. Os totais pluviométricos são irregulares e inferiores a 900 mm; normalmente são superados pelos elevados índices de evapotranspiração, resultando em taxas negativas no balanço hídrico.

No que se refere à disponibilidade de águas subterrâneas, o semiárido nordestino brasileiro apresenta áreas com fraco potencial hidrogeológico,

**Tabela 2**  
Número de municípios segundo as unidades da Federação e grandes regiões – 2010

Unidades da Federação e grandes regiões	Espaço geográfico (n° de municípios)		
	No semiárido	Fora do semiárido	Total
Alagoas	38	64	102
Bahia	266	151	417
Ceará	150	34	184
Minas Gerais	85	768	853
Paraíba	170	53	223
Pernambuco	122	63	185
Piauí	128	96	224
Rio Grande do Norte	147	20	167
Sergipe	29	46	75
Nordeste	1.050	744	1.794
Sudeste	85	1.583	1.668
Centro-oeste	--	466	466
Norte	--	449	449
Sul	--	1.188	1.188
<b>Brasil</b>	<b>1.135</b>	<b>4.430</b>	<b>5.565</b>

Fonte: Instituto Nacional do Semiárido (2012), Censo Demográfico (2010).

tendo em vista a grande presença do embasamento cristalino. Nesses locais, a produtividade dos poços apresenta vazões muito baixas (inferiores a 3 m<sup>3</sup>/h) e a água possui elevada salinidade. Em muitas pequenas comunidades, esses poços constituem a única fonte de abastecimento disponível (BRASIL, 2006).

Trata-se, portanto, de um território vulnerável, em que a irregularidade interanual das chuvas pode chegar a condições extremas, representadas por frequentes e longos períodos de estiagem, a exemplo do que ocorre no período de 2012 a 2013.

O estado da Bahia está inserido na Região Hidrográfica do São Francisco e na Região Hidrográfica do Atlântico Leste. Cerca de 70% do seu território está contido na região semiárida. O clima semiárido é característico dos vales do Rio São Francisco, Vaza-Barris, Itapicuru, Paraguaçu, Pardo e Contas. Nessas regiões, predominam pequenas disponibilidades hídricas e a existência de rios intermitentes. Conforme dados do Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2012 (CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL, 2012), na Região Hidrográfica Atlântico Leste, 69% da extensão dos rios foi classificada como em situação “preocupante”, “crítica” ou “muito crítica” quanto à relação demanda total/disponibilidade hídrica. Entre as bacias que apresentam dificuldades no atendimento das demandas estão as dos rios Vaza-Barris, Itapicuru e Paraguaçu, localizadas na Bahia.

## METODOLOGIA

A ANA, em abril de 2012, em colaboração com outros órgãos governamentais, se propôs a avaliar ações para minimizar os efeitos da seca nos municípios do semiárido brasileiro. A proposta inicial era analisar a situação quanto ao suprimento de água

na área rural de 159 municípios que já apresentavam decretos de situação de emergência por estiagem no estado da Bahia, para, em seguida, propor soluções para amenizar os efeitos da seca. Além

### **O clima semiárido é característico dos vales do Rio São Francisco, Vaza-Barris, Itapicuru, Paraguaçu, Pardo e Contas**

dos municípios do semiárido atingidos, foram acrescentados à área de estudo os municípios de Canápolis, Entre Rios e Mansidão. Posteriormente, a necessidade

de análise estendeu-se para todos os 1.135 municípios do semiárido, abrangendo, além da Bahia, os estados de Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Rio Grande do Norte, Piauí, Ceará e Minas Gerais. Portanto, para este estudo, a abrangência da pesquisa no estado da Bahia atingiu 269 municípios.

Foi elaborada uma metodologia para a classificação das sedes municipais em função da garantia de oferta de água para o abastecimento, de forma a subsidiar a proposta de ações estratégicas para o enfrentamento da seca.

Inicialmente, com base nas informações disponíveis no Atlas Brasil, para a avaliação da situação dos municípios, e nos boletins de monitoramento dos reservatórios do Rio São Francisco e do Nordeste, cinco grupos foram definidos para a classificação:

- Grupo 1 (G1) – sedes abastecidas por manancial subterrâneo em situação satisfatória ou com necessidade de novos poços;
- Grupo 2 (G2) – sedes atendidas pela Adutora do Feijão (manancial: Açude Mirorós);
- Grupo 3 (G3) – sedes com manancial superficial satisfatório (risco baixo ou intermediário de vulnerabilidade hídrica);
- Grupo 4 (G4) – sedes com manancial superficial insuficiente e com boa possibilidade de complementação por água subterrânea; e
- Grupo 5 (G5) – sedes com manancial superficial insuficiente e baixa possibilidade de abastecimento por poços.

A classificação preliminar permitiu a análise detalhada a seguir:

- Municípios classificados no G1: aqueles que utilizavam predominantemente mananciais subterrâneos e que apresentavam abastecimento satisfatório ou requeriam ampliação de sistema. Para o estado da Bahia, os municípios com sistema de abastecimento misto (água superficial e água subterrânea), mesmo que predominantemente abastecidos por águas superficiais, também foram inseridos neste grupo.
  - Municípios classificados no G3: aqueles que utilizavam predominantemente mananciais superficiais e que apresentavam abastecimento satisfatório ou que requeriam ampliação de sistema foram selecionados a partir desse primeiro critério de classificação. Feita essa triagem inicial, foram excluídos do G3 e realocados nos grupos G4 ou G5 os municípios cujos mananciais apresentavam Grau de Atendimento à Demanda (GAD) maior que 0,8.
  - Municípios classificados no G4 ou G5: aqueles que não se encaixassem nas classes G1 a G3 eram analisados considerando-se o potencial de exploração de água subterrânea para, então, serem reclassificados nas categorias restantes, G4 ou G5. Essa análise foi feita com base nos seguintes dados:
    - Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológico do Brasil (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2007);
    - Projeto Carta Hidrogeológica do Brasil ao Milionésimo (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2010): Folhas SB 24 – Jaguaribe, SC 23 – Rio São Francisco, SC 24 – Aracaju e SD 4 – Salvador. Nesse projeto, os aquíferos haviam sido organizados de acordo com sua produtividade, assim subdividida: produtividade elevada (poços muito produtivos, com vazão maior que 50 m<sup>3</sup>/h), produtividade média (poços produtivos, com vazão entre 10 e 50 m<sup>3</sup>/h), produtividade baixa (poços de produção moderada, com vazão entre 5 e 10 m<sup>3</sup>/h), produtividade muito baixa (poços de produção muito baixa, com vazão menor que 5 m<sup>3</sup>/h) e produtividade nula (poços com vazão menor que 1 m<sup>3</sup>/h). Esses mapas foram fundamentais para a diferenciação dos municípios entre as classes G4 e G5. Todos os municípios na abrangência de aquíferos com produtividade muito baixa a nula foram considerados como sem potencial de abastecimento por poços (classe G5).
  - Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2005a). O projeto apresenta o diagnóstico das fontes subterrâneas para os municípios do semiárido e inclui aspectos quantitativos e qualitativos dos poços. Esses dados foram utilizados quando permaneciam dúvidas sobre a existência de potencial para poços com base apenas nos mapas hidrogeológicos, situação que se deu em muitos casos de municípios localizados em áreas de aquíferos com produtividade baixa.
  - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (Siagas) (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2005b). Tal sistema consiste em um cadastro nacional de poços tubulares. Foi consultado para dirimir as dúvidas remanescentes quanto ao potencial para poços no caso dos municípios não abrangidos pelo Projeto Cadastro de Fontes de Águas Subterrâneas.
- Para a análise de balanço entre a demanda e a disponibilidade hídrica do manancial, foi utilizado um índice denominado Grau de Atendimento da Demanda (GAD), criado para o estudo do Atlas Brasil, o qual serve para determinar a relação existente entre a água disponível no manancial e a demanda de água pela população do município em análise. Assim, se o GAD for menor ou igual a 0,8 (GAD ≤ 0,8), ou seja, se a quantidade de água para suprir a demanda do município for menor que 80% da água disponível no manancial, este é considerado satisfatório. Se, ao contrário, o GAD for maior que 0,8 (GAD > 0,8), o manancial é considerado



vulnerável. Para os municípios abastecidos por reservatórios, a avaliação é feita considerando-se o volume atual do reservatório ante a demanda urbana do município, a fim de verificar a autonomia do abastecimento. Para os municípios com captação direta, a análise é realizada avaliando-se as vazões mínimas de referência em relação às demandas para determinar o grau de segurança hídrica do abastecimento. Para os municípios em que os reservatórios apresentam autonomia superior a um ano e para aqueles em que a vazão mínima de referência no ponto de captação é superior às demandas urbanas atreladas ao ponto, os mananciais são considerados satisfatórios.

A metodologia acima foi desenvolvida quando da ocorrência de seca em 2012. No decorrer daquele ano até março de 2013, a classificação dos municípios foi revista e, com foco na garantia hídrica para o abastecimento urbano, decidiu-se trabalhar com apenas quatro grupos:

- Grupo 1 (G1) – sedes abastecidas por manancial subterrâneo em situação satisfatória ou com necessidade de novos poços;
- Grupo 2 (G2) – sedes atendidas por adutoras concluídas ou em fase final de conclusão (Adutora do Feijão e Adutora do Algodão);
- Grupo 3 (G3) – sedes com manancial superficial satisfatório (risco baixo ou intermediário de vulnerabilidade hídrica);
- Grupo 4 (G4) – sedes com manancial superficial insuficiente (risco alto de vulnerabilidade hídrica).

## RESULTADOS

Para cada município estudado, constam informações consolidadas no Atlas Brasil relativas à demanda, à população, a sistemas produtores atuais, a resultados da avaliação dos mananciais e dos sistemas produtores em face do balanço entre oferta e demanda de água, com horizonte referenciado ao ano de 2015, e indicação das principais obras e ações de gestão para o atendimento das demandas

até 2025 (Cartograma 2). O documento da ANA também foi utilizado para a coleta de dados sobre o GAD e as vazões mínimas de referência que subsidiaram a análise dos mananciais superficiais.

Foram agregadas informações extraídas dos boletins de monitoramento referentes aos reservatórios do Rio São Francisco e do Nordeste publicados mensalmente pela ANA (BOLETIM DE ACOMPANHAMENTO DOS RESERVATÓRIOS DO RIO SÃO FRANCISCO, 2012; BOLETIM DE ACOMPANHAMENTO DOS RESERVATÓRIOS DO NORDESTE DO BRASIL, 2012), que é responsável pelo monitoramento destes. Para este estudo, foram utilizados os boletins emitidos em abril e novembro de 2012.

Os reservatórios desempenham relevante papel na gestão de recursos hídricos pela capacidade de estocar água nos períodos chuvosos. O volume armazenado contribui para a garantia da oferta de água nos períodos de estiagem. De acordo com o documento Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2013), o Brasil possui 3.607 m<sup>3</sup> de volume máximo armazenado em reservatórios artificiais por habitante, cujo valor é superior aos de vários continentes. O Cartograma 3 identifica os principais reservatórios do Nordeste com capacidade superior a 10 hm<sup>3</sup>. O acompanhamento da situação dos reservatórios do Nordeste é realizado pela ANA em articulação com os estados e os órgãos responsáveis pela operação daqueles, com acompanhamento mensal dos volumes ocupados de um total de 254 reservatórios com capacidade igual ou superior a 10 hm<sup>3</sup>, localizados em seis estados da Região Nordeste: Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Bahia, Pernambuco e Piauí.

Ao avaliar a evolução histórica do reservatório equivalente (volume que representa os reservatórios com capacidade de armazenamento igual ou superior a 10 hm<sup>3</sup>) dos estados do Nordeste (Cartograma 3), observa-se que, em maio de 2013, na Bahia foram registrados os menores volumes armazenados nos açudes da região, dos últimos anos.

Uma síntese do resultado da avaliação dos municípios baianos é apresentada no Gráfico 3 conforme

a classificação nos grupos de 1 a 4. O mesmo também pode ser visualizado no mapa da Cartograma 4, que apresenta a distribuição espacial dos municípios destacados em cores conforme o grupo em que se enquadram, bem como a localização geográfica dos principais reservatórios da Bahia.

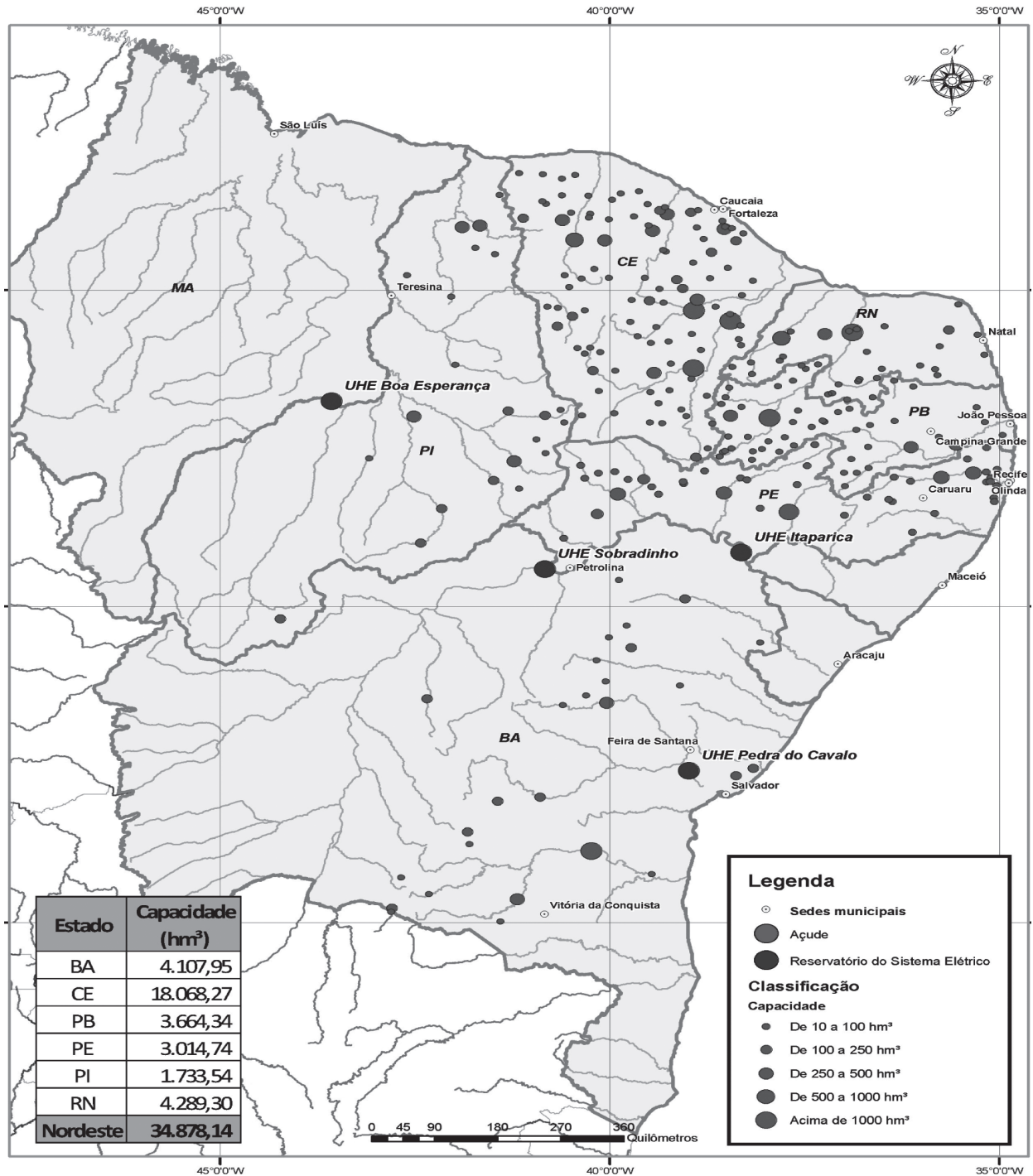
## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A classificação dos municípios em grupos de acordo com o grau de criticidade quantitativa do manancial (balanço entre a oferta de água – disponibilidade hídrica – e a demanda humana urbana a



**Cartograma 2**  
Planejamento de obras para o estado da Bahia

Fonte: Agencia Nacional de Águas (2011).



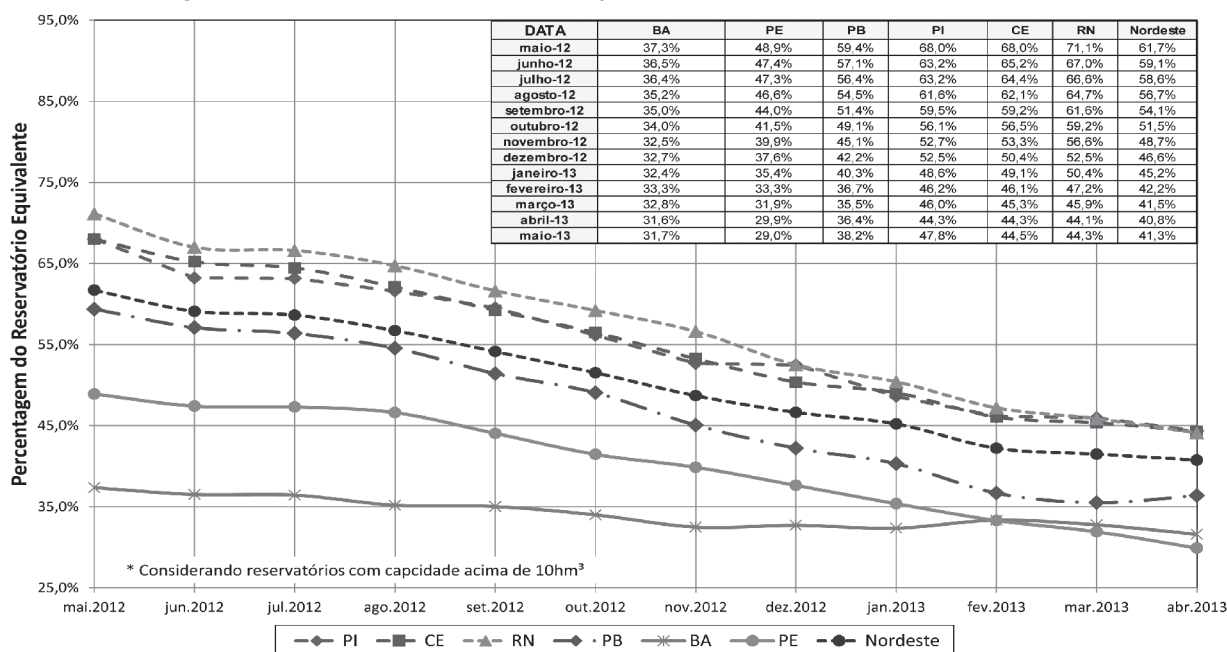
**Cartograma 3**  
Localização dos principais açudes do Nordeste e suas capacidades

Fonte: Agência Nacional de Águas (2011).

ela associada) foi desenvolvida em função do universo objeto de estudo na Bahia: 266 municípios inseridos no semiárido e três municípios localizados fora desse perímetro, mas que apresentavam

decretos de situação de emergência. A ideia era filtrar inicialmente uma grande parte dos municípios e distribuí-los em grupos utilizando os critérios descritos no item Metodologia. Contudo, em alguns

**Evolução do Volume do Reservatório Equivalente\***



**Gráfico 3**  
Evolução do armazenamento do reservatório equivalente dos estados do Nordeste

Fonte: Agência Nacional de Águas (2011).

**Tabela 3**  
Avaliação dos municípios do semiárido baiano quanto ao suprimento de água

Grupos	Nº de municípios	População urbana (hab.) – IBGE 2010	Diagnóstico do Atlas Brasil		
			Requer novo manancial	Requer ampliação de sistema	Abastecimento satisfatório
G1	63	645.848	0	60	3
G2	23	297.540	1	22	0
G3	83	1.797.167	0	53	30
G4*	100	1.270.093	35	46	18
<b>Total</b>	<b>269</b>	<b>4.010.648</b>	<b>36</b>	<b>181</b>	<b>51</b>

\* Um município não disponibilizou dados para a análise do diagnóstico.  
Fonte: Instituto Nacional do Semiárido (2012), Censo Demográfico (2010).

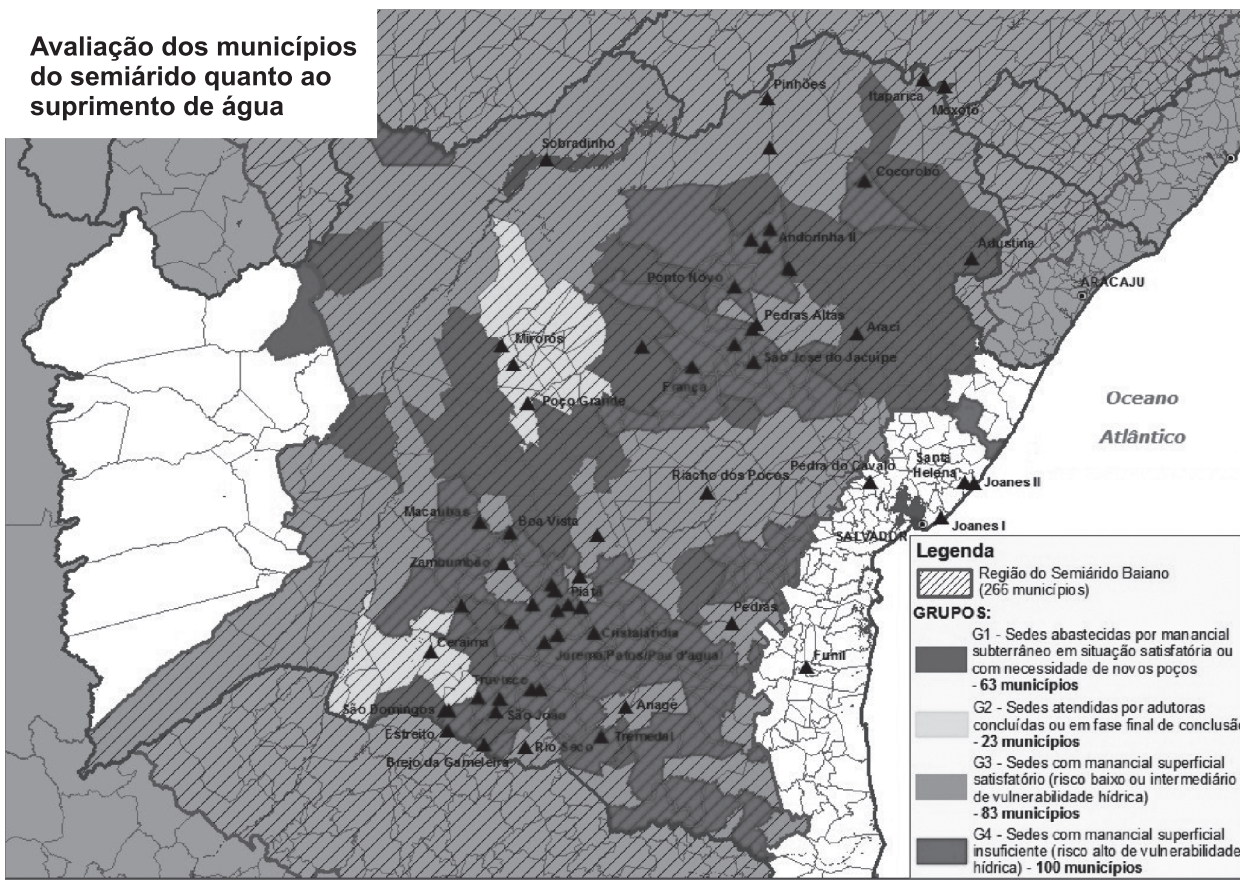
casos, a classificação realizada segundo a metodologia apresentou algumas distorções, exigindo uma reavaliação dos dados. Assim, esses municípios foram submetidos a uma análise mais criteriosa com o intuito de esclarecer as incertezas e, quando necessário, foram reclassificados e enquadrados em um grupo que mais proximamente representasse sua realidade. Para subsidiar essa revisão, foram utilizadas informações dos sistemas produtores de água para abastecimento e mapas dos domínios hidrogeológicos.

No contexto geral do trabalho, a evolução da composição dos grupos sofreu alterações que são representadas no Gráfico 4.

O Grupo G4 apresentou redução do número de municípios entre outubro de 2012 e março de 2013 (redução essa refletida na evolução do Grupo G2). Isso pode ser explicado pelo fato de a obra da Autora do Algodão estar em fase final de construção, dando uma perspectiva próxima e concreta de solução para o abastecimento de água daqueles municípios. A diminuição do número de municípios

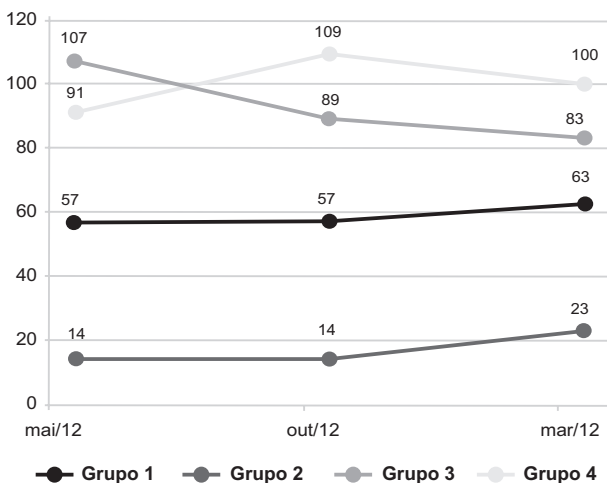


**Avaliação dos municípios do semiárido quanto ao suprimento de água**



**Cartograma 4**  
Mapa geral com a avaliação dos municípios do semiárido baiano quanto ao suprimento de água

Fonte: Agencia Nacional de Águas (2011).



**Gráfico 4**  
Evolução da situação da análise das sedes municipais do semiárido baiano quanto à oferta de água

Fonte: Instituto Nacional do Semiárido (2012).

do Grupo G3 deve-se ao agravamento da seca no ano de 2013.

Diante do quadro de vulnerabilidade da região, da deficiência estrutural dos serviços de saneamento e da urgência de soluções emergenciais, a classificação realizada demandou a recomendação de ações, tais como:

\*Com a finalidade de disciplinar os usos dependentes do reservatório de Mirorós, a ANA expediu as resoluções nºs 273 e 274/2010 a favor da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) e da Empresa Baiana de Água e Saneamento (Embasa) para o monitoramento do volume do reservatório.

O ATLAS Brasil compilou as informações dos ATLAS Nordeste – Abastecimento Urbano de Água (2009), ATLAS Sul – Abastecimento Urbano de Água (2009) e ATLAS Regiões Metropolitanas

Grupo	Ação recomendada
G1	Perfurar poços nas áreas onde houvesse necessidade de ampliar a oferta de água
G2	Acompanhar o andamento das obras de reforço hídrico (incluídas no PAC)*
G3	Municípios com abastecimento satisfatório, portanto nenhuma ação foi prevista
G4	Realizar controle da irrigação, operação de reservatórios ou perfuração de poços complementares e/ou realizar racionamento e abastecimento de água através de caminhões-pipa

– Abastecimento Urbano de Água (2009) e Atlas do Abastecimento de Água – Complementação para o Brasil (2011). Assim, desde março de 2011, o Brasil dispõe de um sistema com cadastro, diagnóstico e planejamento de mananciais e sistemas de produção de água para abastecimento urbano dos 5.565 municípios brasileiros até o horizonte de 2025. Apesar dos trabalhos pontuais de atualização do ATLAS Brasil, o diagnóstico e o planejamento realizados com horizonte de 2015 a 2025 precisam ser revistos.

O estudo ora apresentado proporcionou um mapeamento da infraestrutura hídrica presente na região semiárida reforçando o alerta de criticidade dos mananciais previstos no Atlas Brasil: dos 36 municípios com diagnóstico de necessidade de novo manancial, 35 estão classificados adequadamente no G4. Diante de uma seca severa, verificaram-se desvios no diagnóstico apontado pelo documento da ANA, no que se refere ao resultado “abastecimento satisfatório”. Isso pode ser explicado pelo fato de a avaliação ter sido baseada no crescimento populacional e na disponibilidade de água em situação normal, não considerando evento de seca.

No âmbito da ANA, encontra-se em andamento um estudo de Modelagem Quantitativa e Qualitativa de Trechos de Rio em Bacias Hidrográficas Consideradas Críticas, cujo objetivo consiste em aprimorar a qualidade da informação dos trechos críticos definidos pela ANA em corpos hídricos da rede hidrográfica para subsidiar a tomada de decisão e a implementação dos instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos. A definição desses trechos críticos poderá auxiliar e subsidiar o direcionamento das ações de gestão para aqueles locais que já necessitam de uma gestão mais ativa, ou que apresentam um conflito potencial ou

iminente pela água, como é o caso do semiárido brasileiro. O Plano Nacional de Segurança Hídrica é outro importante projeto em desenvolvimento pela ANA e tem como finalidade estudar as regiões do Brasil que têm apresentado eventos críticos de secas e inundações, e, a partir da incorporação de dados mais recentes, propor obras estruturantes que minimizem seus impactos.

A avaliação dos mananciais e dos sistemas de produção de água foi realizada com base em dados do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água, estudo coordenado pela ANA e lançado em março de 2011, e a partir de informações de monitoramento dos principais reservatórios.

A metodologia aqui apresentada baseou-se nos dados do Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água e nas informações de monitoramento dos principais reservatórios da região semiárida. A escassez hídrica dessa região e a adversidade das condições de suprimento de água à população são grandes desafios que demandam planejamento permanente. A classificação proposta permite uma abordagem integrada e constitui uma primeira base para a definição de uma estratégia de minimização dos efeitos da seca, que deve ser confrontada com dados de campo e ajustada às condições locais de cada município.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Atlas Brasil: abastecimento urbano de água*. Brasília: ANA, 2011.

\_\_\_\_\_. *Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água*. Brasília: ANA, 2009.

\_\_\_\_\_. *Atlas Regiões Metropolitanas: abastecimento urbano de água*. Brasília: ANA, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Atlas Sul: abastecimento urbano de água*. Brasília: ANA, 2009.

\_\_\_\_\_. *Base de Dados dos Municípios da Região Semiárida Brasileira*. Brasília: ANA, 2007 (Nota Técnica nº 28/2007/SUM-ANA)

\_\_\_\_\_. *Boletim de Acompanhamento dos Reservatórios do Nordeste do Brasil*. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/saladesituacao/boletinsmonitoramento.aspx>>

\_\_\_\_\_. *Boletim de Acompanhamento dos Reservatórios do rio São Francisco*. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/saladesituacao/boletinsmonitoramento.aspx>>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília: ANA, 2009.

\_\_\_\_\_. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2012*. Brasília: ANA, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*. Brasília: ANA, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Recursos Hídricos: panorama e o estado dos recursos hídricos do Brasil*. Brasília: MMA, 2006. v. 1. CENSO DEMOGRÁFICO 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. *Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro*. [Brasília]: INSA, 2012.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Mapa de Domínios/ Subdomínios Hidrogeológico do Brasil*. Brasília: CPRM, 2007.

\_\_\_\_\_. *Projeto Carta Hidrogeológica do Brasil ao Milionésimo*. Brasília: CPRM, 2010.

\_\_\_\_\_. *Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea*. Brasília: CPRM, 2005a.

\_\_\_\_\_. *Sistema de Informações de Águas Subterrâneas*. Brasília: CPRM, 2005b.

Artigo recebido em 29 de maio de 2013  
e aprovado em 4 de junho de 2013.





# Salinidade da água do Lago de São José do Jacuípe e sua utilização na agricultura irrigada de plantas perenes tropicais no semiárido da Bahia

*Diógenes Marcelino Barbosa Santos\**

\* Mestre em Geociências e graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA).  
diogenes@xilema.com.br

## Resumo

As mudanças climáticas, a alta frequência de estiagens prolongadas e as altas temperaturas têm sido apontadas como responsáveis pela escassez de recursos hídricos no semiárido da Bahia. Por sua vez, altas taxas de evaporação provocam o aumento da concentração de sais nos corpos hídricos, fenômeno este apontado por Fontes (2008) como responsável pela salinização do Lago da Barragem de São José do Jacuípe, localizado em Várzea da Roça (BA). Segundo Paranychianakis e Chartzoulakis (2005), sob estas condições, a disponibilidade de água para a agricultura decairá em termos quantitativos e qualitativos. Neste trabalho são discutidas experiências e resultados de pesquisa sobre a utilização de água salina na irrigação de plantas perenes tropicais, com ênfase no cultivo de cacau, palma de óleo (dendê), limão-taiti e romãzeira no semiárido da Bahia.

**Palavras-chave:** Irrigação. Salinidade da água. Semiárido. *Theobroma cacao*. *Elaeis guineensis*.

## Abstract

*Climate changes, the high frequency of prolonged droughts and high temperatures have been identified as responsible for the scarcity of water resources in the semiarid region of Bahia. On the other hand, high rates of evaporation cause an increase in the concentration of salts in water bodies, a phenomenon noted by Fontes (2008) as responsible for salinization of São José do Jacuípe Lake, located at Várzea da Roça, state of Bahia, Brazil. According to Paranychianakis and Chartzoulakis (2005), under these conditions, the availability of water for agriculture will decline in quantitative and qualitative terms. Here we discuss experiences and research results on the use of salt water for irrigation of tropical perennials crop, with an emphasis on the cultivation of cocoa, oil palm, limes and pomegranate in the semiarid region of Bahia.*

**Keywords:** Irrigation. Salinity water. Semiarid. *Theobroma cacao*. *Elaeis guineensis*.



superficial é o próprio Rio Jacuípe, cujo regime foi regularizado pelas construções das barragens: França, no município de Piritiba, e São José do Jacuípe, no município homônimo.

A Barragem de São José do Jacuípe foi construída em 1985 e localiza-se nos municípios de Várzea da Roça/São José do Jacuípe, no médio Jacuípe. Está inserida na região semiárida da Bahia, numa zona de alta vulnerabilidade a secas recorrentes e alta taxa de Evapotranspiração Potencial (ETP). É do conhecimento do senso comum a baixa qualidade das águas desse lago em virtude da alta salinidade.

## O DISTRITO DE IRRIGAÇÃO DO JACUIPE

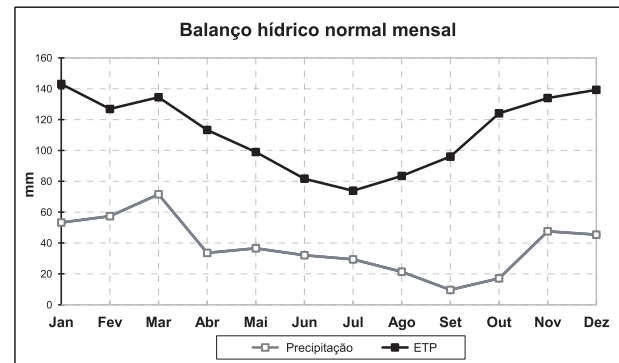
O Distrito de Irrigação do Jacuípe (11,59° S e 40,07° W) está localizado a sudeste da bacia hidráulica da Barragem de São José do Jacuípe, à margem da Rodovia BR 407/BA 130, no trecho entre Várzea da Roça e São José do Jacuípe. O distrito de irrigação compreende uma área total irrigada de 300 hectares, embora o potencial de terras irrigáveis seja estimado em mil hectares. Estima-se uma demanda hídrica atual de aproximadamente  $0,15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para tender ao processo de irrigação. Os métodos de irrigação predominantes são a microaspersão e o gotejamento, e os principais cultivos são: banana, goiaba, limão, romã e maracujá.

## CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO DO EXPERIMENTO

### Precipitação e evapotranspiração

O clima é caracterizado como tropical semiárido com precipitação média regional de apenas de  $450 \text{ mm} \cdot \text{ano}^{-1}$ . O balanço hídrico, segundo a metodologia de Thornthwaite (1948) e utilizando o *software* desenvolvido por Sentelhas e outros

(1999), está disposto no Gráfico 1. Foram utilizados dados médios históricos dos municípios de Mairi (11,71° S e 40,15° W), Pintadas (11,08° S e 39,09° W), São José do Jacuípe (11,50° S e 40,07° W), Gavião (11,46° S e 39,87° W) e Capim Grosso (11,36° S e 40,00° W).



**Gráfico 1**  
Balanço hídrico normal mensal – Várzea da Roça (BA) e adjacências

Fonte: Elaboração própria.

Ressalta-se que, nos últimos anos, a precipitação média anual sequer atingiu a marca de  $200 \text{ mm} \cdot \text{ano}^{-1}$ , o que levou os municípios da região a decretarem estado de emergência. Dados de ETP obtidos por Hargreaves (1974) para o município de Mairi (11,71° S e 40,15° W) mostram um déficit hídrico de  $1000 \text{ mm} \cdot \text{ano}^{-1}$  para a região do estudo. Nestas condições, a ETP crítica foi estimada em aproximadamente  $200 \text{ mm} \cdot \text{mês}^{-1}$  para outubro. No verão de 2013 foram registradas temperaturas próximas de  $40^\circ \text{ C}$ , resultando em  $\text{ETP} = 10,0 \text{ mm} \cdot \text{dia}^{-1}$ .

### Geologia e geomorfologia

A área do Distrito de Irrigação do Jacuípe está inserida na Formação Capim Grosso, que corresponde a um prolongamento da Formação Barreiras para o interior. A unidade dos tabuleiros interioranos é a principal feição geomorfológica dessa área. É caracterizada por feições aplainadas, com altitudes entre 400-450 metros, adquirindo uma forma de relevo tabular e plano.

## Solos do Distrito de Irrigação

A cobertura pedológica dos tabuleiros do Distrito de Irrigação foi classificada como predominante latossolo amarelo distrófico A moderado, muito profundo, textura média/arenosa, fase acentuadamente drenado, relevo plano, em associação com latossolo amarelo álico A fraco a moderado. São solos desenvolvidos a partir dos sedimentos arenosos e areno-argilosos do terciário-quartenário.

Na Tabela 1 são apresentados resultados de análises físicas e químicas de um perfil de solo virgem representativo do distrito realizadas pela Embrapa Semiárido, em 1988. O solo foi classificado como latossolo amarelo distrófico, textura franco-arenosa.

Nota-se que, de acordo com a classificação de Bohn (Tabela 2), as análises do solo virgem

indicam-no classificado como solo normal ou não salino e não sódico, pois apresenta baixa condutividade elétrica (CE), pH menor que 8,5 e saturação por sódio (PST) menor que 15%, indicativo de uma classe de solo para irrigação como de alta aptidão e baixo risco de salinização.

Diante das características geomorfológicas e pedológicas que ocorrem na área deste estudo, sobretudo quanto aos atributos relacionados à feição do relevo, predominante plano e da classe de solo latossolo arenoso, admitiu-se investigar se tais atributos podem exercer algum papel como atenuante à alta salinidade da água utilizada para irrigação.

Os atributos apontados favorecem a uma excelente drenagem interna do perfil de solo: baixa capacidade de retenção de cátions ou Capacidade de Troca de Cátions (CTC), que, ao lado do sistema de irrigação por gotejamento, proporciona

**Tabela 1**  
Análises físicas e químicas do perfil do solo virgem representativo do Distrito de Irrigação de São José do Jacuípe – Várzea da Roça – Bahia

Horizonte		Composição granulométrica (%)				Argila dispersa em água (%)	Grau de floculação (%)	Relação silte/argila
Símbolo	Prof. (cm)	Areia total	Areia fina	Silte	Argila			
Ap	0-25	87	-	5	8	3	62,5	0,62
A3	25-50	87	-	2	11	4	63,6	0,18
B1	50-95	79	-	7	14	4	71,4	0,50
B21	95-155	77	-	5	18	5	72,2	0,27
B22	155-270	81	-	5	14	3	78,6	0,35

Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )		Umidade (%)		Águamútil (%)	pH CaCl <sub>2</sub>	CE a 25°C Ext. Sat. (mmhos/cm)	Carbono (%)	Matéria orgânica (g/dm <sup>3</sup> )	Porosidade total (%)
Aparente	Real	1/3 ATM	15 ATM						
1,50	2,56	4,78	2,80	1,98	6,3	0,20	0,54	0,97	41,4
1,52	2,51	5,44	2,98	2,46	4,4	0,15	0,44	0,77	39,4
1,58	2,55	7,08	3,64	3,44	4,4	0,16	-	-	38,0
1,59	2,61	7,36	4,18	2,03	4,3	0,11	-	-	39,0
1,63	2,57	7,28	3,72	3,56	4,2	0,12	-	-	36,0

Relação (C/N)	P	S-SO <sub>4</sub>	Complexo sortivo em mmol/dm <sup>3</sup>								V 100.S/T (%)	Saturação (%)	
			mg/dm <sup>3</sup>		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>		SB	T
-	1,96	-	0,8	1,5	0,10	0,01	0,05	0,49	2,41	2,90	83	2,0	0,3
-	0,11	-	0,4	0,3	0,07	0,01	0,25	1,81	0,78	2,59	30	24,3	0,4
-	-	-	0,3	0,3	0,07	0,01	0,35	1,48	0,68	2,16	31	33,9	0,5
-	-	-	0,2	0,1	0,06	0,01	0,45	1,48	0,37	1,85	20	54,8	0,5
			0,2	0,1	0,07	0,01	0,45	1,32	0,38	1,70	22	54,2	0,6

Fonte: Hydros Engenharia e Planejamento S.A. (1988).



**Tabela 2**  
**Classificação de solos afetados por sais**

Solos	Classificação tradicional	Classificação proposta
Solos normais	CE < 4	CE < 2
	PST < 15	PST < 15
	pH < 8,5	pH < 8,5
Solos salinos	CE > 4	CE > 2
	PST < 15	PST < 15
	pH < 8,5	pH < 8,4
Solos sódicos	CE < 4	CE < 2
	PST > 15	PST > 15
	pH > 8,5	pH > 8,5
Solos salino-sódicos	CE > 4	CE > 2
	PST > 15	PST > 15
	pH < 8,5	pH < 8,5

Fonte: Bohn e outros (1985).

condições de menor pressão osmótica dentro do bulbo salino, viabilizando, dessa maneira, a utilização agrícola da água de baixa qualidade. Sabe-se que, diferentemente do tipo de solo que ocorre na área deste estudo, solos de natureza vértica, ou seja, argilosos e especialmente aqueles com argilas do tipo 2:1, tornam-se salinos, sódicos e solodizados rapidamente quando submetidos à prática de irrigação intensiva. Ao longo desta pesquisa serão realizadas amostragens especiais de solos, dentro e fora do bulbo molhado, para monitoramento da evolução da salinidade do solo e a sua influência sobre os cultivos.

### Química da água do Lago de São José do Jacuípe

Em 1996, a Hydros Engenharia realizou estudo da análise físico-química da água cujas amostras foram coletadas na borda do lago e na descarga de fundo da barragem com objetivo de realizar sua classificação para fins de irrigação. As análises físico-químicas da água indicaram valores de pH = 6,9; cloreto (Cl<sup>-</sup>) = 603,0 mg.L<sup>-1</sup>; sódio trocável (Na<sup>+</sup>) = 186,0 mg.L<sup>-1</sup>; CE=1,20 dS.m<sup>-1</sup> e razão de adsorção de sódio (RAS)=3,84. Os resultados obtidos

foram classificados como C3S1, ou seja, água de salinidade muito alta e baixo teor de sódio. Água de salinidade alta ( $0,75 < CE < 2,25$  dS.m<sup>-1</sup>) não deve ser usada para irrigação de solos com deficiência de drenagem e podem necessitar de práticas especiais para o controle da salinidade. Pode ser usada para irrigar plantas com boa tolerância aos sais.

Fontes (2008) revisou dados analíticos das águas do Lago de São José obtidos por Linhares e Mestrinho (2001) que determinaram concentração de cloreto (Cl<sup>-</sup>) 500 mg.L<sup>-1</sup>, e de Ingá (2004), que indicou concentrações de cloretos de 540 a 605 mg.L<sup>-1</sup>.

A pesquisa realizada por Fontes (2008) incluiu um levantamento da qualidade das águas do Lago de São José do Jacuípe no período entre julho de 2006 e novembro de 2007. O estudo foi realizado em três localidades estrategicamente posicionadas: na entrada do lago (montante), no lago próximo à captação para irrigação e na saída do lago, na descarga de fundo da barragem (jusante) e na localidade de Gavião, distante 20 km a jusante da barragem. Concluiu-se que as águas do reservatório de São José do Jacuípe permanecem empobrecidas (isotopicamente menos enriquecidas) até a entrada do reservatório, que reflete os valores encontrados para as vazões de entrada. Verificou-se ainda que as águas são afetadas pela evaporação, principalmente nos pontos mais próximos à barragem e nas águas mais profundas, sobretudo devido à elevada taxa de evapotranspiração local.

A autora sugere que as concentrações de sais na água vêm aumentando ao longo dos anos por causa do progressivo aporte de sais provenientes da sua área de drenagem, com ascensão crescente, ultrapassando o limite de 250 mg.L<sup>-1</sup> após a construção da Barragem do França. Segundo a autora, os processos de aporte de sais no reservatório contribuem mais vigorosamente para a salinização das águas do que para a sua sodificação. Ou seja, o teor de sódio não é o íon mais abundante na área da Bacia do Jacuípe. Adicionalmente, as águas do lago foram classificadas como de alta vulnerabilidade à salinização.

## AVALIAÇÃO DA SALINIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO DO LAGO DE SÃO JOSÉ DO JACUÍPE

### Crítérios de classificação e interpretação de resultados

Segundo Ayers e Westcot (1991), a qualidade da água para irrigação está relacionada a seus efeitos prejudiciais aos solos e às culturas, requerendo muitas vezes técnicas especiais de manejo para controlar ou compensar eventuais problemas associados a sua utilização. Ainda segundo o mesmo autor, os problemas causados pela qualidade da água podem ser resumidos nos seguintes efeitos principais: salinidade, permeabilidade do solo e toxicidade às plantas cultivadas.

Toda água usada na irrigação contém sais dissolvidos. O efeito destes sais sobre as características químicas e físicas de solos irrigados é de grande importância para a manutenção da sua capacidade produtiva.

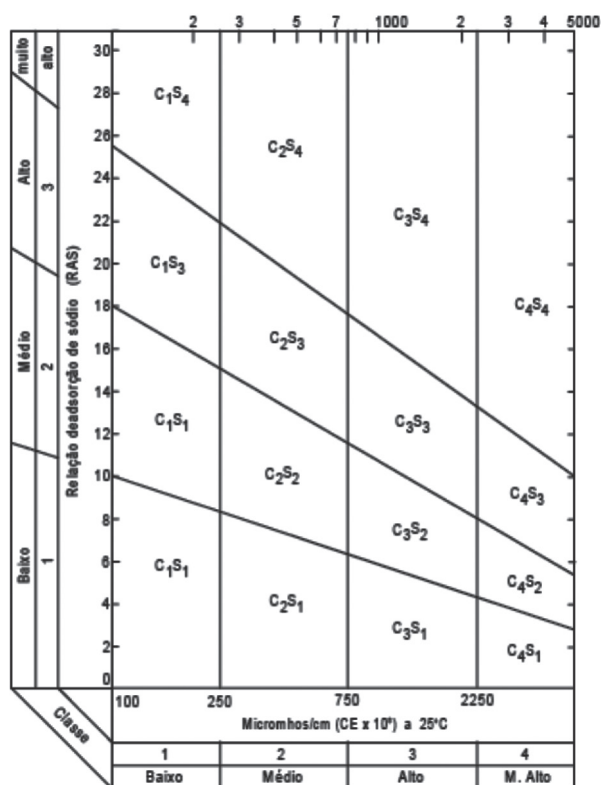
Em geral, as águas que contêm menos de 600 mg.L<sup>-1</sup> de sais totais podem ser usadas para a irrigação de quase todos os cultivos. Águas com concentração salina entre 500 e 1.500 mg.L<sup>-1</sup> têm sido usadas na irrigação de plantas sensíveis a sais em solos de boa drenagem interna ou providos de sistema de drenagem. As águas que contêm de 1.500 a 2.000 mg.L<sup>-1</sup> podem ser usadas na irrigação de culturas moderadamente tolerantes se for adotada uma maior frequência de irrigação combinada com uma lâmina de sobreirrigação. Entretanto, águas que contêm de 3.000 a 3.500 mg.L<sup>-1</sup> só poderão produzir rendimentos com culturas altamente tolerantes (CORDEIRO, 2001).

Os esquemas de classificação estabelecidos para a avaliação da qualidade da água são empíricos e baseados em algumas características químicas da água e na fisiologia das plantas.

A classificação adotada pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, publicada por Richards

(1954), apresenta um diagrama de classificação combinando a relação de adsorção de sódio (RAS) e a concentração total de sais, para formar 16 classes de água, variando assim de C1 a C4 e de S1 a S4 em todas as combinações possíveis. O diagrama de classificação é mostrado na Figura 1.

Na Tabela 3 é apresentada uma síntese elaborada por Ayers e Westcot (1991), internacionalmente aceita para interpretação da água de irrigação e avaliação da água para além da classificação universal proposta por Richards (1954).



**Figura 1**  
Diagrama para classificação de águas para irrigação

Fonte: Richards (1954).

A salinidade inibe o crescimento das plantas, provocando estresse hídrico, o qual é causado pelo aumento da concentração de sais no solo. Os valores de salinidade do extrato de saturação, correspondentes à salinidade média da zona radicular, abaixo da qual a planta deixa de crescer e o

rendimento é zero, foram estimados para determinar os grupos de tolerância no Quadro 1.

**Tabela 3**  
Interpretação da qualidade da água para irrigação

Efeito considerado	Grau de problema		
	Nenhum	Crescente	Severo
<b>Salinidade</b>			
CE mmhos/cm ou dS/m	< 0,75	0,75 – 3,00	> 3,00
<b>Permeabilidade</b>			
CE mmhos/cm ou dS/m	> 0,5	0,5 – 0,2	< 0,2
<b>RASaj</b>			
Montmorilonita (2:1)	< 6,0	6,00 – 9,00	> 9,0
Ilita vermiculita (2:1)	< 8,0	8,0 – 16,0	> 16,0
Kaolinita (1:1)	< 16,0	16,0 24,0	> 24,0
<b>Toxidez do íon específico</b>			
Sódio (RAS aj.)	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Cloreto (meq/l)	< 4,0	4,0 – 10,0	> 10,0
Boro (meq/l)	< 0,75	0,75 – 2,0	> 2,0
<b>Outros efeitos</b>			
HCO <sub>3</sub> (meq/l)	< 1,5	1,5-8,5	> 8,5
pH	Faixa normal		6,5 a 8,4

Fonte: Ayers e Westcot (1991).

Grupos de tolerância à salinidade do extrato de saturação do solo <sup>(1)</sup>	Condutividade elétrica (EC em dS/m)
Plantas sensíveis	< 1,3
Plantas moderadamente sensíveis	1,3 a 3,0
Plantas moderadamente tolerantes	3,0 a 6,0
Plantas tolerantes	6,0 a 10,0
Não adequado para a maioria das culturas	> 10,0

**Quadro 1**  
Tolerância de plantas à salinidade do extrato de saturação do solo

Fonte: Ayers e Westcot (1991).

## METODOLOGIA

As campanhas de coletas de água foram realizadas em janeiro de 2006; agosto e novembro de 2007; outubro de 2010; janeiro, fevereiro e junho de 2011; janeiro, junho e setembro de 2012 e janeiro de 2013, totalizando 13 amostragens no período. As amostras de água foram coletadas no canal de irrigação e no lote de irrigantes dentro

do perímetro de irrigação. As amostras coletadas em 1996 por Hydros e em 2006 pelo autor deste estudo foram consideradas referências para a comparação das eventuais mudanças temporais que ocorreram na qualidade da água no perímetro de irrigação.

Após a coleta, as amostras foram refrigeradas e, em até 24 horas, entregues para análises no laboratório de solo e água da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA) em Salvador. Foram determinados os seguintes parâmetros de interesse agrícola: pH, condutividade elétrica (dS.m<sup>-1</sup>), cálcio (mmolc.L<sup>-1</sup>), magnésio (mmolc.L<sup>-1</sup>), sódio (mmolc.L<sup>-1</sup>), potássio (mmolc.L<sup>-1</sup>) e RAS. Os resultados foram submetidos ao diagrama de Richards (1954) e aos parâmetros de qualidade de água estabelecidos por Ayers e Westcot (1991). Para fins de comparação de resultados foram sistematizados dados obtidos da pesquisa realizada por Fontes (2008) no lago da barragem, os quais foram interpretados à luz das classificações agrônômicas para fins de irrigação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características físico-químicas da água

Em 1996, a água foi enquadrada na classe C3S1, portanto água de alta salinidade e baixa sodicidade, segundo o diagrama de Richards (1954). Dez anos mais tarde, o autor realizou novas análises e concluiu que a classe da água havia decrescido em qualidade, alcançando a categoria C4S2. A partir do segundo semestre de 2007 até janeiro de 2011, a qualidade da água variou entre as classes C3S1, C3S2 e C3S3, porém com um pico obtido em outubro de 2010, quando foi enquadrada como C4S4 (Quadro 1). As análises realizadas por Fontes (2008) entre junho de 2006 e novembro de 2007 indicaram um enquadramento nas classes C3S1 e C4S1 (Tabela 4).

SALINIDADE DA ÁGUA DO LAGO DE SÃO JOSÉ DO JACUIPE E SUA UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA IRRIGADA DE PLANTAS PERENES TROPICAIS NO SEMIÁRIDO DA BAHIA

Amostra da água	pH	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	RAS	Cálcio (mmolc.L <sup>-1</sup> )	Magnésio (mmolc.L <sup>-1</sup> )	Sódio (mmolc.L <sup>-1</sup> )	Potássio (mmolc.L <sup>-1</sup> )	Classe
								Irrigação
30.09.1996	6,90	1,20	3,76	4,00	6,00	8,40	1,00	C3S1
17.01.2006	7,90	3,95	5,68	5,67	13,32	17,50	1,36	C4S2
09.08.2007	9,00	2,12	6,07	3,47	7,07	6,07	0,36	C3S2
23.11.2007	7,50	1,89	3,16	3,10	6,81	7,04	0,38	C3S1
23.11.2007	7,60	1,94	3,29	3,03	7,03	7,38	0,40	C3S2
23.11.2007	6,40	2,78	3,30	3,22	7,11	7,48	0,41	C3S3
15.10.2010	8,20	2,65	16,42	3,27	10,33	42,83	0,46	C4S4
14.01.2011	5,90	2,08	4,27	3,43	7,68	10,05	0,35	C3S1
07.02.2011	7,40	2,66	3,07	2,97	10,61	8,00	0,42	C4S1
27.06.2011	7,50	2,79	2,03	7,05	7,97	5,57	0,65	C4S2
18.01.2012	7,30	3,18	3,33	8,16	9,39	9,87	0,66	C4S1
14.06.2012	8,00	3,77	3,75	4,34	13,44	11,17	0,82	C4S2
14.06.2012	8,10	3,28	3,82	4,13	13,91	11,48	0,84	C4S2
10.09.2012	8,20	3,86	3,86	5,20	13,74	15,71	0,77	C4S2
15.01.2013	7,60	4,93	4,46	5,59	14,63	14,17	0,95	C4S2

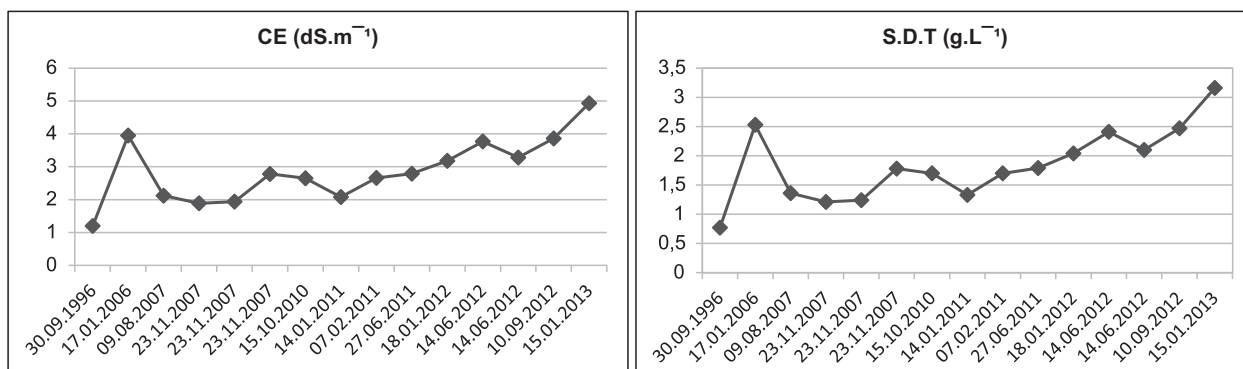
**Quadro 2**  
Resultados das análises físico-químicas das amostras de água – jan. 2006-jan. 2013

Fonte: Elaboração própria.

De fevereiro de 2011 até janeiro de 2013 ocorreu um decréscimo da qualidade da água devido à trajetória crescente dos teores de sais totais dissolvidos (Gráfico 2). Diante disso, a água passou a ser enquadrada como da classe C4S2 (Quadro 1). A classe C4 significa que a água tem uma salinidade muito alta, não podendo ser usada em condições normais, apenas em solos muito permeáveis e plantas altamente tolerantes aos sais. Quanto

ao perigo de alcalinização, a classe S2 indica teor médio de sódio. Em associação com alta salinidade, pode produzir níveis tóxicos de sódio trocável nos solos, necessitando de práticas especiais de manejo. O rendimento dos cultivos é seriamente afetado nessa situação.

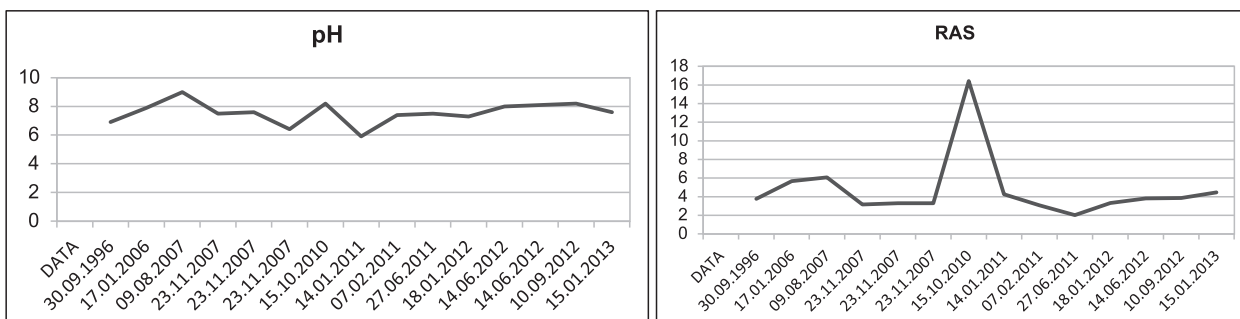
Na Figura 1 nota-se que, no período entre o segundo semestre de 2007 até 2011, a CE varia entre 2,0 a 3,0 dS.m<sup>-1</sup> e os Sais Dissolvidos Totais (SDT),



**Gráfico 2**  
Evolução da condutividade elétrica (CE) e dos sais dissolvidos totais (SDT) da água ofertada pelo Distrito de Jacuípe, oriunda do Lago de São José do Jacuípe

Fonte: Elaboração própria.



**Gráfico 3**

**Evolução dos valores de pH e RAS da água ofertada pelo Distrito de Irrigação do Jacuípe, oriunda do Lago de São José do Jacuípe**

Fonte: Elaboração própria.

entre 1,36-1,79 g.L<sup>-1</sup>. A partir do segundo semestre de 2011 até janeiro de 2013, observa-se uma tendência crescente nos valores de CE e de SDT e, conseqüentemente, um agravamento das condições da qualidade da água para fins de irrigação. A CE ultrapassa o valor de 3,0 dS.m<sup>-1</sup> em janeiro de 2012 até atingir um valor de, aproximadamente, CE=5,0 dS.m<sup>-1</sup> em janeiro de 2013. Neste mesmo período, os SDT passam de 1,79 g.L<sup>-1</sup> para 3,16 g.L<sup>-1</sup> (Figura 1).

Os dados obtidos mostram que, em relação ao ano de 1996, a condutividade elétrica aumentou de valor cinco vezes, de aproximadamente 1,0 dS.m<sup>-1</sup> para 5,0 dS.m<sup>-1</sup>, e os teores de sais dissolvidos totais, de 0,77 g.L<sup>-1</sup> para 3,16 g.L<sup>-1</sup>, portanto, um aumento de quatro vezes. Considerando-se o período entre 2011 e o início de 2013, a CE aumentou duas vezes e meia, e os SDT, duas vezes.

Salienta-se que o valor da CE acima de 0,75 dS.m<sup>-1</sup>, de acordo com Ayers e Westcot (1991), apresenta grau de problema crescente quanto à salinização do solo, e o valor da CE maior que 3,0 dS.m<sup>-1</sup> indica grau de problema considerado severo.

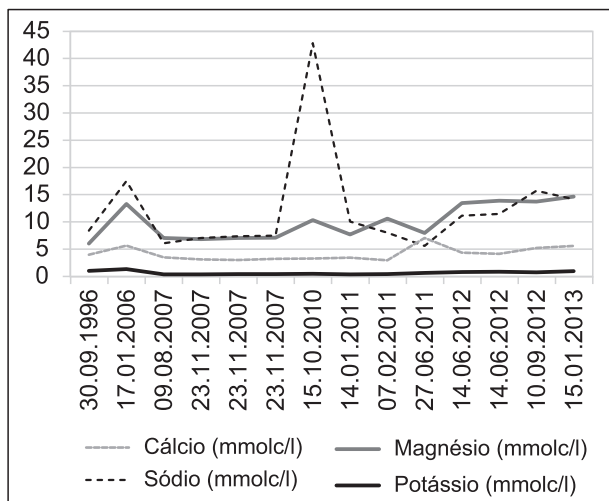
Segundo Cordeiro (2001), águas com concentração salina entre 0,500 e 1,5 g.L<sup>-1</sup> têm sido usadas na irrigação de plantas sensíveis a sais em solos de boa drenagem interna ou providos de sistema de drenagem. As águas que contêm de 1,5 a 2,0 g.L<sup>-1</sup> podem ser usadas na irrigação de culturas moderadamente tolerantes se for adotada uma maior

frequência de irrigação combinada com uma lâmina de sobreirrigação. Entretanto, águas que contêm de 3,0 a 3,5 g.L<sup>-1</sup> só poderão produzir rendimentos com culturas altamente tolerantes a sais.

No período estudado, o pH da água manteve-se na faixa entre 6,0 e 8,0, não havendo restrições importantes para o crescimento vegetal. O valor de RAS manteve-se na faixa entre 2 e 4 a partir de 2011 até janeiro de 2013 (Gráfico 3). Entretanto, em condição de água de elevada salinidade, os limites divisórios de RAS se aproximaram de 4, em vez de RAS=10, como indicador de risco de alcalinização do solo, conforme sugerido por Aalison, citado por Cordeiro (2001). Ou seja, para valores maiores de salinidade (CE) necessita-se de menores valores de RAS para aumentar o perigo de alcalinização do solo.

Quanto à distribuição de cátions na água, constata-se que a água é rica em sódio e magnésio, em teores e proporções semelhantes, e pobre em potássio (Gráfico 4). O cálcio figura numa concentração intermediária. Essa condição pode resultar em solo sódico porque o sódio desloca o cálcio e o magnésio adsorvidos causando dispersão dos colóides, além de reduzir a taxa de infiltração da água no solo. Resultado semelhante foi obtido por Fontes (2008).

Para efeito de comparação de resultados, o autor organizou os dados amostrais de Fontes (2008) segundo a metodologia de avaliação de águas para irrigação (Tabela 4).



**Gráfico 4**  
Evolução da concentração catiônica da água ofertada pelo Distrito de Irrigação do Jacuípe, oriunda do Lago de São José do Jacuípe

Fonte: Elaboração própria.

Utilizando-se o diagrama de Richard (1954) e valores de CE e RAS com a finalidade de prever risco de salinização e sodificação do solo, conclui-se que as águas estão enquadradas nas classes C3S1 e C4S1. Para a classificação C3S1, obtida no lago, conclui-se tratar-se de água com salinidade alta. Não pode ser usada em solo com drenagem deficiente, e, mesmo com drenagem adequada, podem ser necessárias práticas especiais para o controle da salinidade, e essa água só deve ser aplicada para irrigação de plantas tolerantes aos sais. Quanto ao perigo de sodificação (alcalinização), expressa pelo símbolo S1, indica água com baixo teor de sódio. Pode ser usada para irrigação em quase todos os solos, com pouco perigo de desenvolvimento de problemas de sodificação.

De acordo com os dados de cloreto das amostras e aplicando-se os parâmetros de avaliação da qualidade da água proposta por Ayers e Westcot (1991), conclui-se que os teores de cloreto 393 mg.L<sup>-1</sup>, 625 mg.L<sup>-1</sup>, 735 mg.L<sup>-1</sup> apresentam risco severo de toxidez por cloro nas plantas e no solo. Teor de cloreto na água de irrigação acima de 350 mg.L<sup>-1</sup> é considerado inadequado para uso na agricultura. Os teores de sódio na água foi classificado como restritivo apenas na amostra coletada na jusante, cujo teor (275 mg.L<sup>-1</sup>) é superior a 250 mg.L<sup>-1</sup>.

#### UTILIZAÇÃO DE ÁGUA SALINA NA AGRICULTURA IRRIGADA DO SEMIÁRIDO DA BAHIA

##### Impacto da irrigação por gotejamento com água salina em diferentes clones de cacau na fase juvenil no semiárido da Bahia

Muitos cultivos são realizados além do seu centro de origem. O chá (*Camellia sinensis*) antes largamente cultivado no sudoeste asiático mudou-se para regiões relativamente secas da África Ocidental; a expansão do cultivo da palma de óleo (*Elaeis guineensis*) foi determinante para o deslocamento das lavouras de borracha (*Hevea brasiliensis*) para zonas secas do sudeste asiático. O sisal (*Agave sisalana*), que antes era predominantemente cultivado na África Ocidental, tornou-se um importante cultivo para agricultores familiares no semiárido da Bahia (CARR, 2012).

**Tabela 4**  
Valores médios de salinidade, íons, RAS e SDT do Lago de São José do Jacuípe – jun. 2006-nov. 2007

Localidade (Média)	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	RAS	S.D.T g.L <sup>-1</sup>	Classe Irrigação	Risco toxidez Cloreto (Cl <sup>-1</sup> > 350 mg.L <sup>-1</sup> )
			mg.L <sup>-1</sup>							
Entrada do lago	1,35	92	52,7	140	5	389	3,71	0,864	C3S1	Severo
(Montante) Na barragem	1,92	213	88,55	180	16,5	625	3,69	1,228	C3S1	Severo
Descarga de fundo (Jusante)	2,38	168	113	275	16	737	5,67	1,523	C4S1	Severo

Fonte: Adaptado pelo autor a partir de dados obtidos de Fontes (2008).

A expansão da cacauicultura para zonas de clima seco pode se constituir em escapes para as principais doenças que atacam a cultura, como a vassoura-de-bruxa e a podridão-parda. Almeida e Valle (2007) estimam que a perda por problemas fitossanitários na produção mundial de cacau é da ordem de 30 a 40%. Sabe-se que a produtividade média dessa cultura na Bahia é de apenas 300 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> ou 20 @.ha<sup>-1</sup>, sobretudo devido ao fungo da vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*). No Pará, a produtividade alcança até 900 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> ou 60 @.ha<sup>-1</sup>.

Com o desenvolvimento de tecnologias de irrigação localizada, o conhecimento científico dos benefícios do manejo controlado da água de irrigação, a adequação das práticas de nutrição vegetal à fertirrigação de alta precisão, ao lado da disponibilidade de material genético de qualidade superior, vislumbram-se possibilidades de adaptação do cultivo do cacau em regiões marginais ou até mesmo em regiões hoje consideradas inaptas, como nas zonas semiáridas tropicais, atingindo números mais expressivos de produtividade desse cultivo.

### Porque irrigar cacau no semiárido

Pelo fato de o cacau ser cultivado nas regiões tropicais úmidas, a maioria destas com precipitação pluviométrica anual superior a 1.500 mm.ano<sup>-1</sup> e regularidade na distribuição, não são encontradas muitas pesquisas relativas aos efeitos da irrigação nesse cultivo. Tampouco se conhecem, com clareza, as melhores práticas de manejo da água dentro das diversas fases fenológicas, bem como os efeitos do déficit hídrico controlado, a exemplo do que ocorre na cafeicultura e na citricultura, como técnicas para fazer a sincronização da safra de acordo com a conveniência do produtor e do mercado, visando maximizar a produtividade e o valor da produção (WOOD, 1984).

Em meados do século passado, Alvim (s.d) levantou questionamentos sobre a crença de que o

cacau requer alta umidade relativa para crescer e produzir satisfatoriamente. Naquela época foi relatado por ele o cultivo do cacau sob irrigação nas zonas desérticas do Peru (P=100 mm.ano<sup>-1</sup> e UR=50%) com produtividades entre 800 e 1.000 kg.ha<sup>-1</sup> e no Vale do Cauca, na Colômbia, com precipitação inferior a 1.000 mm.ano<sup>-1</sup>. No Equador, por sua vez, há muitas plantações de cacau sob irrigação por inundação na zona semiárida.

No atual cenário são escassas as pesquisas de campo, nas regiões cacauíferas do mundo, sobre a adaptação dessa planta fora da zona tropical úmida, bem como não se quantificou o consumo de água em condição de restrição de umidade relativa, de déficit de pressão de vapor, de altas temperaturas, de radiação solar elevada e de alta concentração de sais (CARR; LOCKWOOD, 2011). Recentemente algumas experiências têm sugerido a viabilidade do cultivo do cacau fora da zona tradicional da Bahia e dos estados amazônicos (LEITE; MARTINS; SODRE, 2006; SANTOS; CASTRO NETO, 2012 a,b). Diczbalis e outros (2010) obtiveram êxito na comprovação agrônômica do cultivo do cacau no norte da Austrália. Plantios de cacau a pleno sol requerem altos níveis de insumos (irrigação e fertilizantes), mas com possibilidade de atingir produtividade potencial de 2 a 3 t.ha<sup>-1</sup> de amêndoas secas.

O cacau é uma planta ainda em fase de domesticação. Pouco se conhece sobre o cultivo intensivo dessa planta fora das regiões tradicionais, sobretudo, em regiões semiáridas tropicais, onde as condições ambientais podem ser muito diferentes daquelas do centro de origem da espécie. Por exemplo, a literatura internacional não registra informações a respeito da tolerância do cacau a salinidade do extrato de saturação do solo, à salinidade da água de irrigação e à salinidade provocada diretamente pela fertirrigação intensiva. Pesquisa realizada por Huan, Yee e Wood (1984), na Malásia, reconheceu que o cacau não suporta água com condutividade elétrica superior a 2,0 dS.m<sup>-1</sup>. Gattward (2010) afirma que são inexistentes estudos



**Figura 2**  
Clonagem de cacau promissor submetido à água salina – Várzea da Roça (BA)

Foto: Diógenes Santos.



**Figura 3**  
Clonagem de cacau irrigado por gotejamento com água salina – Várzea da Roça (BA)

Foto: Diógenes Santos.

sobre a influência do sódio na nutrição, no crescimento e na produção do cacau. Portanto, estima-se que este estudo seja pioneiro em submeter plantas de cacau à salinidade da água em condição de campo na zona semiárida tropical.

A pesquisa está em andamento no Distrito de Irrigação do Jacuípe, na localidade de Várzea da Roça (11,60° S e 40,07° W,) no semiárido da Bahia, Brasil. O plantio foi realizado em março de 2010 (figuras 2 e 3) e, desde então, a precipitação média anual foi de apenas 200 mm.ano<sup>-1</sup>, distribuída em

apenas dois eventos de chuva por ano e temperaturas diurnas na primavera/verão entre 35 e 40° C.

O solo foi classificado como latossolo amarelo eutrófico, textura arenosa transicional para neossolo quartzarênico antropizado. Portanto, em condições totalmente desfavoráveis para o cultivo do cacau. O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento com duas fileiras de tubo gotejador por fileira de plantio (consórcio cacau/banana). As irrigações foram realizadas diariamente para manter o solo próximo da capacidade de campo e atender a uma lâmina empírica de lixiviação.

As mudas clonais de cacau foram produzidas por meio do enraizamento de estacas de caule, oriundas de extremidades de ramos plagiotrópicos, pelo Instituto Biofábrica de Cacau, e utilizadas com aproximadamente 6 meses de idade. Estão em avaliação os seguintes clones: Cepec 2004, Ipiranga, CCN 51, SJ 02, Cepec 2002 e PH 16. O espaçamento é 3,0 x 1,5 m e estande de 2.222 plantas.ha<sup>-1</sup>. Os diferentes clones foram plantados em blocos formados por três ou duas linhas de plantio. Após o plantio, as mudas receberam uma cobertura provisória com palhas de licuri (*Syagrus coronata*) por seis meses, até que o sombreamento definitivo com bananeira (3,0 x 3,0 m) atingisse o estágio ideal de sombreamento do cacau.

Os resultados alcançados até a idade de 17 meses (510 dias de campo) apontaram que o clone Ipiranga atingiu a altura de 1,55 m, destacando-se dos demais clones, que variaram entre 1,10 m e 1,16 m. Os clones SJ 02, Cepec 2004, CCN 51 e Cepec 2002 obtiveram crescimento absoluto semelhante entre si. A média geral do experimento aponta que, no período analisado, a altura absoluta da planta passa de 0,42 m para 1,14 m (Gráfico 5).

Os dados de crescimento absoluto do diâmetro do tronco medido a 20 cm do solo indicam que o clone SJ02 destacou-se dos demais alcançando 28,0 mm de diâmetro. O clone PH16 atingiu o menor diâmetro entre os clones avaliados, com uma média de 21,0 mm. Os demais clones são semelhantes entre si, com diâmetro médio de 24,00 mm. A média



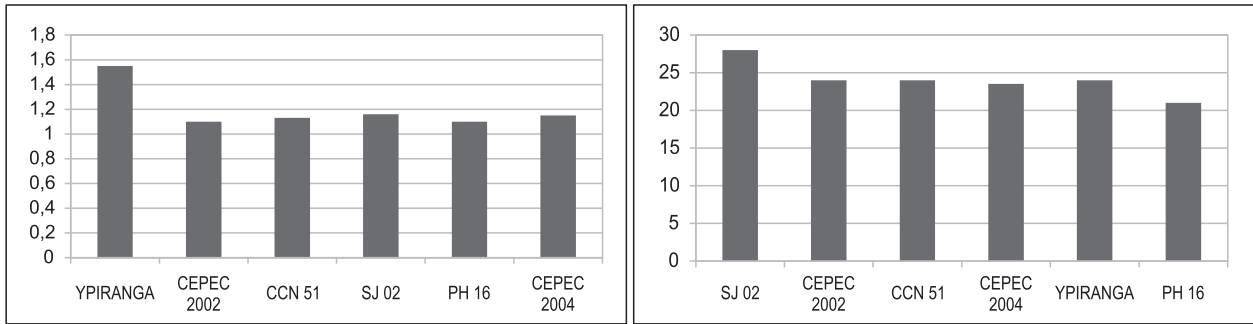


Gráfico 5

Altura da planta (m) e diâmetro do troco de clones de cacauero submetidos à água salina

Fonte: Elaboração própria.

geral do experimento aponta que, no período avaliado, o diâmetro médio absoluto do tronco passa de 7,85 mm para 24,0 mm (Gráfico 5).

Os resultados demonstram que, nas condições do estudo, os clones Ipiranga e SJ02 destacaram-se em ambientes salinos, apresentando maior vigor entre os clones avaliados a partir do segundo ano. Os demais clones são semelhantes entre si e todos os clones aparentam possuir relativa tolerância aos sais. Esses resultados, se confirmados ao longo do estudo, podem indicar que determinados genótipos de cacaueros possuem mecanismos de tolerância à salinidade, o que facilitaria práticas de fertirrigação e nutrição especializada, além de abrir novos horizontes para o cultivo no semiárido.

Os resultados de análises foliares de plantas aos 20 meses de campo (600 dias) indicaram que há nítida deficiência de potássio em todos os clones estudados. É relatada deficiência de potássio em plantas perenes cultivadas em regime de salinidade devido ao efeito antagônico entre o sódio e o potássio. Entre os micronutrientes, há destaque para as deficiências de cobre, manganês e zinco. Em termos de concentração de íons, tóxicos sódio (Na) e cloro (Cl) nas folhas, observou-se que há diferenças na absorção destes íons em função dos diferentes genótipos avaliados.

O clone Cepec 2002 destacou-se dos demais quanto à precocidade, sendo seguido pelos clones SJ 02 e Ipiranga nas condições deste estudo (SANTOS; CASTRO NETO, 2012 c,d).

### Cultivo da palma de óleo (dendê) (*elaeis guineensis Jacq.*) para a produção sustentável de biodiesel no semiárido brasileiro

A palma de óleo (*Elaeis guineensis Jacq.*) é conhecida no Brasil como dendê, amplamente utilizado na gastronomia afrobaiana representada pelo acarajé, abará e moquecas. É considerada como a cultura energética de maior potencial para a produção de óleo no mundo, cultivada em mais de 42 países em 11 milhões de hectares, espalhados na África Ocidental Equatorial, no sudoeste asiático (Malásia e Indonésia), na América Latina (Brasil, Equador, América Central) e na Índia (SHINO et al., 2011).

Estima-se que um hectare de cultivo de palma de óleo tem potencial para produzir 55,0 toneladas de matéria seca na forma de biomassa fibrosa e 5,5 toneladas de óleo (CORLEY, 1983). Em regime de irrigação na Malásia, constatou-se que a produção potencial situa-se entre 45-50 t/hectare de cachos frescos e até 15 t/hectare de óleo bruto.

A baixa produtividade agrícola do dendê no Brasil (10,0 t/hectare) e na Bahia (3,5 t/hectare) é o principal entrave à utilização sustentável dessa cultura energética para a produção de biodiesel (MACEDO et al., 2010). Estima-se que as condições de baixa luminosidade nas regiões tradicionais de cultivo, Bahia e Pará, é um fator limitante para a obtenção de sua alta produtividade agrícola. Sabe-se que quanto maior a radiação solar global maior o teor de óleo dos frutos do dendê e melhor a

uniformidade de sua maturação no cacho, que, por sua vez, influencia na qualidade do óleo e na taxa de extração.

Pesquisas em andamento na Embrapa buscam mostrar a viabilidade do cultivo do dendê fora da sua região tradicional. Experimentos realizados no cerrado de Roraima e no Distrito Federal, por Maciel e outros (2012), Maciel e outros (2012b), em plantas com idade de até 5 anos demonstram que os híbridos testados apresentaram produtividade média compatível com o esperado pela cultura nas regiões tradicionais.

Diante das condições do semiárido do Nordeste brasileiro, em termos de alta luminosidade e radiação solar global,  $3.000 \text{ horas.luz}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  e de  $15\text{-}20 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  respectivamente, justifica-se a pesquisa de avaliação dos impactos da irrigação com água salina no desenvolvimento da palma de óleo nas condições semiáridas da Bahia. Espera-se que as condições agroecológicas do semiárido sejam favoráveis ao cultivo da palma de óleo sob sistema de irrigação localizada. O primeiro registro sobre o potencial do cultivo da palma de óleo no semiárido brasileiro para a produção de biodiesel foi apresentado por Santos (2012) no II Fórum de Biocombustíveis do Instituto Federal da Bahia (IFBA).

## Material e métodos

Este trabalho da palma de óleo foi conduzido no Distrito de Irrigação do Jacuípe, na localidade de Várzea da Roça ( $11,60^\circ \text{ S}$  e  $40,07^\circ \text{ W}$ ), no semiárido da Bahia, Brasil. As características de solo e água são as mesmas descritas no experimento do cacau na seção anterior. O sistema de gotejamento teve a configuração  $Q_{(\text{gotejo})} = 1,5 \text{ L h}^{-1}$ ; o espaçamento entre emissores =  $0,40 \text{ m}$ ; a precipitação do sistema =  $1,0 \text{ mm.h}^{-1}$  e a  $Q$  sistema de irrigação =  $10 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ . Foram utilizadas duas fileiras de tubo gotejador por fileira de planta, posicionadas uma de cada lado do colo da planta.

A variedade cultivada foi o híbrido tenera, proveniente de Valença (BA), no espaçamento de  $8,0 \times 8,0 \text{ m}$ , totalizando 11 plantas que formam a unidade de observação. As plantas foram adubadas regularmente com NPK (10-10-10) à razão de  $1,0 \text{ kg/planta}$ ,  $10 \text{ kg}$  de esterco e  $500 \text{ g/planta}$  de gesso agrícola, fracionados em três aplicações.

O plantio foi realizado em abril de 2011. As avaliações foram realizadas no plantio e aos 17 meses de campo. Foram efetuadas medidas de crescimento das plantas (altura, diâmetro do tronco no colo e número de folhas). Registraram-se o início da emissão de flores (masculinas e femininas) e a ocorrência de pragas e doenças.



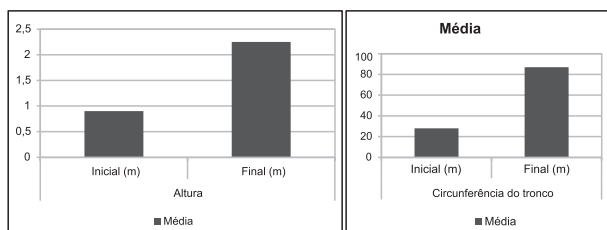
**Figura 4**  
Cultivo de plantas de palma de óleo no semiárido da Bahia e detalhe do sistema de irrigação por gotejamento

Foto: Diógenes Santos.

Com o objetivo de nortear as práticas culturais das plantas da unidade de observação, em outubro de 2010 foram plantados três exemplares de dendzeiro da mesma variedade tenera. Nestes, a diferenciação floral ocorreu aos 24 meses de campo.

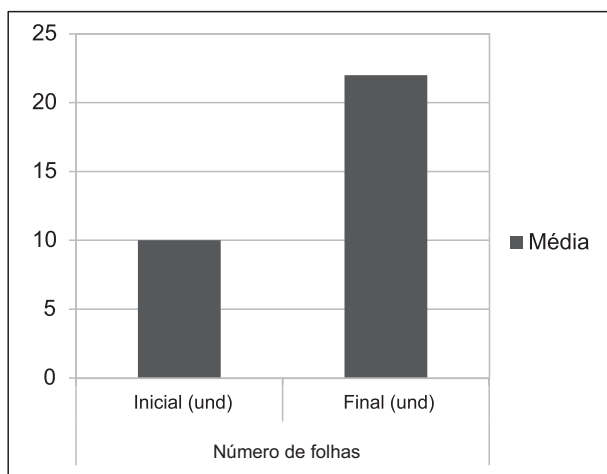
## Resultados e discussão

Nos Gráficos 6 e 7 são apresentados dados de crescimento inicial da palma de óleo.



**Gráfico 6**  
Altura da planta (m) e circunferência do tronco (cm) em plantas de palma de óleo irrigadas com água salina no semiárido da Bahia

Fonte: Elaboração própria.



**Gráfico 7**  
Número de folhas em plantas de palma de óleo no semiárido da Bahia

Fonte: Elaboração própria.

Nos Gráficos 4 e 5 são apresentados detalhes da unidade de observação.

Os dados da Figura 8 e Gráfico 5 demonstram que, aos 17 meses de campo (510 dias), a palma de óleo irrigada com água salina nas condições do semiárido da Bahia atingiu os seguintes índices:

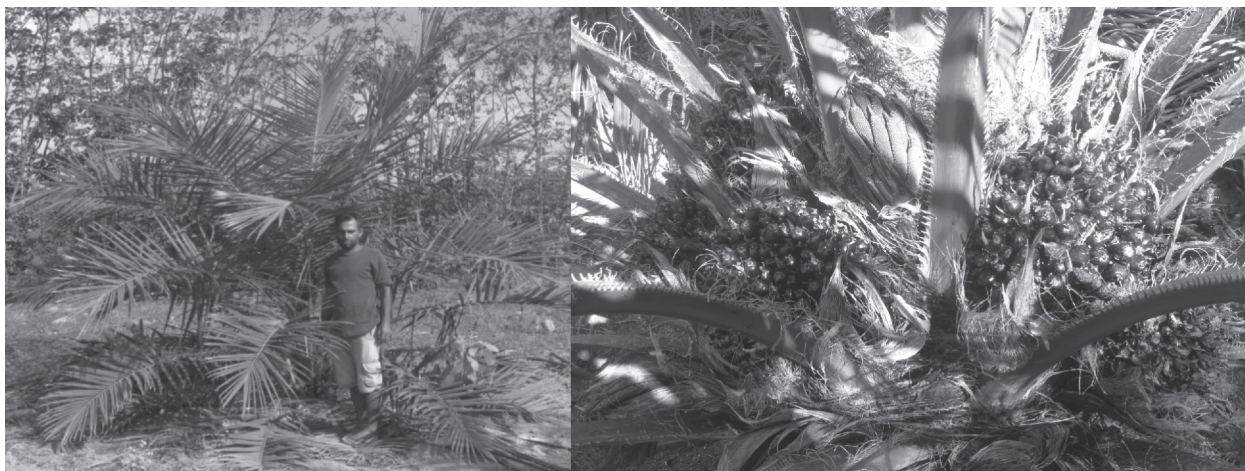
- taxa de crescimento em altura: 2650  $\mu\text{m}/\text{dia}$ ;
- taxa de crescimento da circunferência do tronco: 1160  $\mu\text{m}/\text{dia}$ ;
- taxa de foliação: uma folha a cada 39 dias;
- relação taxa de crescimento em altura / taxa de crescimento da circunferência do tronco: 2,3;
- diferenciação floral aos 24 meses após o plantio definitivo, sugerindo precocidade em relação à região tradicional;
- ausência de registro da ocorrência de pragas e doenças;
- crescimento alcançado nas condições semiáridas e irrigação com água salina superiores àqueles obtidos nas regiões tradicionais de cultivo do dendê;
- salinidade aparentemente inócua ao desempenho da planta, sugerindo que a palma de óleo tem relativa tolerância à salinidade;
- o sistema de gotejamento com duas fileiras de tubo gotejador por fileira de planta mostrou ser uma alternativa viável nas condições do estudo.

## TOLERÂNCIA À SALINIDADE DE DIFERENTES ESPÉCIES E GENÓTIPOS

De todas as espécies frutíferas perenes cultivadas pelos agricultores do Distrito de Irrigação do Jacuípe, a goiabeira (*Psidium guajava*) demonstrou ser a que melhor se adapta às condições de alta salinidade. Esse cultivo não revela sintomas visuais de toxidez de sais e possui alto vigor vegetativo e reprodutivo, sugerindo que a goiabeira é uma planta que tolera muito bem a alta salinidade (Figura 6).

O limão-taiti (*Citrus latifolia*), considerado uma planta que apenas suporta água de baixa salinidade ( $\text{CE}=1,1-1,4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ), tem demonstrado tolerância à salinidade e aos efeitos de íons tóxicos, com um crescimento vigoroso, muito além do esperado para a espécie. Assim como a goiabeira, não há aparente sintoma visual de toxidez.





**Figura 5**  
Plantas de palma de óleo em início de produção no semiárido da Bahia, irrigadas com água salina nas condições do Distrito de Jacuípe, Várzea da Roça (BA)

Foto: Diógenes Santos.

A romãzeira (*Punica granatum L.*) está sendo testada com utilização de água salina, revelando bons resultados (Figura 7). Essa espécie é considerada como moderadamente tolerante a sais. As pesquisas indicam que as antocianinas da romãzeira têm maior concentração de atividades antioxidantes do que as da vitamina E (alfa tocoferol), da vitamina C (ácido ascórbico) ou do betacaroteno (BHANTANA; LAZAROVITCH, 2009). Além disso, o suco de romã possui três vezes mais atividades antioxidantes que o chá verde e o vinho. As

antocianinas são compostos fenólicos que contribuem para a coloração vermelha, azul e rosa das frutas, sendo também responsáveis pela atividade antioxidante dessa fruta.

O Brasil não possui tradição no cultivo dessa fruta, embora haja pesquisas em andamento realizadas pela Embrapa. Nas condições do Distrito de Irrigação do Jacuípe, plantas de romãzeira irrigadas por gotejamento estão em início de produção com apenas 30 meses após o plantio definitivo (PITOMBO, 2012). Análises das antocianinas (Tabela 5)



**Figura 6**  
Plantas de limão-taiti e de goiabeiras no semiárido da Bahia, irrigadas com água salina nas condições do Distrito de Jacuípe, Várzea da Roça (BA)

Foto: Diógenes Santos.





**Figura 7**  
Fruto da romãzeira e planta em floração no semiárido da Bahia, irrigados com água salina nas condições do Distrito de Jacuípe, Várzea da Roça (BA)

Foto: Diógenes Santos.

presentes nas amostras de romã colhidas em 2012 em lote do produtor do Distrito de Jacuípe foram realizadas pela Embrapa Tecnologia de Alimentos, tendo sido obtidos os seguintes resultados:

Os resultados revelam que os valores obtidos estão dentro da faixa estudada por Ali Tehranifar e outros (2010), que avaliaram as propriedades de 20 cultivares de romã originários do Irã. A romãzeira possui futuro promissor para se tornar uma opção rentável para a fruticultura do semiárido brasileiro.

## CONCLUSÃO

Diante dos resultados de pesquisa obtidos até o momento e das observações realizadas em campo nas condições do Distrito de Irrigação do Jacuípe, conclui-se que a água do Lago de São José

do Jacuípe utilizada para irrigação pelo Distrito de Jacuípe apresenta tendência crescente de variação dos valores de condutividade elétrica e do teor de sais dissolvidos totais. É classificada como salina e medianamente sódica, portanto só pode ser utilizada para cultivo de plantas moderadamente tolerantes à salinidade. São consideradas plantas moderadamente tolerantes a sais o abacaxizeiro, a romãzeira (*Punica granatum*) e a oliveira (*Olea europea*). Sob a ótica da concentração dos sais dissolvidos totais, somente é possível utilizá-la em plantas altamente tolerantes a sais. Plantas perenes reconhecidamente tolerantes à salinidade são: coqueiro (*Cocus nucifera*), tamareira (*Phoenix dactylifera*) e jojoba (*Simmondsia chinensis*).

Nas condições apresentadas neste trabalho, o desenvolvimento do cacaueteiro (*Theobroma cacao*) e do limoeiro (*Citrus latifolia*), que são plantas

**Tabela 5**  
Antocianinas em miligramas por 100 g de amostra de frutos de romã

Identificação da amostra	Delfinidina-3-5 diglicosídeo	Cianidina-3-5-diglicosídeo	Delfinidina-3-5 diglicosídeo	Pelargonidina-3-5-diglicosídeo	Cianidina-3-5-diglicosídeo	Pelargonidina-3-5-diglicosídeo
Romã (suco)	1,52	1,45	3,00	ND	7,74	0,39
Romã (cascaliofilizada)	ND	8,28	ND	ND	61,53	10,71

Fonte: Embrapa Tecnologia de Alimentos (2012).

Legenda: ND - Não detectado.

Nota: Antocianinas totais no suco: 14,10 mg/100 g amostra.

reconhecidas como sensíveis à salinidade, parece sugerir que ambos desenvolveram mecanismos de resistência e/ou tolerância à salinidade e que merecem ser melhor investigados. A goiabeira (*Psidium guajava*) comporta-se como uma planta tolerante à salinidade.

O desenvolvimento alcançado pela palma de óleo (*Elaeis guineensis*) sugere que a espécie tem potencial para exploração no semiárido para a produção de biodiesel e que aparentemente é tolerante à salinidade, podendo ser irrigada com água marginal, de baixa qualidade, tal como ocorre com a tamareira no Oriente Médio, que é largamente irrigada com águas residuárias (águas servidas).

É relevante considerar o uso de águas marginais, seja salina ou residuária, diante de um cenário de escassez de água severo. Portanto, tornam-se necessários esforços para o desenvolvimento de pesquisas, bem como de tecnologias que possibilitem conhecer e alterar favoravelmente esse cenário de escassez de água.

O estudo revelou que há potencial para a produção de plantas perenes com utilização de água salina nas condições do semiárido da Bahia. Para tanto, deve ser posta em pauta a revisão dos paradigmas que restringem o cultivo de plantas perenes no semiárido.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. F. de A.; VALLE, R. R. Ecophysiology of cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 425-448, 2007.
- ALVIM, P. de T. *Ecologia do cacauero*: plano de recuperação econômico-rural da lavoura cacauera. Itabuna: Centro de Pesquisa do Cacau, [19??].
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. S. *A qualidade da água na agricultura*. Tradução de H. R. Gheyi, J. F. de Medeiros, F. A. V. Damasceno. Campina Grande, PB: UFPB. 1991. 218 p.
- BOHN, H.L., J. BEN-ASHER, H.S. TABBARA, AND M. MARWAN. 1982. Theories and tests of electrical conductivity in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:1143–1146.
- CARR, M. K. V. *Advances in irrigation agronomy*: plantations crops. New York: Cambridge University Press, 2012. 360 p.
- CARR, M. K. V.; LOCKWOOD, G. The water relations and irrigations requirements of cocoa (*Theobroma cocoa*, L): a review. *Experimental Agriculture*, [S.l.], v. 47, n. 4, p. 1-24, oct. 2011.
- CORDEIRO, G. G. *Qualidade de água para fins de irrigação: conceitos básicos e práticos*. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2001. 32 p.
- CORLEY, R. H. V. Potential productivity of tropical perennial crops. *Experimental Agriculture*, [S.l.], v. 19, n. 3, p.217-237, July, 1983.
- DICZBALIS, Y. et al. *Producing cocoa in northern Australia*. [S.l.]: Rural Industries Research and Development Corporation, 2010. 279 p.
- FONTES, Andréa Sousa. *Vulnerabilidade à salinização das águas superficiais da Bacia do Rio Jacuípe por meio de traçadores ambientais*. 2008. Dissertação ( )–Pós-graduação em Geofísica, Instituto de Geociências da UFBA, Salvador, 2008.
- GATTWARD, James Nascimento. *Trocas gasosas e composição mineral em folhas de mudas clonais de Theobroma cacao L. submetidas à substituição parcial de potássio por sódio no solo*. 2010. 50 f. Dissertação (Mestrado)–Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 2010.
- HARGREAVES, G. H. *Potential evapotranspiration and irrigation requirements for northeast Brazil*. [S.l.]: Utah State University, 1974.
- HYDROS ENGENHARIA E PLANEJAMENTO S.A. Projeto de Irrigação do Jacuípe. [Salvador]: Hydros Engenharia e Planejamento S.A., 1988. v. 2. (Caracterização climática, estudos geológicos e geomorfológicos, estudos hidrológicos e pedológicos).
- HUAN, L. K.; YEE, H. C; WOOD, B. J. Irrigation of cocoa on Coastal Soils in Peninsular Malaysia. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON COCOA AND COCONUT, PROGRESS AND OUTLOOK. [Anais...] Kuala Lumpur, Malaysia: [s.n.], 15-17 Oct. 1984.
- LEITE, J. B. V.; MARTINS, A. B. G.; SODRE, G. A. É possível produzir cacau em regiões semiáridas? Quebrando um paradigma. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 15., 2006, San Jose, Costa Rica. [Anais...] San Jose, Costa Rica: [s.n.], 9-10 Nov, 2006.
- LINHARES E MESTRINHO, INGÁ apud FONTES (2008) encontraram respectivamente concentração de cloreto (Cl<sup>-</sup>) 500 mg.L<sup>-1</sup> e cloretos de 540 a 605 mg.L<sup>-1</sup>.
- MACEDO, J. L. V. de. et al. Sistema de produtivo de dendê para a produção de biodiesel. In: CASTRO, Antonio Maria Gomes de; LIMA, Suzana Maria Valle; SILVA, João Flávio Veloso. (Ed.). *Complexo agroindustrial do biodiesel no Brasil*: competitividade das cadeias produtivas de matérias-primas.

Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2010. 712 p.

MACIEL, F. C. da S. et al. Produção de palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) na fase juvenil em ambiente de savana de Roraima. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 5.; CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURA E BIODIESEL; BIODIESEL: INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 8., 2012, Salvador. *Anais...*, Salvador: Pedro Castro Neto;Lavras; UFLA, 16 a 19 abr. 2012a.

MACIEL, C. da S. et al. Produção de palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), na fase juvenil em ambiente de mata alterada no sul de Rondônia. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 5.; CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURA E BIODIESEL; BIODIESEL: INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 8., 2012, Salvador. *Anais...*, Salvador: Pedro Castro Neto;Lavras; UFLA, 16 a 19 abr. 2012b.

NOGUEIRA, R.I. Caracterização das antocianinas da romã da Bahia. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro (RJ). 2012.2p.

PARANYCHIANAKIS, N. V.; CHARTZOULAKIS, K. S. Irrigation of Mediterranean crops with saline water: from physiology to management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environmental*, [S.l.], v. 106, n. 2/3, Apr. p. 171-187, 2005.

PITOMBO, J. P. De olho no mercado europeu, produção de romã desponta no semiárido baiano. *Jornal A Tarde*, Salvador, 18 jun. 2012. Caderno de Agronegócio.

RICHARDS, L. A. (Ed.). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: USDA, 1954. 160 p. (Agriculture Handbook, 60).

SANTOS, D. M. B. Cultivo do dendezeiro (*Elaeis guineensis* jacq.) irrigado com água salina no semiárido brasileiro para a produção sustentável de biodiesel. In: FÓRUM DE BIOCOMBUSTÍVEIS DO IFBA, 2., 2012, Simões Filho, BA.

[*Anais...*] Simões Filho, BA: [IFBA], 2012.

SANTOS, D. M. B.; CASTRO NETO, M. T. de. Impacto da irrigação com água salina sobre o crescimento inicial do cacauero BN34 e comum no semiárido da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CACAU, 3., 2012, Ilhéus,BA. *Anais...* Ilhéus, BA: Ceplac, 2012.

\_\_\_\_\_. Respostas de cacaueros PH16 e CCN51 à irrigação por gotejamento com água salina no semiárido da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CACAU, 3., 2012, Ilhéus, BA. *Anais...* Ilhéus, BA: Ceplac, 2012.

\_\_\_\_\_. Respostas do crescimento de plantas jovens de cacau à irrigação com água salina no semiárido baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CACAU, 3., 2012, Ilhéus, BA. *Anais...* Ilhéus, BA: Ceplac, 2012.

\_\_\_\_\_. Respostas do crescimento de plantas jovens de genótipos de cacaueros à irrigação com água salina no semiárido da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CACAU, 3., 2012, Ilhéus, BA. *Anais...* Ilhéus, BA: Ceplac, 2012.

SENTELHAS, P. C. et al. *Balancos hídricos climatológicos do Brasil: 500 balanços hídricos de localidades brasileiras*. Piracicaba, SP: ESALQ, 1999. 1 CD-ROM.

SHINO, J. S.; VISVANATHAN, R.; KOCHUBABU, M. Oil palm fiber (OPF): a review. *Industrial Crops and Products*, [S.l.], v. 33, n. 1, p. 7-22, Jan. 2011.

TEHRANIFAR, A. et al. Investigation of physico-chemical properties and antioxidant activity of twenty Iranian pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, [S.l.], v. 126, n. 2, p. 180-185, Sep. 2010.

WOOD, G. A. R.; LASS, R. A. *Cocoa*. 4th ed. [S.l: s.n], 1984. 620 p.

Artigo recebido em 29 de maio de 2013  
e aprovado em 10 de junho de 2013.





# Avaliação da qualidade das águas do Rio Joanes utilizando o índice IQA-CCME

*Geane Silva de Almeida\**

*Iara Brandão de Oliveira\*\**

\* Mestranda em Engenharia Ambiental Urbana pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e graduada em Engenharia Ambiental pela Faculdade de Tecnologia e Ciências de Salvador (FTC).  
geanesa@ufba.br,  
geane\_19@hotmail.com

\*\* Doutora em Environmental Engineering pela University Of Michigan e mestre em Geofísica pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Professora-associada do Departamento de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFBA. oliveira@ufba.br

## Resumo

Este trabalho avaliou a qualidade da água do Rio Joanes aplicando o índice desenvolvido pelo Canadian Council of Ministers of the Environment, o IQA-CCME, um índice estatístico que estabelece que sejam feitas, pelo menos, quatro amostragens de quatro parâmetros, em cada ponto amostral, e que tem, também, caráter flexível, pois não predefine os parâmetros utilizados no cálculo. A qualidade das águas do Rio Joanes, obtida com o IQA-CCME foi, em geral, mediana, e este resultado é compatível com os resultados do IQA Cetesb obtidos pelo Programa Monitora, do Instituto de Meio Ambiente e Recurso Hídricos do Estado da Bahia, que utilizou vários índices para avaliação da qualidade da água de vários rios do estado. Todos os índices utilizados pelo Programa Monitora, inclusive este último, têm como característica a utilização de uma quantidade limitada de parâmetros específicos.

**Palavras-chave:** Monitoramento. Índice de qualidade. Rio Joanes.

## Abstract

*This study evaluated the water quality of Joanes River applying the index developed by the Canadian Council of Ministers of the Environment, the IQA-CCME, a statistical index which establishes that, at least, four samplings of four parameters, at each sample point, be made; and, also has a flexible characteristic, because does not predefine the parameters used in the calculation. The water quality of Joanes River obtained with the application of the CCME-WQI was generally average, consistent with the result from the IQA CETESB, obtained by the Monitoring Program of the Environmental and Water Resource Institute of the State of Bahia, which used several indexes to evaluate the water quality of many rivers of the state. All indexes used by the Monitoring Program, including the latter, are characterized by the use of a limited quantity of specific parameters.*

**Keywords:** Monitoring, index score, Joanes River.

## INTRODUÇÃO

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 2006), estabelecido pela Lei nº 9.433/97, traça o planejamento estratégico do setor, tendo suas ações executadas pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). O objetivo é estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em qualidade e quantidade, gerenciando as demandas e considerando a água um elemento estruturante para a execução das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social. Diante disso, a gestão das águas superficiais e seu monitoramento são de grande importância para a conservação deste recurso que tem sido comprometido, principalmente, pela alteração de sua qualidade natural.

No monitoramento qualitativo são utilizados vários parâmetros indicadores de qualidade de água para se verificar como estão as condições dos corpos d'água. Tendo em vista o grande número desses parâmetros, com características diferentes, surge a questão de como se proceder para adquirir uma informação consolidada quanto aos problemas de poluição de água em um dado rio ou lago (BRAGA et al., 2005).

O Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema do estado da Bahia desenvolveu o Programa Monitora com o fim de avaliar a evolução espacial e temporal da qualidade das águas de bacias hidrográficas do estado para os diferentes usos. No âmbito da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) do Recôncavo Norte, foi avaliada a qualidade das águas da Bacia do Rio Joanes. A coleta e a análise das amostras foram realizadas pela Área de Meio Ambiente (AMA) do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai)/Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro - Cetind) da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB). Para avaliação da qualidade da água foram analisados vários parâmetros indicadores de

características físico-químicas, nutrientes, parâmetros biológicos, orgânicos, metais e pesticidas, perfazendo, em média, 50 parâmetros.

Para apresentação dos resultados da qualidade da água ao público, o Programa Monitora utilizou índices de qualidade de uso consagrado no Brasil, tais como: Índice de Qualidade de Água (IQA)/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009), Índice de Qualidade das Águas para Fins de Abastecimento Público (IAP) (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL 2009), Índice de Contaminação por Tóxicos (CT) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012), e Índice do Estado Trófico (IET) (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009). Um índice de qualidade da água aparece como uma alternativa para a agregação de parâmetros monitorados em um corpo d'água, consolidando uma informação sobre as condições qualitativas do manancial. Segundo Braga e outros (2005), um índice pode ser definido como "uma média harmônica ponderada de um conjunto de indicadores específicos". A agregação de vários parâmetros em um único resultado facilita, dentre outras coisas, a comunicação sobre a qualidade do corpo d'água em estudo e a sua tendência através dos tempos (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001b; VON SPERLING, 2007).

No monitoramento realizado, nos anos de 2008 e 2009, para avaliar a qualidade da água da bacia dos rios Joanes e Ipitanga, da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) do Recôncavo Norte, analisou-se, em geral, um valor médio de 61 parâmetros relativos a vários usos de solo por campanha, sendo que, para a avaliação da qualidade da água, foram utilizados quatro índices: IQA Cetesb, IAP, IET e CT. Uma das características de todos os índices utilizados pelo Programa Monitora é a quantidade limitada de parâmetros que são utilizados. Do valor médio de 61 parâmetros monitorados, somente 30 são utilizados para o cálculo

desses índices. Desses 30 parâmetros, alguns são utilizados em mais de um índice, conforme se pode constatar no Quadro 1. Neste caso, dos 61 parâmetros monitorados, 31 deles jamais foram utilizados na avaliação de qualidade das águas.

Índices de qualidade	Parâmetros de qualidade
IQA	Temperatura, pH, Oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de Oxigênio, <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes, Nitrogênio total, Fósforo total, sólidos totais e turbidez.
IAP	Temperatura, pH, Oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de Oxigênio, <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes, Nitrogênio total, Fósforo total, sólidos totais, turbidez, Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre, Zinco, Cádmio, Chumbo, Cromo total, Mercúrio, potencial de formação de Trihalometanos, número de células de cianobactérias (ambiente lântico) e Níquel.
IET	Clorofila a e Fósforo total.
CT	Cobre total, Cobre dissolvido, Zinco total, Cádmio total, Chumbo total, Cromo total, Cromo hexavalente, Mercúrio total, Amônia, Arsênio total, Bário total, Cianeto livre, fenóis totais, Nitrito e nitratos.

**Quadro 1**  
Parâmetros de qualidade medidos nos índices de qualidade de água

Fonte: Adaptado da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesp) (2012).

Além de não utilizar a totalidade dos parâmetros monitorados, a avaliação da qualidade da água utilizando o índice IQA-Cetesp apresenta limitações, por não incorporar vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2012).

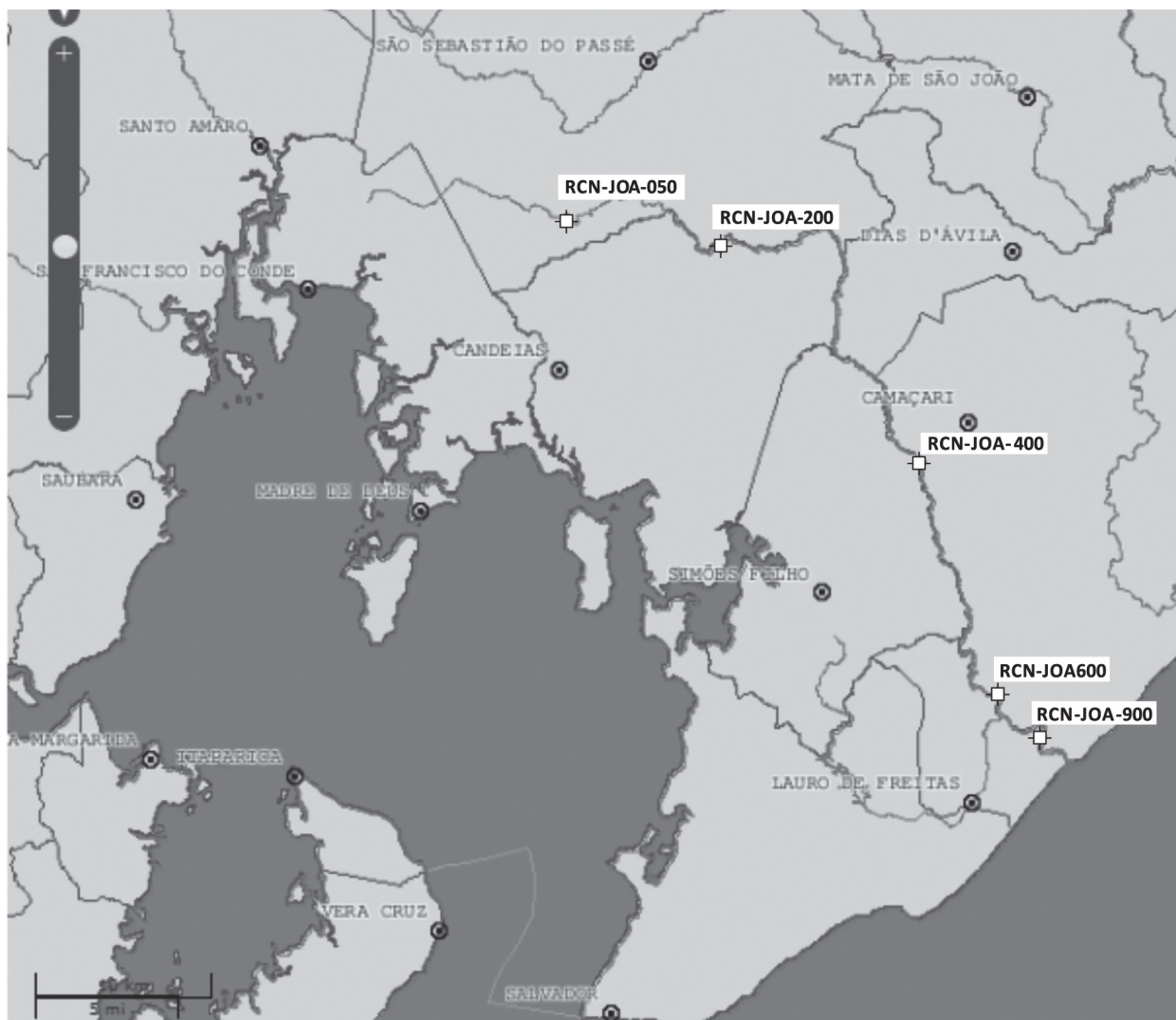
O IQA desenvolvido pelo Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) é um índice que, além de agregar os resultados de vários parâmetros em um único número, não impõe definições quanto a estes parâmetros, possibilitando a verificação da qualidade da água para diferentes objetivos pretendidos, considerando também as características do corpo d'água avaliado (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001a). Assim como outros índices, o IQA-CCME é

uma ferramenta que objetiva tornar mais simples a apresentação dos resultados de qualidade de água. A grande vantagem do IQA-CCME é que os parâmetros, os padrões e o período de tempo utilizado para o cálculo deste índice não são especificados, o julgamento profissional deve determinar quais parâmetros devem ser incluídos para resumir de forma mais adequada a qualidade da água em uma determinada região. Dessa forma, a sua utilização torna-se favorável nas diferentes regiões e respectivas condições locais. Entretanto, por ser um índice estatístico, exige um mínimo de quatro campanhas de monitoramento e de quatro parâmetros analisados em cada ponto amostral. Ao gestor do monitoramento resta a escolha dos parâmetros que se coadunem com os objetivos e em número suficiente para dar informações relevantes sobre um determinado local. Logo, antes de o índice ser calculado, precisam ser definidos para o corpo de água em análise, o período de tempo, as variáveis e os objetivos do monitoramento (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001b).

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade das águas do Rio Joanes, em pontos monitorados pelo Programa Monitora, nos anos de 2008 a 2011, por meio do IQA-CCME.

## ÁREA DE ESTUDO

O Rio Joanes é o principal da bacia hidrográfica que leva o seu nome, localizada na Região Metropolitana de Salvador (RMS), dentro da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) Recôncavo Norte. Possui uma área de drenagem de 1200 km<sup>2</sup> e formato alongado no sentido SE-NW (COSTA, 2007). Nasce na Fazenda Campinas, a 2,5 km da cidade de São Francisco do Conde e deságua na costa litorânea do município de Lauro de Freitas (Cartograma 1). Seus principais afluentes são os rios Ipitanga e Jacarecanga, tendo à sua margem esquerda os rios Uberaba, Lamarão, Sucuricanga e Bandeira, e, à margem direita, os rios Imbirussu,



**Cartograma 1**  
Pontos monitorados ao longo do Rio Joanes (RCN-JOA-050; RCN-JOA-200; RCN-JOA-400; RCN-JOA-600; N-JOA-900)

Fonte: GeoBahia (2013).

Bonessu, Petecada, Jacarecanga, Itaboata, Muriqueira e Ipitanga e o riacho São Francisco (BAHIA, 2009b).

Na Bacia do Rio Joanes predomina o clima tropical úmido, com índice pluviométrico médio anual variando de 1.400 a 2.000 mm/ano, da porção norte para o sul da bacia, sendo o período chuvoso concentrado nos meses de outono e inverno, entre março e agosto (COSTA, 2007), com uma temperatura média anual variando entre 23 e 25°C (BAHIA, 2009b). O balanço hídrico mensal indica

valores médios de evaporação de 80 mm/mês. A umidade relativa do ar durante todo o ano é acima de 80%, e a direção predominante dos ventos é para leste (COSTA, 2007).

As vegetações identificadas na Bacia do Rio Joanes são: cerrado-restinga, gramíneo-lenhosa, restinga, floresta ombrófila densa e manguezais. Nessa bacia também há uma área de proteção ambiental, a APA Joanes-Ipitanga. Quanto à geomorfologia e geologia, a RPGA Recôncavo Norte possui como características geológicas: arenito,



arenito conglomerático e argilito arenoso. Seus solos são classificados como: argissolo vermelho-amarelo distrófico, argissolo vermelho-amarelo eutrófico, latossolo vermelho-amarelo distrófico, neossolo quartzarênico, espodossolo hidromórfico, gleissolo háplico, gleissolo háplico eutrófico, latossolo amarelo distrófico, neossolos litólicos eutróficos, neossolos regolíticos eutróficos, planossolo háplico eutrófico solódico e vertissolos. Os tipos de relevo são: mares de morro, formas de dissecação e aplanamentos embutidos, tabuleiros interioranos, pediplano sertanejo, pedimentos funcionais ou retocados por drenagem incipiente e tabuleiros (BAHIA, 2009b).

O ponto de coleta RCN-JOA-050 (lat. sul 12°35'31,8" e long. oeste 38°32'27,4") está localizado em São Sebastião do Passé, sob a ponte na BA-512, onde há um cruzamento da adutora de água da Embasa com os dutos da Petrobras, em ambiente lótico. A vegetação predominante identificada no entorno é característica da Mata Atlântica. No entanto, a mata ciliar apresentou-se modificada, composta por gramíneas, bambuzal, espécies herbáceas e arbustivas (BAHIA, 2010b).

O ponto de coleta RCN-JOA-200 está localizado em Lamarão (lat. sul 12°36'20,8" e long. oeste 38°27'31,8"), a jusante da confluência com o Rio Uberaba, sob a ponte de ferro, após estação da Petrobras, em ambiente lótico. Foi identificada ocorrência de erosões nas margens e assoreamento no leito do rio, a jusante do ponto amostral. A vegetação característica da região é a floresta ombrófila densa, porém, nas margens do rio, a montante e a jusante do ponto de amostragem, foi observada ausência de mata ciliar. Observou-se também que o entorno do local de coleta é composto por pasto (BAHIA, 2010b).

O ponto de coleta RCN-JOA-400 está localizado na zona rural do município de Camaçari (lat. sul 12°43'7,8" e long. oeste 38°21'15,5"), em ambiente lótico. A vegetação da região é característica da Mata Atlântica, com mata ciliar apresentando-se preservada, composta por coqueirais e espécies arbustivas e arbóreas (BAHIA, 2010b).

O ponto de coleta RCN-JOA-600 está localizado em Lauro de Freitas (lat. sul 12°50'22,4" e long. oeste 38°18'46,9"), dentro do Condomínio Águas do Joanes, a jusante da barragem Joanes I, em ambiente lótico. A vegetação característica da região é a floresta ombrófila densa com mata ciliar preservada, composta por espécies arbóreas e arbustivas. Na margem direita do rio, a montante e a jusante do ponto de monitoramento, foram verificados sinais de erosão do solo (BAHIA, 2010b).

O ponto de coleta RCN-JOA-900 está localizado no estuário do Rio Joanes, na zona urbana do município de Lauro de Freitas (lat. sul 12°51'44,2" e long. oeste 38°17'26,0"), sob a ponte na BA-099 (Estrada do Coco), em ambiente lótico. Foi identificada uma vegetação de formações pioneiras com influência marinha. A mata ciliar apresentou-se preservada nas duas margens do rio, sendo que, na margem esquerda, verificou-se uma área de manguezal. Foi identificado lançamento de efluentes sanitários na margem direita do rio, a montante do ponto de monitoramento (BAHIA, 2010b).

## MODELO CONCEITUAL DO IQA-CCME

O IQA-CCME, assim como os outros índices, é uma ferramenta que objetiva tornar mais simples os resultados de qualidade de água. Por sua vez, nenhum índice pode substituir uma análise mais detalhada dos dados de monitoramento ambiental, nem deve ser usado como a única ferramenta para a gestão de corpos hídricos (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001a).

O corpo d' água a que o índice será aplicado pode ser definido por uma estação ou por um número de estações diferentes, por exemplo, diferentes pontos ao longo de um lago. As estações individuais funcionam bem, porém, somente se houver dados suficientes disponíveis para elas. Quanto mais as estações forem combinadas, mais gerais as conclusões serão (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001b).

O período de tempo escolhido dependerá da quantidade de dados disponíveis e dos requisitos de comunicação do utilizador. Um período mínimo de um ano é, frequentemente, utilizado porque os dados são normalmente coletados para refletir este período (mensal ou dados de monitoramento trimestrais). Os dados de anos diferentes podem ser combinados, especialmente quando o monitoramento em alguns anos é incompleto. Porém esta combinação pode implicar em perda de certo grau de variabilidade. (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001b).

O IQA-CCME é baseado em uma fórmula desenvolvida pela British Columbia Ministério do Meio Ambiente, Terras e Parques e modificada pela instituição Alberta Meio Ambiente. A aplicação desta fórmula produz um número entre 0 (pior qualidade de água) e 100 (melhor qualidade de água). Estes números são divididos em cinco categorias descritivas para simplificar a apresentação, conforme demonstrado na Tabela 1 (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2001b).

IQA-Cetesb; as escalas *marginal/mediana* do IQA-CCME coincidem com o *bom* do IQA-Cetesb, e a escala *ruim* do IQA-CCME coincide com a escala *regular* do IQA-Cetesb. Assim, em muitas ocasiões, a designação de qualidade pelo índice do IQA-CCME pode ser mais restritiva (menor qualidade) do que a do IQA-Cetesb.

## RESULTADOS

O Cartograma 1 apresenta os cinco pontos do Rio Joanes aos quais se aplicou a metodologia do IQA-CCME para avaliação da qualidade das águas. Os parâmetros obtidos pelo Programa Monitora, no período de 2008 a 2011, foram escolhidos para atender ao mínimo exigido de quatro campanhas.

Nos quadros 3 a 7 os parâmetros apresentados satisfizeram a condição de ter padrão de referência estabelecido em legislação para a água doce, classe 2. Segundo a Resolução Conama nº 357/05,

Tabela 1 Escala de categorias do CCME WQI				
Categoria	Faixa de valor	Qualidade da água	Ameaça de impacto	Condições da água
Excelente	95-100	Protegida	Ausente	Muito próximas aos níveis naturais
Bom	80-94	Protegida	Pequeno grau	Raramente divergem dos níveis naturais ou desejáveis
Mediana	65-79	Normalmente é protegida	Ocasionalmente ameaçada ou danificada	Às vezes afastam-se dos níveis naturais ou desejáveis
Marginal	45-64	Frequentemente ameaçada ou prejudicada	Frequentemente ameaçada ou prejudicada	Frequentemente afastam-se dos níveis naturais ou desejáveis
Ruim	0-44	Quase sempre ameaçada ou prejudicada	Quase sempre ameaçada ou prejudicada	Geralmente afastam-se dos níveis naturais ou desejáveis

Fonte: Compilado de Oliveira e outros (2012).

A fórmula do IQA-CCME incorpora três fatores: o alcance (F1), a frequência (F2) e a amplitude (F3), os quais são apresentados na Tabela 2.

O comparativo das escalas de notas de qualidade, da classificação e das cores entre os índices IQA-CCME e IQA-Cetesb é mostrado no Quadro 2. Como pode se observar, as escalas *bom/excelente* do IQA-CCME coincidem com a *ótima* do

para corpos d'água não enquadrados são adotados os padrões estabelecidos para esta classe (BRASIL, 2005). Nos quadros 3-7 são apresentados os parâmetros avaliados nos pontos RCN-JOA-050, RCN-JOA-200, RCN-JOA-400, RCN-JOA-600 e RCN-JOA-900, respectivamente, identificados segundo os critérios: conformes (cinza escuro) e não conformes (cinza claro).

**Tabela 2**  
**Cálculo dos fatores e do IQA-CCME**

Cálculo dos Fatores	Equação	Descrição
$F_1$ (alcance)	$F_1 = \frac{N^{\circ} \text{ de variáveis falhas}}{N^{\circ} \text{ total de variáveis}} \times 100$	Representa a porcentagem de parâmetros em não conformidade com os seus objetivos, em relação ao número total de variáveis medidas
$F_2$ (frequência)	$F_2 = \frac{N^{\circ} \text{ de testes falhos}}{N^{\circ} \text{ total de testes}} \times 100$	Representa a porcentagem de testes individuais que não atendem aos seus objetivos
$F_3$ (amplitude)	Representa o valor pelo qual os testes falhos não alcançam os seus objetivos (ou amplitude) e é calculada em três passos: discrepância; soma normalizada das discrepâncias e a amplitude. A discrepância é calculada tantas vezes quando uma concentração individual é maior do que o objetivo (ou, menor que, quando o objetivo é um mínimo) (CCME, 2001b, f.3):	
Discrepância	$Discrepância_i = \left( \frac{\text{Valor do teste falho}_i}{\text{Objetivo}_i} \right) - 1$	Usa-se quando o valor de teste não deve exceder o objetivo (mas excedeu)
Discrepância	$Discrepância_i = \left( \frac{\text{Objetivo}_i}{\text{Valor do teste falho}_i} \right) - 1$	Usa-se quando o valor do teste não deve ser inferior ao objetivo (mas foi inferior)
$S_{nd}$	$S_{nd} = \sum_{i=1}^n \frac{Discrepância_i}{N^{\circ} \text{ total de testes}}$	A soma normalizada das discrepâncias mede o impacto dos testes individuais não conformes. É calculado somando-se as discrepâncias dos testes individuais divididas pelo número total de testes
$F_3$	$F_3 = \left( \frac{S_{nd}}{0,01 S_{nd} + 0,01} \right)$	É calculado utilizando-se uma função assintótica para a soma normalizada das discrepâncias (Nse) que permite obter uma variação numérica entre 0 e 100 (CCME, 2001b, f.4)
IQA-CCME	$IQA - CCME = 100 - \left[ \frac{\sqrt{(F_1)^2 + (F_2)^2 + (F_3)^2}}{1,732} \right]$	Toma-se a soma dos quadrados de cada fator para o cálculo do quadrado do índice, como se fossem vetores, corrigindo-se para o fator 3 do radicando. Com este modelo, as mudanças no índice ocorrem em proporção direta com alterações em todos os três fatores (CCME, 2001b)

Fonte: The Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001b.

NOTAS	0	19	20	36	37	44	45	51	52	64	65	79	80	94	95	100
IQA-CCME	RUIM				MARGINAL				MEDIANA			BOM		EXCELENTE		
IQA-CETESB	IMPRÓPRIA			REGULAR				BOM				ÓTIMA				

**Quadro 2**
**Escalas de qualidade para os índices IQA-CCME e IQA-Cetesb**

Fonte: Oliveira et al (2012).

Os resultados apresentados nos quadros 3-7 mostram que os parâmetros que sofreram violação de qualidade foram: pH, STD, OD, DBO, Fósforo total, coliformes termotolerantes, fenóis totais, Alumínio solúvel, Ferro solúvel, Manganês total, surfactantes.

Cada um desses parâmetros tem diferente comportamento e impacto na qualidade das águas, como descrito em Brasil (2006). O pH influencia na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e

de definir o potencial de toxicidade de vários elementos. As alterações de pH podem ser de origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antrópicas (despejos domésticos e industriais). O STD na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos), afetando a qualidade organoléptica da água.

O OD pode variar devido a processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. A dissolução de gases na água sofre a

influência de distintos fatores ambientais (temperatura, pressão, salinidade) (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

A DBO indica a demanda de oxigênio por parte das bactérias, necessária para estabilizar a matéria orgânica em uma amostra de água. Esse parâmetro é um indicador da presença de matéria orgânica na água, podendo atingir valores bem elevados em corpos d'água, sujeitos a poluição orgânica decorrente do recebimento de esgotos domésticos ou de

criatórios de animais (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

O Fósforo na água pode estar relacionado a processos naturais (dissolução de rochas, carregamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas). O Fósforo é o nutriente mais importante para o crescimento de plantas aquáticas, porém, se o crescimento ocorre em excesso, ocorre a eutrofização do corpo d'água, prejudicando

Ano	2008				2009				2010		2011
Campanhas	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	1ª
Ponto	RCN-JOA-050										
<b>Físico-químicos</b>											
pH											
Turbidez	-										
STD (sólidos totais dissolvidos)	-				-		-		-		-
Oxigênio dissolvido											
Sulfato	-		-	-	-		-		-		-
DBO											
<b>Nutrientes</b>											
Nitrogênio nitrato											
Nitrogênio amoniacal	-		-		-		-		-		-
Fósforo total											
<b>Biológicos</b>											
Coliformes termotolerantes											
Clorofila a	-		-						-		
<b>Orgânicos</b>											
Fenóis totais	-		-		-		-		-		-
Surfactantes	-		-		-		-		-		-
<b>Metais</b>											
Alumínio (Al) solúvel	-		-		-		-		-		-
Ferro (Fe) solúvel	-		-		-		-		-		-
Manganês (Mn) total	-		-		-		-		-		-
Arsênio (As) total	-		-		-		-		-		-
Chumbo (Pb) total	-		-		-		-		-		-
Mercúrio (Hg) total	-		-		-		-		-		-
Cromo (Cr) total	-		-		-		-		-		-
Bário (Ba) total	-		-		-		-		-		-
Cádmio (Cd) total	-		-		-		-		-		-
Cobre (Cu) solúvel	-		-		-		-		-		-
Níquel (Ni) total	-		-		-		-		-		-
Zinco (Zn) total	-		-		-		-		-		-
<b>Quadro 3</b>											
<b>Parâmetros avaliados (conformes e não conformes) no ponto RCN-JOA-050</b>											

Fonte: Elaboração própria.



os usos da água (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

Os coliformes termotolerantes têm como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal. Esses organismos têm sido largamente utilizados como indicadores de poluição de águas naturais (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais, sendo tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos, bem como aos microrganismos presentes nos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

Ano	2008				2009				2010		2011
Campanhas	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	1ª
<b>Ponto</b>	<b>RCN-JOA-200</b>										
<b>Físico-químicos</b>											
pH											
Turbidez											
STD (sólidos totais dissolvidos)	-		-				-		-		-
Oxigênio dissolvido											
Sulfato	-		-		-		-		-		-
Cianeto livre	-	-	-		-		-		-		-
DBO											
<b>Nutrientes</b>											
Nitrogênio nitrato	-		-		-		-		-		-
Nitrogênio amoniacal	-		-		-		-		-		-
Fósforo total											
<b>Biológicos</b>											
Coliformes termotolerantes											
Clorofila a	-		-						-		
Cianobactérias	-	-	-		-		-		-		-
<b>Orgânicos</b>											
Fenóis totais	-		-		-		-		-		-
Surfactantes	-		-		-		-		-		-
<b>Metais</b>											
Alumínio (Al) solúvel	-		-		-		-		-		-
Ferro (Fe) solúvel	-		-		-		-		-		-
Ferro (Fe) total	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manganês (Mn) total	-		-		-		-		-		-
Arsênio (As) total	-		-		-		-		-		-
Chumbo (Pb) total	-		-		-		-		-		-
Mercúrio (Hg) total	-		-	-	-		-		-		-
Cromo (Cr) total	-		-	-	-		-		-		-
Bário (Ba) total	-		-		-		-		-		-
Cádmio (Cd) total	-		-		-		-		-		-
Cobre (Cu) solúvel	-		-	-	-		-		-		-
Níquel (Ni) total	-		-		-		-		-		-
Zinco (Zn) total	-		-		-		-		-		-
<b>Quadro 4</b>											
<b>Parâmetros avaliados (conformes e não conformes) no ponto RCN-JOA-200</b>											

Fonte: Elaboração própria.

O aumento do Alumínio dissolvido está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. Em pH ácido há uma maior concentração de Alumínio (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

O teor de Ferro nas águas superficiais aumenta nas estações chuvosas devido ao carregamento de solos e à ocorrência de processos

de erosão das margens. A contribuição antropogênica pode resultar de efluente de indústria metalúrgica que pratica a decapagem, ou a atividade de remoção da camada oxidada (ferrugem) das peças antes de seu uso, normalmente feita pela passagem da peça em banho ácido (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

Ano	2008				2009				2010	2011
Campanhas	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	2ª	1ª
<b>Ponto</b>	<b>RCN-JOA-400</b>									
<b>Físico-químicos</b>										
pH-										
Turbidez										
STD (sólidos totais dissolvidos)	-		-				-			-
Oxigênio dissolvido										
Sulfato	-		-		-		-			-
Cianeto livre	-	-	-		-		-			-
DBO										
<b>Nutrientes</b>										
Nitrogênio nitrato	-		-		-		-			-
Nitrogênio amoniacal	-		-		-		-			-
Fósforo total										
<b>Biológicos</b>										
Coliformes termotolerantes										
Clorofila a	-		-							
Cianobactérias	-		-		-		-			-
<b>Orgânicos</b>										
Fenóis totais	-		-		-		-			-
Surfactantes	-		-		-		-			-
<b>Metais</b>										
Alumínio (Al) solúvel	-		-				-			-
Ferro (Fe) solúvel	-		-				-			-
Manganês (Mn) total	-		-				-			-
Arsênio (As) total	-		-				-			-
Chumbo (Pb) total	-		-				-			-
Mercúrio (Hg) total	-		-				-			-
Cromo (Cr) total	-		-				-			-
Bário (Ba) total	-		-				-			-
Cádmio (Cd) total	-		-				-			-
Cobre (Cu) solúvel	-		-				-			-
Níquel (Ni) total	-		-				-			-
Zinco (Zn) total	-		-				-			-
<b>Quadro 5</b>										
<b>Parâmetros avaliados (conformes e não conformes) no ponto RCN-JOA-400</b>										

Fonte: Elaboração própria.

Ano	2008	2009	2010	2011
Campanhas	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
Ponto	RCN-JOA-600			
<b>Físico-químicos</b>				
pH				
Turbidez				
Oxigênio dissolvido				
DBO				
<b>Nutrientes</b>				
Fósforo total				
<b>Biológicos</b>				
Coliformes termotolerantes				
Clorofila a				

**Quadro 6**  
Parâmetros avaliados (conformes e não conformes) no ponto RCN-JOA-600

Fonte: Elaboração própria.

O Manganês ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, podendo também ser originado das atividades antropogênicas, como a das indústrias de processamento da borracha, colas e adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e as siderúrgicas, entre outras. O Manganês e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos. Tanto o Ferro

Ano	2010	2008	2010	2011
Campanhas	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
Ponto	RCN-JOA	600	900	
<b>Físico-químicos</b>				
pH				
Turbidez				
DBO				
<b>Nutrientes</b>				
Fósforo total				
<b>Biológicos</b>				
Coliformes termotolerantes				

**Quadro 7**  
Parâmetros avaliados (conformes e não conformes) no ponto RCN-JOA-900

Fonte: Elaboração própria.

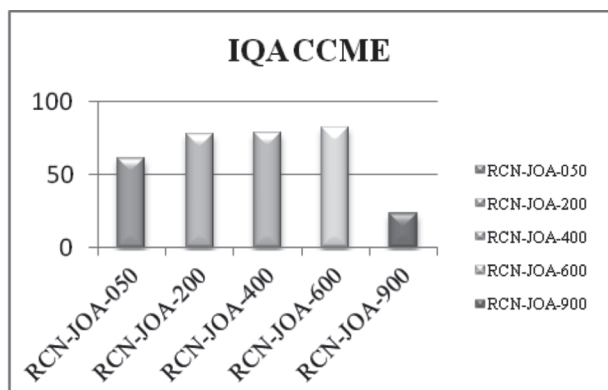
quanto o Manganês não causam maiores danos à saúde humana (BRASIL, 2006).

A concentração de surfactantes nas águas superficiais decorre, em geral, do princípio ativo dos detergentes, o sulfonato de alquil-benzeno de cadeia linear (LAS), composto utilizado como padrão na análise. Além dos esgotos sanitários que possuem detergentes, as indústrias de detergentes descarregam efluentes líquidos com cerca de 2.000 mgL<sup>-1</sup> do princípio ativo. Outras indústrias, incluindo as que processam peças metálicas, também empregam detergentes especiais com a função de

**Tabela 3**  
Resultados do IQA-CCME e do IQA-Cetesb calculados pelo Programa Monitora

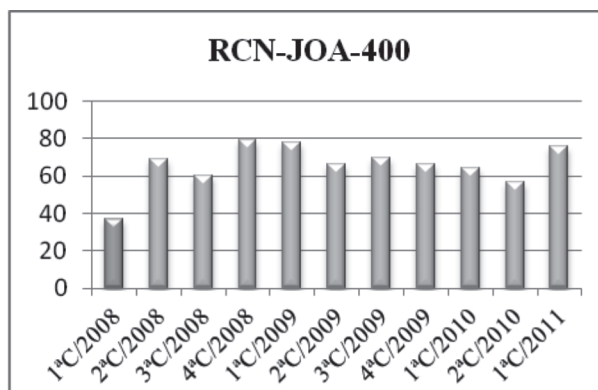
Pontos	RCN-JOA-050		RCN-JOA-200		RCN-JOA-400		RCN-JOA-600		RCN-JOA-900	
Índices	IQA CCME	IQA Cetesb	IQA CCME	IQA Cetesb	IQA CCME	IQA Cetesb	IQA CCME	IQA Cetesb	IQA CCME	IQA Cetesb
2008		69		-		37		33		20
		62		71		69		72		36
		70		60		60		42		28
		75		70		79		50		41
		60		60		78		48		33
	61	57	78	58	79	66	82	24	23	31
2009		65		50		70		69		39
		68		42		66		60		28
		67		59		64		43		34
2010		44		45		57		66		33
2011		70		72		76		71		42

Fonte: Elaboração própria.



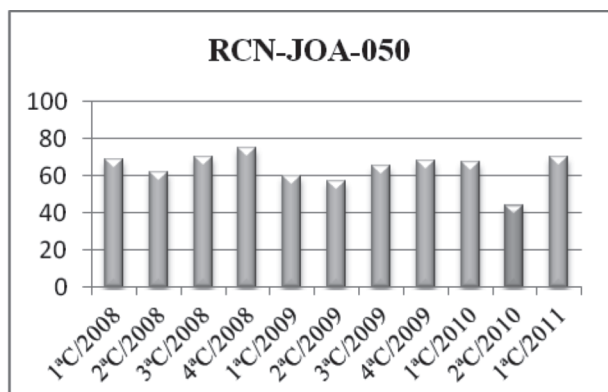
**Figura 1**  
Resultados do IQA-CCME para cinco pontos de amostragem – Rio Joanes

Fonte: Elaboração própria.



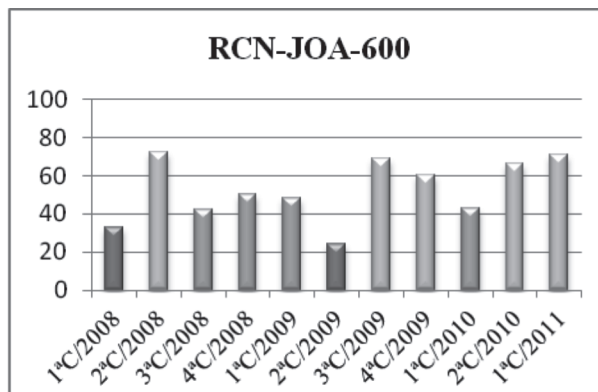
**Figura 4**  
Resultados do IQA-Cetesb para RCN-JOA-400

Fonte: Elaboração própria.



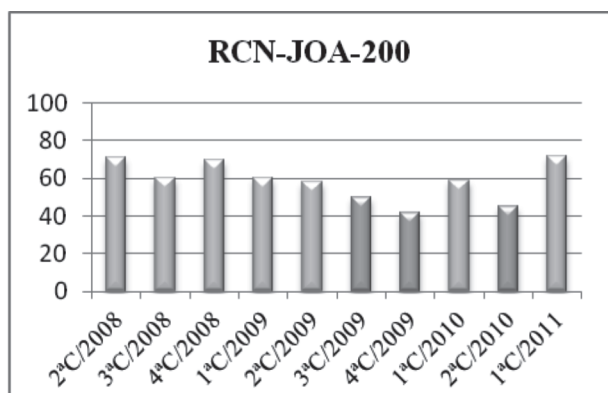
**Figura 2**  
Resultados do IQA-Cetesb para RCN-JOA-050

Fonte: Elaboração própria.



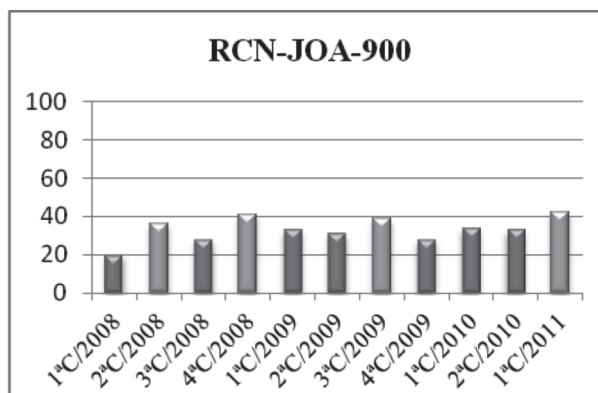
**Figura 5**  
Resultados do IQA-Cetesb para RCN-JOA-600

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 3**  
Resultados do IQA-Cetesb para RCN-JOA-200

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 6**  
Resultados do IQA-Cetesb para RCN-JOA-900

Fonte: Elaboração própria.



desengraxante. As descargas indiscriminadas de detergentes nas águas naturais provocam danos de ordem estética, pela formação de espumas. Além de acelerar a eutrofização, pois a maioria dos detergentes comerciais empregados possui Fósforo em suas formulações. Os detergentes também exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009).

A Tabela 3 apresenta os resultados do IQA-CCME calculados neste trabalho, e os resultados do IQA-Cetesb calculados pelo Programa Monitora. Com base no Quadro 1, com as escalas de nota e semafórica de ambos os índices, IQA-CCME e IQA-Cetesb, observa-se que os resultados estão compatíveis entre si.

Conforme as figuras 1-4 e 6, os resultados obtidos para a qualidade da água nos quatro pontos do Rio Joanes – RCN-JOA-050/200/400 e 900 – apresentaram compatibilidade entre as escalas dos índices IQA-CCME e IQA-Cetesb, sendo que a escala do IQA-CCME, por ser mais restritiva do que a escala do IQA-Cetesb, indicou menor qualidade para as águas, como apresentado no Quadro 2.

Entretanto, para o ponto RCN-JOA-600, não foi identificada a mesma compatibilidade encontrada nos pontos anteriores, em virtude do número reduzido de parâmetros (sete) nas quatro campanhas utilizadas para o cálculo do IQA-CCME, além de que vários resultados não conformes não estiveram incluídos nos sete parâmetros utilizados no cálculo. Assim, o resultado do IQA-CCME é de qualidade superior ao do IQA-Cetesb.

## CONCLUSÕES

O cálculo do IQA-CCME aplicado aos dados de monitoramento das águas do Rio Joanes em 11 campanhas e em cinco pontos de monitoramento distribuídos da nascente até a foz, indicaram, em geral, uma qualidade mediana para estas águas. De

acordo com a definição do CCME, uma água mediana é definida como normalmente protegida, ocasionalmente ameaçada ou danificada, afastando-se às vezes dos níveis naturais ou desejáveis. No ponto RCN-JOA-900, próximo à foz, verificou-se a pior qualidade, indicada tanto com o cálculo do IQA-CCME (ruim = 23), quanto com o cálculo do IQA-Cetesb, que variou de regular (42) a imprópria (20).

A qualidade da água indicada pelos índices IQA-CCME e IQA-Cetesb em quatro pontos do Rio Joanes – RCN-JOA-050, RCN-JOA-200, RCN-JOA-400 e RCN-JOA-900 – apresentou compatibilidade. Entretanto, como a escala do IQA-CCME é mais restritiva do que a escala do IQA-Cetesb, em geral, indica menor qualidade para as águas.

No ponto RCN-JOA-600, a qualidade avaliada pelo IQA-CCME foi superior à qualidade avaliada pelo IQA-Cetesb, provavelmente em virtude do número reduzido de parâmetros (7) medidos em, pelo menos, quatro campanhas que foram utilizadas para o cálculo do IQA-CCME. Além disso, considerando-se os parâmetros selecionados, esse foi o ponto de monitoramento que apresentou menor quantidade de resultados não conformes.

Na avaliação da qualidade das águas do Rio Joanes, os parâmetros fora dos limites de qualidade são, em geral, indicativos de poluição por esgoto sanitário. Entretanto, a presença dos fenóis nos três primeiros pontos de amostragem, no sentido da nascente até a foz, é, provavelmente, um indicador de contaminação por efluentes industriais.

Na comparação da aplicabilidade dos dois índices, IQA-CCME e IQA-Cetesb, verifica-se que o primeiro tem a vantagem de ser flexível (não limita a quantidade máxima nem o tipo de parâmetro escolhido). Entretanto, por ser um índice estatístico, exige a realização de um mínimo de quatro campanhas e a avaliação de um mínimo de quatro parâmetros, deixando de ser calculável para uma única campanha. Nessa situação, o IQA-Cetesb, apesar de inflexível (exige nove parâmetros predefinidos), por ser um índice de cálculo analítico, passa a ser útil no processo de monitoramento.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Portal da qualidade das águas*: índice de qualidade das águas. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em: 17 jun. 2012.
- BRAGA, B. et al. *Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.
- BAHIA. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto de Gestão das Águas e Clima. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: metodologia e significado ambiental dos parâmetros*. Salvador: Senai; Cetind, 2008a.
- \_\_\_\_\_. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: relatórios. 1ª, 2ª, 3ª e 4ª campanhas*. Salvador: Senai; Cetind, 2008b.
- \_\_\_\_\_. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: metodologia e significado ambiental dos parâmetros*. Salvador: Senai; Cetind, 2009a.
- \_\_\_\_\_. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: relatórios. 1ª, 2ª, 3ª e 4ª campanhas*. Salvador: Senai; Cetind, 2009b.
- \_\_\_\_\_. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: metodologia e significado ambiental dos parâmetros*. Salvador: Senai; Cetind, 2010a.
- \_\_\_\_\_. *Programa Monitora: Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia: rels. 1ª e 2ª campanhas*. Salvador: Senai; Cetind, 2010b.
- BAHIA. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Relatório região de planejamento e gestão das águas Recôncavo Norte*. Salvador: INEMA, 2011. v. 2.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial da União DOU*, Brasília DF, 09 de jan. de 1997, Seção 1, p. 470-474.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 2.914, 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 14 dez. 2011
- COSTA, A. B. et. al. Avaliação do padrão da composição isotópica de águas na Bacia do Rio Joanes: implicações para a interação entre águas superficiais e subterrâneas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* [S.l.], v. 12, p. 211-219, 2007.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2009*. São Paulo: Cetesb, 2009. 310 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/49-publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em: 20 Jun. 2012
- \_\_\_\_\_. *Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2012*. São Paulo: Cetesb, 2013. 370 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/49-publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em: 6 jul. 2013.
- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0*, Technical Report. Canadá: CCME, 2001a. 13 f. Disponível em: <[http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi\\_techrprftcst\\_e.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi_techrprftcst_e.pdf)>. Acesso em: 5 jun. 2012.
- \_\_\_\_\_. *Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual*. Canadá: CCME, 2001b. 5 f. Disponível em: <[http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi\\_techrprftcst\\_e.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi_techrprftcst_e.pdf)>. Acesso em: 9 jun. 2012b.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. *Plano Nacional de Recursos Hídricos: síntese executiva*. Brasília: MMA, 2006.
- GEOBAHIA. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Mapa interativo. Disponível em: <<http://geobahia.inema.ba.gov.br/geobahia5/interface/openlayers.htm?r2n8shod54natbu5cnp4rfmv04>>. Acesso em: 23 abr. 2013.
- OLIVEIRA, I. B. et al. Avaliação da qualidade da água do aquífero sedimentar do Estado da Bahia utilizando os índices de qualidade IQNAS e CCME WQI. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEA, 17., 2012, Bonito, MS. *Anais...* Bonito, MS: [s.n.], 2012.
- SPERLING, V. M. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. Belo Horizonte: UFMG, 2007. v. 7, 588 p.

Artigo recebido em 17 de maio de 2013

e aprovado em 4 de julho de 2013.

# Pagamento por serviços ambientais: uma proposta para a Bacia Hidrográfica do Rio Almada no sul da Bahia<sup>1</sup>

*João Carlos de Pádua Andrade\**

*Alessandro Coelho Marques\*\**

*Paulo Sérgio Vila Nova Souza\*\*\**

- \* Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente e graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Professor do Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). [jcpandrade@uesc.br](mailto:jcpandrade@uesc.br)
- \*\* Graduado em Geografia pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). [alessandro@econamfi.com.br](mailto:alessandro@econamfi.com.br)
- \*\*\* Mestre em Ciências Agrárias pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). [paulo@econamfi.com.br](mailto:paulo@econamfi.com.br)

## Resumo

O presente artigo visa apresentar uma proposta para pagamento por serviços ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Almada, situada no sul da Bahia, a qual é responsável pelo fornecimento de água a vários municípios locais. O método consiste em demonstrar uma forma de estruturar o programa de pagamento pelos serviços ambientais, contendo critérios ambientais de seleção, critérios de formação do fundo monetário, que será responsável pelo funcionamento do programa, bem como sua gestão. Nesse sentido, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Leste terá o papel crucial na construção, organização e gestão do programa. A ideia é que o fundo seja alimentado pelos consumidores finais, que contribuirão com determinado valor no seu consumo de água, valor este que deverá ser canalizado para os agricultores contemplados pelo programa em razão de suas práticas amigáveis de conservação.

**Palavras-chave:** PSA. Serviços ambientais. Consumidor-pagador.

## Abstract

*This article endeavors to present a proposal for payment for environmental services in Almada River Hydrographic Basin located in southern Bahia, which is responsible for supplying water to several local municipalities. The method consists of demonstrating a way to structure the payment program for environmental services, containing environmental criteria for selection, formation criteria for the monetary funding which will be responsible for the operation of the program, as well as its management. In this sense, the Hydrographic Basin Committee of the East will have the crucial role in the construction, organization and management of the program. The idea is that the fund be supported by final consumers that will contribute with a certain amount in their water consumption and this value should be channeled to farmers who have been beneficiaries by the program in function of their friendly conservation practices.*

**Keywords:** PSA. Environmental services. Consumer-payer.

<sup>1</sup> Extraído de levantamentos socioeconômicos e fundiários realizados na Bacia Hidrográfica do Rio Almada.

## INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica brasileira é considerada uma área prioritária em termos de conservação global, pois apresenta elevado nível de biodiversidade ecológica e alto grau de endemismo, constituindo um dos 34 *hotspots* mundiais, além de desempenhar um importante papel na provisão de serviços ecossistêmicos. Esse bioma ocupa grande extensão do território brasileiro, apresentando um conjunto de ecossistemas com processos ecológicos interligados com cobertura vegetal, contendo formações florestais (ombrófila densa, ombrófila mista, mata de araucárias, estacional semidecidual e estacional decidual) e de ecossistemas associados, como manguezais, restingas, brejos interioranos, campos de altitude e ilhas costeiras e oceânicas.

Nesse bioma encontram-se sete das nove maiores bacias hidrográficas brasileiras, desempenhando o papel de proteção e garantia dos processos hidrológicos responsáveis pela quantidade e qualidade da água potável destinada a quase 3.400 municípios e aos mais diversos setores da economia nacional, como agricultura, pesca, indústria, turismo e geração de energia. Os rios e lagos da Mata Atlântica abrigam ainda ricos ecossistemas aquáticos, sendo grande parte deles ameaçada por atividades antrópicas.

No sul da Bahia, a Mata Atlântica é uma área de grande riqueza biológica e um dos principais centros de endemismos de todo o bioma, principalmente no que se refere às plantas, borboletas e vertebrados em geral (MORI; BOOM; PRANCE, 1981; PRANCE, 1982; CÂMARA, 1991; FONSECA; PINTO; RYLANDS, 1997). Esta região é uma das poucas áreas onde se encontram todos os seis gêneros de primatas da Mata Atlântica.

Nessa mesma região, a Mata Atlântica também abrange a Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA), área foco do presente artigo, formada pelo Rio Almada e seus afluentes, correspondendo a um dos principais sistemas naturais da região econômica cacaueteira, com significativa vegetação

natural do bioma Mata Atlântica e responsável pelo abastecimento de água de oito municípios: Almadina, Coaraci, Ibicaraí, Lomanto Júnior, Itajuípe, Itabuna, Ilhéus e Uruçuca (FARIA FILHO; ARAÚJO, 2002).

A BHRA está localizada na região cacaueteira da Bahia, conhecida historicamente pela riqueza oriunda da exportação do seu principal produto agrícola: o cacau, produzido no sistema cabruca, caracterizado pelo manejo desse produto sob as copas de árvores da Mata Atlântica. A adoção desse modelo fez com que, ao longo de mais de 200 anos, se conservassem importantes fragmentos de florestas, fauna, solo e recursos hídricos. No entanto, desde o início da década de 1990, a cultura do cacau vem sofrendo uma profunda crise, que tem como aspectos característicos básicos a baixa dos preços no mercado internacional, a instabilidade climática e o intenso ataque de uma praga conhecida como vassoura-de-bruxa, que devastou grande parte da lavoura cacaueteira.

Devido à crise, a monocultura do cacau vem sendo substituída por diversas outras atividades econômicas, como a pecuária extensiva e o comércio de madeira, provocando intensa derrubada de árvores e, por conseguinte, colaborando com a insustentabilidade ambiental da BHRA.

A BHRA caracteriza-se pela oferta de serviços ecossistêmicos, que correspondem a benefícios diretos e indiretamente apropriados pelo homem a partir do funcionamento de ecossistemas saudáveis, ou seja, são produtos oferecidos gratuitamente pela natureza ao homem para a realização das atividades econômicas e para a manutenção da vida. Todavia, o fato de não serem precificados como outro bem ou serviço, faz com que não haja incentivos para sua preservação, levando-os à superexploração e, muitas vezes, à sua perda total (ANDRADE; FASIABEN, 2009).

A natureza protagoniza importante papel no que tange à regulação da vida dos seres humanos na Terra. Com as crescentes mudanças no cenário econômico mundial, marcadas pelo avanço do



consumo, observa-se que a exploração dos recursos naturais, base para o desenvolvimento de produtos, tem alcançado proporções preocupantes. Como forma de minimizar a exploração desenfreada pelo homem, órgãos ambientais de diferentes partes do mundo vêm tentando desenvolver modelos de gestão que preservem a natureza e perpetuem a sua utilidade para as gerações posteriores.

Deste modo, o pagamento por serviços ambientais, também conhecido pela sigla PSA, funciona como um modelo de gestão ambiental em forma de compensação para a natureza. Em vez de apenas explorar os recursos essenciais à vida, o homem responsabiliza-se por devolver à natureza serviços equivalentes aos que por ela foram prestados. Não se atribui um valor monetário para o pagamento por serviços ambientais, no entanto, algumas empresas realizam pagamentos para pessoas que preservam a natureza.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2009), o PSA consiste em uma transação voluntária em que um serviço ambiental ou o uso da terra, que seja entendido como um serviço previamente estabelecido, é comprado por, pelo menos, um comprador, oriundo de, pelo menos, um provedor. Para que o procedimento seja efetivado, o provedor deve garantir a provisão do serviço em questão. Os serviços, neste caso, geralmente relacionam-se com a retenção ou captação de carbono, conservação da biodiversidade, conservação de serviços hídricos e beleza cênica.

O conceito de PSA tem sido utilizado como instrumento compensatório aos provedores de serviço ambiental, o qual é utilizado pela sociedade de forma direta ou indireta. Percebe-se que, além de contribuir com a conservação ambiental, o PSA tem se tornado importante instrumento na geração de renda aos seus beneficiários (ZILBERMAN; LIPPER; MCCARTHY, 2006).

**Órgãos ambientais de diferentes partes do mundo vêm tentando desenvolver modelos de gestão que preservem a natureza e perpetuem a sua utilidade para as gerações posteriores**

Existem condições para que os pagamentos por serviços ambientais sejam implantados, como a pré-condição econômica, a pré-condição cultural, a pré-condição institucional e as pré-condições informacionais. Na pré-condição econômica, verifica-se a disposição dos provedores em serem remunerados para preservar o meio ambiente, considerando assim os benefícios

do PSA. A pré-condição cultural consiste em que os provedores de serviços ambientais respondam positivamente a incentivos econômicos, devendo o PSA motivá-los mais do que se estes continuassem realizando atividades prejudiciais ao meio ambiente. A pré-condição institucional preocupa-se com o estabelecimento de regras, demonstrando os direitos e as obrigações tanto do provedor quanto do comprador, estabelecendo uma relação de contrato mútuo entre as partes envolvidas na prestação do serviço. Já a pré-condição informacional relaciona-se com a necessidade de definição e mensuração dos serviços ambientais pelos quais os provedores serão recompensados, o monitoramento de sua provisão e a negociação de contratos (BRASIL, 2009; WÜNDER et al., 2008 apud MORAES, 2012).

No Brasil, algumas ações de PSA estão em desenvolvimento apresentando resultados interessantes, a exemplo da experiência desenvolvida no município de Extrema, no estado de Minas Gerais, na qual os agricultores são remunerados pela garantia do fornecimento de recursos hídricos (HEILBUTH, 2010).

No baixo sul baiano, a Organização de Conservação da Terra (OCT) desenvolve o programa denominado Carbono Neutro, da APA do Pratigi, no qual a sociedade pode participar 'apadrinhando' uma nascente degradada, para neutralizar a sua pegada de carbono através da restauração florestal. Os recursos levantados são aplicados em pequenos imóveis rurais da agricultura familiar com intuito de promover a adequação ambiental da

propriedade, sensibilizar e conscientizar os indivíduos quanto à importância dos serviços ambientais (água, carbono e biodiversidade) e promover a geração de renda.

Em Ilhéus, no sul da Bahia, tramita nas instâncias políticas um programa de PSA com intuito de promover a remuneração de agricultores pela conservação de recursos hídricos que abastece a cidade.

Hupffer, Weyermuller e Waclawovsky (2011), afirmam que a adoção de incentivos positivos – fiscais, tributários e creditícios – tem ganhado destaque na seara ambiental, sobretudo a partir do PSA, tendo como essência a remuneração, seja direta ou indiretamente, por meio de algum incentivo fiscal, do agente que adotou a conduta ambientalmente positiva, de acordo com a essência do funcionamento dos programas de PSA. Os autores acrescentam que a criação de normas pelos estados e municípios e o comprometimento dos atores econômicos privados e da sociedade são os elementos centrais para estimular processos e tecnologias ambientalmente corretos, a exemplo do PSA.

De acordo com Guedes e Seehusen (2011), os projetos de PSA estão sendo difundidos rapidamente no Brasil e existem muitas experiências exitosas, entretanto, existem poucas publicações que sistematizam essas experiências e analisam o instrumento de PSA criticamente no Brasil. Diante desse contexto, as autoras citadas organizaram uma publicação visando apresentar uma sistematização e análise de projetos de PSA na Mata Atlântica, tendo como foco aqueles de armazenamento ou sequestro de carbono, de proteção de serviços hidrológicos e de conservação da biodiversidade.

Diante do exposto, percebeu-se a importância do PSA como instrumento econômico direcionado para a conservação ambiental. Verificou-se também que a BHRA representa importante papel no fornecimento de recursos hídricos para a região, contudo, também sofre com ações antrópicas. Estas disposições sinalizam para o desenvolvimento de políticas públicas que visam à manutenção da

capacidade local em continuar prestando serviços ambientais. É neste contexto que o presente artigo se insere, não apenas enquanto uma contribuição teórica, mas também prática, por intermédio da demonstração de uma proposta de PSA.

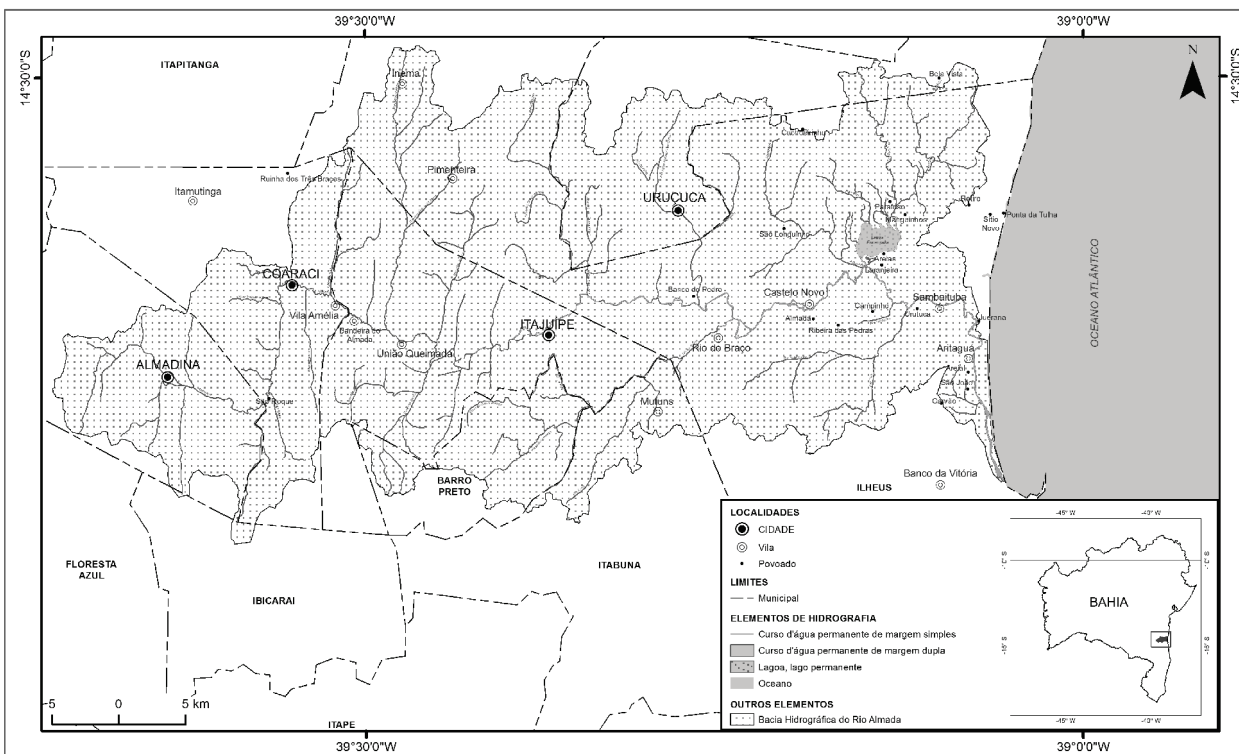
## MATERIAIS E MÉTODOS

A área estudada possui uma extensão de 156.818,6 hectares (ha) e localiza-se entre as coordenadas 14°26' e 14°50' de latitude sul e 39°03' e 39°44' de longitude oeste, no sul do estado da Bahia, na microrregião geográfica Ilhéus-Itabuna, abrangendo parte dos municípios de Almadina, Coaraci, Ibicarai, Barro Preto, Itajuípe, Uruçuca, Itabuna e Ilhéus (Cartograma 1).

Os dados utilizados são de origem primária e secundária. Os primeiros foram obtidos através de pesquisa realizada em propriedades rurais localizadas em quatro áreas amostrais distribuídas na BHRA, que tiveram como objetivo a realização de estudos voltados para a caracterização ambiental, socioeconômica e fundiária. Para isso, o perímetro amostral foi constituído de quatro áreas com os maiores fragmentos vegetais.

Selecionadas as áreas, a partir da adoção de critérios ambientais (maior quantidade de fragmentos de Mata Atlântica), buscou-se identificar a sede dos imóveis nelas localizados. Para a realização dessa etapa, foram utilizadas imagens de satélites geradas por programas como *Google Earth* e outras disponibilizadas na escala de 1:50.000.

Após a aquisição dos dados, o procedimento seguinte foi a organização da base de dados geográficos, selecionando as informações de maior relevância para o mapeamento. Os dados da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) referentes às cartas dos municípios de Itabuna, Ibicarai e Ubaitaba, contendo sistema viário, hidrografia, localidades e altimetria, foram agrupados no sistema ArcGis, na projeção cartográfica



**Cartograma 1**  
Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Almada – Sul da Bahia

Fonte: Elaboração própria.

Universal Transversa de Mercator (UTM) datum Córrego Alegre. Na sequência foram georreferenciadas as imagens Landsat e CBERS, com apoio da ferramenta de registro do sistema Erdas e com base nos dados vetoriais e pontos de campo coletados com GPS de navegação. Os pontos de controle foram coletados ao longo de estradas e cursos d'água da BHRA, e o registro, finalizado com reamostragem por vizinho mais próximo. Nas imagens georreferenciadas aplicaram-se o realce linear e posteriormente o mosaico de imagens. As imagens foram recortadas com base em um polígono retangular que envolvia toda a bacia e a Área de Proteção Ambiental (APA) da Lagoa Encantada e Rio Almada, esta última correspondendo ao perímetro de uma unidade de conservação estadual que se assemelha ao perímetro da BHRA. Por fim, as imagens foram importadas para o Banco de Dados Geográficos (BDG) para a realização do mapeamento da cobertura e do uso da terra. A partir de então,

foi realizado o mapeamento de uso e ocupação da terra com a utilização do *software* ArcGis e com levantamento de campo para verificar se as feições encontradas no BDG correspondiam às feições localizadas na BHRA.

De posse do mapeamento da cobertura e do uso da terra, iniciou-se a pesquisa em campo com a realização de entrevistas estruturadas nas sedes dos imóveis identificados, para a caracterização da estrutura fundiária, onde foram levantadas as seguintes informações: referência do imóvel rural, nome do proprietário, nome do imóvel, zona do município, coordenadas geográficas, número e perfil dos ocupantes, uso da terra, cobertura vegetal, benfeitorias, distâncias da sede de cada município, recursos hídricos (existência de nascentes e de rios) e situação legal.

Após o levantamento dos dados em campo, as informações levantadas foram organizadas em um banco de dados, elaborado no Microsoft Access, e

posteriormente exportadas para o programa Microsoft Excel, a fim de receber o tratamento necessário para análise e construção dos resultados.

A amostra utilizada no levantamento de dados, ou seja, as quatro áreas selecionadas para realização dos estudos, corresponde a 16% do tamanho da BHRA, o equivalente a 25.190,31 ha divididos em 360 imóveis visitados.

Quanto aos dados secundários, estes foram obtidos de fontes oficiais, a exemplo da Agência Nacional das Águas (ANA), do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). E, a partir da coleta, foram trabalhados em planilhas eletrônicas para a confecção das análises específicas.

Para a montagem do modelo de PSA proposto, foram considerados os aspectos locais e as propostas apontadas na literatura, a exemplo dos trabalhos de Fasiaben e outros (2009), Maciel e outros (2010) e Rodrigues e outros (2011). Tem-se também como instrumento para a elaboração da presente proposta de PSA, a participação dos autores em reuniões e eventos onde se discutiram meios de elaboração de programas de PSA para a Bahia. Destacam-se também, como instrumentos colaboradores, a organização e a coordenação do

*I Seminário sobre Pagamento por Serviços Ambientais do Sul da Bahia*, realizado na cidade de Ilhéus no ano de 2009.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Caracterizações do uso da terra e fundiária da BHRA

Com utilização de imagens Landsat do ano de 2010 na escala de 1:50.000, verificou-se que existe na BHRA a predominância do cultivo do cacau no sistema cabruca, presente em 64,77% da área da bacia, conforme demonstra a Tabela 1. O que já se esperava, pois a bacia está localizada em municípios da região sul da Bahia que formam a região cacaueira, caracterizada pela monocultura do cacau.

Nas visitas às localidades, verificou-se a existência do cultivo de cacau em altitudes superiores à convencionalmente indicada, que é de até 600 metros de altitude. Foram identificados cultivos acima dos 700 metros numa região que tem altitudes de até 1.100 metros, onde existem consideráveis remanescentes de Mata Atlântica.

No presente trabalho, buscou-se também relacionar os resultados apresentados na Tabela 1 com

<b>Tabela 1</b>		
<b>Distribuição das classes de cobertura e uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Almada – 2010</b>		
<b>Classes</b>	<b>Hectares</b>	<b>%</b>
Floresta ombrófila densa das terras baixas	2.316,4	1,48
Floresta ombrófila densa submontana	7.457,3	4,76
Floresta ombrófila densa montana	2.628,6	1,68
Restinga arbórea	1.528,0	0,97
Manguezal arbóreo	155,7	0,10
Capoeira/Capoeirão (floresta ombrófila densa submontana alterada)	6.376,6	4,07
Capoeira/Capoeirão (floresta ombrófila densa montana alterada)	102,4	0,07
Área urbanizada	852,8	0,54
Sistema agrossilvicultural	5.231,3	3,34
Lavoura permanente (cacau)	101.575,7	64,77
Pecuária	27.706,0	17,67
Represas, lagos e rios	887,8	0,57
<b>Total</b>	<b>156.818,6</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de imagens Landsat, 2010.



**Tabela 2**  
**Distribuição das classes de cobertura e uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Almada em termos percentuais – 1975, 2001, 2006 e 2010**

Classes	Anos das imagens			
	1975	2001	2006	2010
Floresta	5,89	4,02	23,20	7,92
Capoeira	15,51	12,13		4,14
Cacau	64,79	68,47	54,90	64,77
Restinga e áreas úmidas	2,56	0,74	0,80	0,10
Pecuária	10,50	13,96	17,20	17,67
Represas, lagos e rios	0,39	0,39	0,50	0,57
Outros	0,36	0,29	3,40	4,83
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: Adaptado de Faria Filho e Araújo (2010), Franco e outros (2011).

outros mapeamentos realizados na região, a fim de verificar o comportamento da paisagem ao longo do tempo. Para tanto, foram usados outros dois trabalhos: um realizado por Faria Filho e Araújo (2002), referente aos anos de 1975 e 2001, e outro elaborado por Franco e outros (2011), referente ao ano de 2006, em razão de as imagens utilizadas serem desse ano. Percebe-se através da Tabela 2 – apesar de as metodologias utilizadas nos mapeamentos não serem idênticas (automatizadas ou visuais) e, portanto, passíveis de apresentar resultados diferentes – o aumento da área de pastagens representada pela classe pecuária, que se apresenta crescente ao longo da análise, sendo 10,5% da bacia no ano de 1975 e 17,67% no ano de 2010.

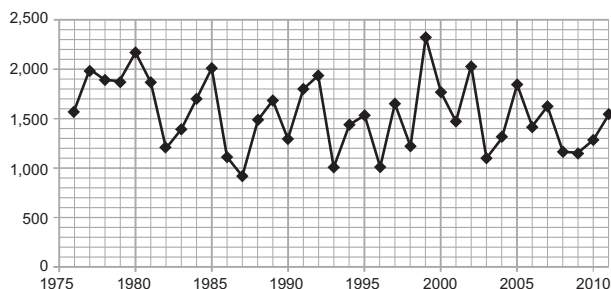
O aumento da área de pecuária ou de pastagem resulta de uma tentativa de inserir alternativas econômicas para contrapor a crise do cacau causada por um fungo denominado popularmente como vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*) que chegou à região no final dos anos de 1980 e reduziu consideravelmente a produção de cacau. Como demonstração do impacto causado pelo fungo, tem-se a redução da produção de cacau que, em meados dos anos de 1980, chegou próxima de 400 mil toneladas/ano, para as atuais 140 mil toneladas/ano.

Verificou-se durante o trabalho que a pecuária da região não pode ser caracterizada como de grande produtividade, mas sim como uma alternativa capaz de produzir, além da carne, o leite, que serve

como alimento para os produtores e como artigo comercializável, gerando incremento na renda local.

Através da Tabela 1 é possível verificar o aumento de área de pecuária na bacia, implicando diretamente na proteção das nascentes. Nos 360 imóveis pesquisados nas áreas amostrais, foram identificadas 152 nascentes distribuídas em áreas conservadas e em áreas de pastagens, sendo que a amostra correspondeu a uma área equivalente a 16% do tamanho da área da bacia. Percebe-se, assim, que na bacia existe uma nascente para cada 2,36 imóveis ou uma nascente para cada 166 hectares. Pode-se também fazer uma estimativa linear para toda a BHRA a partir da quantidade de nascentes encontradas no perímetro da amostra. Assim, de forma hipotética, estima-se uma quantidade de 946 nascentes para os 156.818,6 ha da bacia, considerando-se que o restante da bacia seja idêntico à amostra utilizada.

No levantamento de campo, foi possível verificar a qualidade dos remanescentes de Mata Atlântica existentes. De acordo com Schumacher e Hoppe (1998), a importância das florestas no balanço hídrico não está ligada ao aumento da água no solo ou da precipitação, mas ao efeito regulador que as florestas exercem sobre esse balanço. Essa relação é possível de ser avaliada através do Gráfico 1, que demonstra a distribuição de chuvas na bacia ao longo de 35 anos, apresentando uma média, nesse período, de 1.546 mm, sendo o ano de 1987 com



**Gráfico 1**  
**Chuvas (mm/ano) na Bacia Hidrográfica do Rio Almada – Local da Coleta: Itajuípe – Bahia 1976-2010**

Fonte: ANA (2012).

menor quantidade (997 mm) e o de 1999 com a maior quantidade (2.306 mm).

Quanto à caracterização fundiária da BHRA, percebe-se que, no universo dos 360 imóveis onde foram realizadas as entrevistas, o tamanho médio resultante foi de 69,97 ha, o que pode caracterizar a bacia como de pequena propriedade, de acordo com a estratificação estabelecida pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), que estabelece como referência o módulo fiscal, o qual consiste numa unidade de medida, expressa em hectare, fixada para cada município, onde o minifúndio possui tamanho de até um módulo fiscal; a pequena propriedade compreende o tamanho de um a quatro módulos fiscais; a média propriedade, o tamanho de quatro a 15, e a grande propriedade, uma área superior a 15 módulos fiscais (INCRA, 2002). Um módulo fiscal é variável e, nos municípios de abrangência deste estudo, corresponde a 20 ha. Através

da Tabela 3, denota-se que a média propriedade corresponde a 50,61% da área pesquisada, representando 23,61% dos imóveis analisados, enquanto que a pequena propriedade corresponde a 25,88% da área pesquisada e 42,78% dos imóveis visitados.

As entrevistas realizadas em campo e o cruzamento dos dados levantados mostram que apesar de a BHRA ser, de acordo com a média geral (69,97 ha), caracterizada como de pequena propriedade, vários são os casos em que um único proprietário possui várias pequenas e médias propriedades que, se somadas, podem ser caracterizadas como de médios e até mesmo grandes proprietários.

Outra característica observada no levantamento de campo refere-se ao nível de abandono dos imóveis em função da crise do cacau. Vários foram os imóveis encontrados em completo abandono, gerando perda do patrimônio regional. Verificou-se também a existência de alternativas encontradas pelos proprietários para não deixarem a propriedade em completo abandono, a exemplo da utilização do meeiro, aquele agente que outrora fora funcionário da propriedade e que agora tem a incumbência de zelar pelo patrimônio e gerar produção, a qual será dividida com o proprietário.

### **Demanda e oferta de água na BHRA**

A água caracteriza-se como o recurso mais abundante no planeta, com um percentual de cerca de 70% da superfície. Além de farta extensão,

**Tabela 3**  
**Estrutura fundiária dos imóveis localizados na Bacia Hidrográfica do Rio Almada que compuseram a amostra**

Estrutura fundiária	Área		Imóveis		Tamanho médio (hectares)
	Hectares	%	Quantidade	%	
Minifúndio	1.314,88	5,22	110,00	30,56	11,95
Pequena propriedade	6.519,60	25,88	154,00	42,78	42,34
Média propriedade	12.749,50	50,61	85,00	23,61	149,99
Grande propriedade	4.606,33	18,29	11,00	3,06	418,76
<b>Valores agregados</b>	<b>25.190,31</b>	<b>100,00</b>	<b>360,00</b>	<b>100,00</b>	<b>69,97</b>

Fonte: Elaboração própria com dados da ANA (2012).

desempenha papel fundamental na manutenção da vida dos seres que habitam a Terra. Contudo, apesar de amplamente disponível, apenas uma parcela muito pequena do percentual exposto é própria para o uso (GOMES, 2011). Do total de água disponível no planeta, cerca de 2,5% apresentam-se como água potável. Deste percentual, em torno de 70% encontram-se em estado sólido, na forma de geleiras ou neve permanente; 29,7% permanecem no subsolo, em fontes de águas subterrâneas, enquanto que lagos e rios existentes no planeta dispõem de 0,3% de água potável (UN-WATER, 2013).

Segundo Christofolletti (1974), a drenagem fluvial é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia hidrográfica ou bacia de drenagem, definida como área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. Ainda Christofolletti (1988) considerou estudos aprofundados relativos às bacias hidrográficas, destacando, dentre eles, a dinâmica do escoamento fluvial, responsável pela ação dos sedimentos do leito fluvial no transporte de sedimentos, nos mecanismos deposicionais e na esculturação da topografia do leito. Nesse sentido emerge a atenção voltada para problemas ambientais, principalmente associados a processos erosivos que modificam as paisagens em bacias hidrográficas.

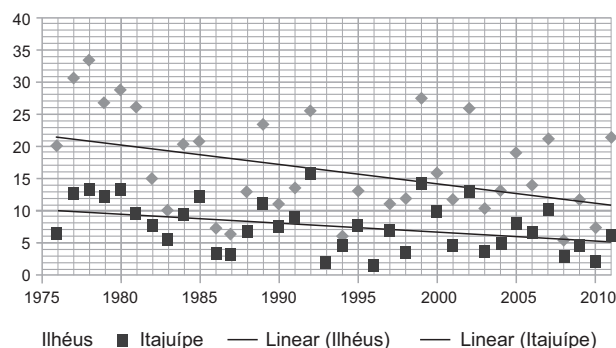
O regime das vazões de um curso d'água durante certo período é o único termo do balanço hidrológico de uma bacia que pode ser determinado com boa precisão. Os outros elementos do balanço, como as precipitações, evaporações, etc., só podem ser estimados a partir de medidas em alguns pontos pluviométricos da bacia ou deduzidos de fórmulas com aproximações (CRUCIANI, 1980).

As bacias hidrográficas são susceptíveis às mais variadas transformações. Para Tucci (2002), as alterações nos processos hidrológicos terrestres produzidos pela ação do homem no uso do solo podem resultar em alterações significativas no escoamento superficial, na vazão máxima, mínima e média, e na qualidade da água em bacias hidrográficas. Essas mudanças não ocorrem de

forma automática, pois sofrem influências de características inerentes a cada bacia.

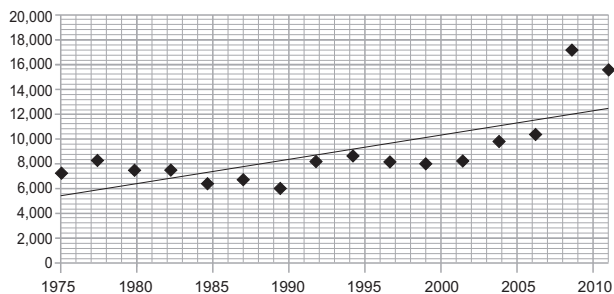
De certa forma, esse cenário está presente também na BHRA. De volta à Tabela 2, referente à distribuição das classes de cobertura e ao uso da terra na bacia no período de 1975, 2001, 2006 e 2010, verifica-se que os recursos hídricos representados pelas represas, rios e lagos correspondem a 0,5% da área da bacia, a qual tem o Rio Almada como principal vetor de recursos hídricos. Com uma extensão de 138 quilômetros, o rio nasce nas serras do município de Almadina e tem sua foz na cidade de Ilhéus. A região do município de Almadina tem altitudes superiores a mil metros, e as nascentes do rio localizam-se por volta de 600 metros de altitude.

Para demonstrar a oferta de água no Rio Almada, foram utilizados dados secundários oriundos da ANA referentes à vazão do rio. De acordo com Carvalho (2008), a vazão consiste no volume de água que passa por determinada seção de um rio por unidade de tempo. No presente artigo, foram utilizados dados de dois pontos de coletas: o primeiro situado no município de Itajuípe e outro, no município de Ilhéus, o primeiro situado a montante (mais próximo da nascente do rio) e o segundo, a jusante (mais próximo à foz do rio). Em ambos, foi utilizado o mesmo período: de 1976 até 2010. Nesse sentido, percebe-se, no Gráfico 2, a tendência de diminuição da vazão do Rio Almada no período citado.



**Gráfico 2**  
Média anual de vazão de água do Rio Almada (m<sup>3</sup>/s) – Locais de coleta: Ilhéus e Itajuípe – Bahia 1976-2010

Fonte: ANA (2012).



**Gráfico 3**  
Demanda de água (1.000 m³/ano) – Itabuna 1995-2010

Fonte: ANA (2012).

Enquanto a oferta apresenta tendência de diminuição no período analisado, a demanda na maior cidade da região que depende da água do Rio Almada apresenta-se de forma crescente, como demonstra o Gráfico 3. De acordo com o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (2012), o consumo de água na cidade de Itabuna passou de 7,3 milhões de m³/ano em 1995, para 15,6 milhões de m³/ano em 2010, um crescimento médio anual de 7,15%.

Diante desse cenário, marcado pelo descompasso entre consumo e oferta de recursos hídricos, tem-se o ambiente propício para a formulação de uma proposta de PSA visando contribuir com as políticas ambientais.

### Pagamentos por Serviços Ambientais propostos para a BHRA

A proposta de PSA aqui sugerida para a BHRA é composta da seguinte estrutura: 1) grupo de

especialistas que analisarão a capacidade prestadora de serviços ambientais de cada agricultor; 2) definição, pontuação e mensuração dos atributos ambientais; 3) definição do fundo para arcar com o funcionamento do PSA; 4) gestão e operacionalização do fundo.

O grupo de especialistas corresponde a profissionais que irão compor a câmara técnica específica dentro do Comitê de Bacia do Leste, o qual é responsável pelas questões relacionadas a recursos hídricos na região. Sua estrutura deve ser tripartite – governo, usuários e sociedade civil – como já funcionam os comitês de bacias, tendo a função de estabelecer os critérios de análise dos possíveis beneficiados pelo PSA e definir o perímetro da bacia onde deverá iniciar o programa.

Competem também aos especialistas, a definição, a pontuação e a mensuração dos critérios que compõem a matriz de análise, com objetivo de estabelecer valores que cada agricultor beneficiado poderá almejar dentro do programa de PSA. Como sugestão, a matriz de serviços ambientais e atributos a serem mensurados deverá seguir a lógica contida no Quadro 1, apresentado como norteador da presente proposta de programa de PSA, a qual os especialistas poderão fazer as devidas alterações, se necessário.

Após a montagem da matriz contendo os serviços ambientais e seus atributos, compete aos especialistas a definição de pesos para cada serviço ambiental, podendo variar de zero a dez, por exemplo, dado o seu grau de importância para o

Serviços ambientais	Atributos mensuráveis	Abrev.
Proteção de água (contendo determinado peso e representada por A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>existência de mata ciliar, de acordo com a legislação, protegendo os recursos hídricos localizados na propriedade</li> </ul>	a1
Conservação da biodiversidade (contendo determinado peso e representada por B)	<ul style="list-style-type: none"> <li>existência de mata primária</li> </ul>	b1
	<ul style="list-style-type: none"> <li>sistema cabruca</li> </ul>	b2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>outros sistemas agroflorestais</li> </ul>	b3
Estocagem de carbono (contendo determinado peso e representada por C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>existência de mata primária</li> </ul>	b4

**Quadro 1**  
Matriz contendo serviços ambientais e atributos mensuráveis

Fonte: Elaboração própria.



programa de PSA. Se o programa visa contribuir para o fornecimento de água na região, logo o peso para a “proteção pelos recursos hídricos” apresenta-se como o mais relevante.

Para mensurar o Valor do Serviço Ambiental ( $VSA_i$ ) de cada agricultor, os especialistas poderão atribuir valores variando também de zero a dez a cada atributo, após analisar sua qualidade na propriedade do agricultor que poderá ser beneficiado pelo PSA. Esse valor será relacionado pelo tamanho (T) do referido atributo medido em hectare. Por exemplo, o especialista “X” atribui valor 8 para o atributo “ $b_1$ ” que tem uma dimensão de cinco ha, de acordo com o mapeamento realizado em cada propriedade. Nesse caso, a pontuação corresponde a 40, a qual será ainda relacionada com o peso do respectivo serviço ambiental que, para “ $b_1$ ”, refere-se a um atributo de conservação da biodiversidade (B), de acordo com o exposto no Quadro 1. Essa forma de pontuação pode ser demonstrada pela seguinte expressão:

$$VSA_i = A \times (a_1 \times Ta_1) + B \times [(b_1 \times Tb_1) + (b_2 \times Tb_2) + (b_3 \times Tb_3) + (b_4 \times Tb_4)] + C \times (c_1 \times Tc_1)$$

A expressão apresentada refere-se à visão de cada especialista. Como a câmara técnica deverá ser constituída de, pelo menos, três componentes, um de cada setor (público, usuários e sociedade civil), torna-se necessária a obtenção do VSA médio final ( $VSA_m$ ) de cada agricultor. Para tanto, utiliza-se o princípio da média aritmética simples, somando-se o serviço ambiental ( $VSA_i$ ) de cada agricultor indicado por cada especialista e, em seguida, dividindo-os pelo número de especialistas (n) que fizeram a avaliação, como demonstra a expressão matemática a seguir:

$$VSA_m = (VSA_i + VSA_i + VSA_{i+...}) \div n$$

O Comitê de Bacias poderá definir que o total de pontos obtidos por cada agricultor demonstrado pelo  $VSA_m$ , corresponderá à base de referência para o valor monetário que cada agricultor receberá em

cada período de tempo. Por exemplo, a depender do fundo destinado ao PSA, o  $VSA_m$  corresponderá a cada unidade monetária (centavos, reais...) que o agricultor receberá mensalmente, semestralmente ou anualmente. Com isso, o agricultor terá estímulo para aumentar as áreas com atributos mensuráveis para obter valores maiores, contribuindo com a conservação dos recursos naturais.

Nessa analogia, para definir a unidade monetária que será multiplicada pelo  $VSA_m$ , sugere-se que o comitê leve em consideração o custo de oportunidade de cada agricultor, que de acordo com Gremaud e outros (2003, p. 13) “corresponde exatamente ao sacrifício do que se deixou de produzir, ou, em outras palavras, o custo ou a perda do que não foi escolhido e não o ganho do que foi escolhido”. Esse custo de oportunidade não será determinante para início do PSA, pois partirá de uma situação já existente em cada propriedade, ou seja, cada agricultor a ser beneficiado pelo programa já tem seus atributos mensuráveis. Entretanto, a análise do custo de oportunidade servirá de base para se atribuir um valor de PSA atraente, servindo de estímulo para o agricultor melhorar suas práticas ambientais.

Estabelecidas as etapas referentes à análise da capacidade prestadora de serviços ambientais de cada agricultor e a etapa da definição, pontuação e mensuração dos atributos ambientais, cabe caracterizar o fundo monetário para arcar com o funcionamento do PSA e também a sua gestão e operacionalização.

Considerando-se que a BHRA é responsável pelo abastecimento de água de vários municípios abrangidos pela própria bacia e que a oferta de água apresenta tendência de diminuição como demonstra no Gráfico 2, o funcionamento do fundo tem como base o princípio do consumidor-pagador, no qual o consumidor final do serviço ambiental prestado contribuirá com a manutenção de seu fornecimento através de incentivos a práticas ambientais amigáveis, que colaborem com a manutenção, o aumento e a melhoria na qualidade do serviço ambiental específico.

Nesse sentido, a origem dos recursos financeiros deverá ser incluída no consumo de água de cada consumidor. A cada metro cúbico consumido, sugere-se a adição de determinado valor monetário a título de PSA. Por exemplo, a cidade de Itabuna que apresentou consumo de cerca de 16 milhões de metros cúbicos no ano de 2010, ao aplicar a política de PSA aqui exposta, poderá gerar receitas para o fundo de R\$ 160 mil a R\$ 1,6 milhão, considerando R\$ 0,01 e R\$ 0,10 para cada metro cúbico, respectivamente. A definição do valor compete ao Comitê de Bacia, num processo de discussão com seus entes representativos: empresas prestadoras de serviços de água e esgoto, que representam os principais usuários do recurso natural; pela sociedade civil, que representará os consumidores finais, e pelos representantes governamentais, que são os responsáveis pela arquitetura da legislação necessária ao funcionamento do PSA.

A gestão do fundo compete ao definido no diálogo dos partícipes do comitê, podendo, por exemplo, as próprias prestadoras de serviços de água e esgoto realizar a gestão financeira e operacional do fundo, diminuindo o custo de se contratar uma outra organização para tal fim, o que poderá encaixar o processo. Entretanto, caso o comitê observe a existência de empecilhos de ordem jurídica, administrativa ou operacional na gestão do fundo pelas próprias prestadoras de serviços, poderá optar pela contratação de empresa, via processo licitatório, em que se elabore um termo de referência estabelecendo os preâmbulos do funcionamento do fundo de PSA.

O importante no programa de PSA é que os recursos financeiros cheguem até o agricultor final e que este observe que,, adotando práticas conservacionistas amigáveis,, poderá gerar, no mínimo, dois benefícios diretos: um financeiro através do PSA e outro através das melhorias dos recursos naturais da própria propriedade. Nessa ótica, o comitê deverá defender a aplicação da maior parcela do fundo financeiro para a atividade-fim, que é a remuneração ao agricultor pelos serviços ambientais

prestados e não destinar maior parcela dos recursos para atividades-meio.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que se pretende mostrar com a presente proposta é um caminho simples e direto para iniciar o PSA na BHRA, importante fornecedora de recursos hídricos, onde, através de levantamentos fundiários e socioeconômicos na região, foi possível verificar a inexistência de políticas públicas sólidas direcionadas especificamente à proteção das nascentes e do leito do principal vetor de recursos hídricos da bacia, o Rio Almada.

Em razão do nível de fragilidade em que se encontra a BHRA e a sua importância no fornecimento de água para os municípios, vislumbram-se a necessidade e a oportunidade de adoção de políticas públicas, visando à conservação dos recursos naturais da região. Nesse sentido, o PSA apresenta-se como uma política adequada, na qual o usuário final pagará ao agricultor, que terá a obrigação de manter e melhorar a funcionalidade do fornecimento de água para a região, cabendo ao gestor dos recursos hídricos, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Leste, constituído pelos representantes das empresas prestadoras de serviços de fornecimento de água, pela sociedade civil e pelo governo, a responsabilidade em construir tal política.

Observa-se que o modelo apresentado não é estático, podendo ser adequado aos critérios do comitê de gestão. Entretanto, o que não se pode fazer é exaurir muito tempo em discussões e esquecer a prática de iniciar o processo mesmo que de forma experimental. Essa situação, por mais estranha que pareça, tem sido algo presente na construção de políticas públicas relacionadas a instrumentos econômicos de conservação no estado da Bahia, para as quais se canalizam muitos esforços, recursos e modelos, mas, na prática, pouco ou quase nada se tem de específico. O que se verifica são atores privados iniciando e desenvolvendo ações

pontuais de PSA, enquanto o setor público mantém o exagero no processo discursivo, que culmina no arquivamento ou mesmo, no esquecimento da importância do PSA para a conservação ambiental.

No geral, acredita-se ainda que o PSA possa tornar-se uma política pública com grande potencial para contribuir com a natureza na sua função voluntária de ofertar serviços necessários a todos, função fortalecida com o apoio direto dos agricultores locais, agora remunerados pelos consumidores finais, na conservação dos recursos naturais.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. *Abastecimento urbano de água*. Brasília: ANA, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em: 30 abr. 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Brasil. Brasília, 2012. Disponível em <<http://www.ana.gov.br/PortalSuporte/frmSelecaoEstacao.aspx>>. Acesso em: 30 mar. 2013.
- ANDRADE, Daniel Caixeta; FASIABEN, Maria do Carmo Ramos. A utilização dos instrumentos de política ambiental para a preservação do meio ambiente: o caso dos Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos (PSE). *Revista REE [Uberlândia, MG]*, v. 24, n. 1, 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistaeconomiaensaios/article/view/2223/4807>>. Acesso em: 17 ago. 2011.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Pagamento por serviços ambientais: perspectivas para a Amazônia Legal*. Brasil. Brasília: MMA, 2009 (Série Estudos, 10). Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/168/\\_publicacao/168\\_publicacao17062009123349.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/168/_publicacao/168_publicacao17062009123349.pdf)>. Acesso em: 1 maio 2013.
- CÂMARA, I. G. *Plano de ação para a Mata Atlântica*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 1991.
- CARVALHO, Thiago M. de. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 1, n. 1, p. 73-85, maio/ago. 2008. Disponível em: <<http://www.ufpe.br/rbge/index.php/revista/article/viewFile/19/22>>. Acesso em: 5 abr. 2013.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: EDUSP, 1974. 149 p.
- \_\_\_\_\_. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Edgar Blucher, 1988. 313 p.
- CRUCIANI, D. E. *A drenagem na agricultura*. São Paulo: Nobel 1980. 333 p.
- FARIA FILHO, A. F.; ARAÚJO, Q. R. *Planejamento agroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Almada - sul da Bahia, com ênfase ao meio físico*. Itabuna, BA: CEPLAC, 2002. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/Antonio%20Fontes%20Faria%20Filho.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2010.
- FASIABEN, Maria do Carmo Ramos et al. Estimativa de aporte de recursos para um sistema de Pagamento por Serviços Ambientais na floresta amazônica brasileira. *Revista Ambiente Sociedade*, Campinas, SP, v. 12, n. 2, jul./dez. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2009000200002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2009000200002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 28 abr. 2013.
- FONSECA, G. A. B.; PINTO, L. P. S.; RYLANDS, A. B. *Biodiversidade e unidades de conservação*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 1., 1997, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Universidade Livre do Meio Ambiente; Rede Pró-Unidades de Conservação e Instituto Ambiental do Paraná, 1997.
- FRANCO, Gustavo Barreto et al. Diagnóstico ambiental da Bacia Hidrográfica da Bahia (BA). *Revista de Geografia*, Londrina, PR, v. 20, n. 3, set./dez. 2011.
- GOMES, Marco Antônio Ferreira. *Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã [S.l.]*: Embrapa Meio Ambiente, 2011. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/down\\_hp/464.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf)>. Acesso em: 2 abr. 2013.
- GREMAUD, Amaury Patrick et al. *Manual de economia*. São Paulo: Saraiva, 2003.
- GUEDES, Fátima Becker; SEEHUSEN, Susan Edda (Org.). *Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios*. Brasília: MMA, 2011. 272 p. (Série Biodiversidade, 42).
- HEILBUTH, Jardim Mariana. *Pagamentos por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso do município de Extrema, MG*. 195 f. Dissertação (Mestrado)—Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- HUPFFER, Haide M.; WEYERMULLER, André R.; WACLAWOVSKY, William G. *Uma análise sistêmica do princípio do protetor-recebedor na institucionalização de programas de compensação por serviços ambientais*. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 14, n. 1, jan./jun. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2011000100006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2011000100006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 25 jun. 2013.
- INCRA - INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Manual de cadastro rural. Brasília: Incra, 2002. 84 p.
- MACIEL, Raimundo Claudio Gomes et al. *Pagando pelos serviços ambientais: uma proposta para a Reserva Extrativista Chico Mendes*. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 40, n. 3, set. 2010. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672010000300007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672010000300007&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 28 abr. 2013.

- MORAES, Jorge Luiz Amaral de. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como instrumento de política de desenvolvimento sustentável dos territórios rurais: o projeto protetor das águas de Vera Cruz, RS. *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, v. 3, n. 1, p. 43-56, jan./jun. 2012. Disponível em: <<http://seer.bce.unb.br/index.php/sust/article/view/7196/5664>>. Acesso em: 1 maio 2013.
- MORI, S. A.; BOOM, B. M.; PRANCE, G. T. Distribution patterns and conservation of eastern brazilian coastal forest tree species. *Brittonia* [S.l.], v. 33, n. 2, p. 233-245, 1981
- PRANCE, G. T. Forest refuges: evidence from woody angiosperms. In: PRANCE, G. T. (Ed.). *Biological diversification in the tropics*. New York: Columbia University Press, 1982. p. 137-158.
- RODRIGUES, Dulce Buchala Bicca et al. Nova abordagem sobre o modelo Brasileiro de serviços ambientais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, maio/jun. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832011000300037&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000300037&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 28 abr. 2013.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. *Sistema de Dados Estatísticos – SIDE*. Salvador: SEI, 2010. Disponível em: <[http://www.sei.ba.gov.br/side/consulta\\_frame.wsp](http://www.sei.ba.gov.br/side/consulta_frame.wsp)>. Acesso em: 31 mar. 2011.
- SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. *A floresta e água*. Porto Alegre: Pallottii1, 1998. 70 p.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. *Série Histórica do SNIS*. Brasília: Ministério das Cidades, 2012. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=29>>. Acesso em: 31 mar. 2013.
- TUCCI C. E. M. *Impactos da variabilidade climática e do uso do solo nos recursos hídricos*. Brasília: ANA, 2002. 150 p.
- UN-WATER. *Statistics: graphs & maps: water resources*. Disponível em: <<[http://www.unwater.org/statistics\\_res.html](http://www.unwater.org/statistics_res.html)>>. Acesso em: 2 abr. 2013.
- ZILBERMAN, D.; LIPPER, L.; MCCARTHY, N. *Putting payments for environment services in the context of economic development*. Roma: ESA, 2006. (Working Paper 06-15).

Artigo recebido em 14 de maio de 2013

e aprovado em 17 de junho de 2013.



# Cobrança pelo uso da água e sustentabilidade da gestão de bacias hidrográficas: uma proposta para a Bacia do Rio São Francisco

Telma Teixeira\*

J. P. S. Azevedo\*\*

\* Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e mestre em Economia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Professora-assistente da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).  
telmateixeira@gmail.com

\*\* Doutorado em Mecânica Computacional pelo Wessex Institute Of Technology e mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor adjunto da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).  
zepaulo@coc.ufrj.br

## Resumo

Completada a primeira década desde a implementação da cobrança pelo uso da água bruta em bacias hidrográficas, o presente texto propõe-se a avaliar a eficiência desse instrumento econômico no que concerne à sustentabilidade técnico-financeira do processo de gestão. Para tal, discutem-se brevemente as orientações teóricas e conceituais que fundamentam a cobrança e, considerando critérios de simplicidade e clareza, apresenta-se uma proposta metodológica para o cálculo de um adicional à cobrança, visando especificamente à sustentabilidade. O modelo é posteriormente ensaiado com base em dados reais de usuários e do Plano Decenal de Investimentos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade técnico-financeira. Bacias hidrográficas. Cobrança. Rio São Francisco.

## Abstract

*After the first decade since the implementation of fresh water charging in river basins, this paper proposes to evaluate the efficiency of this economic instrument regarding the financial sustainability of the management process. Therefore, we discuss briefly the conceptual, normative and technical guidelines that underlie this discussion and, considering criteria of simplicity and clarity, we present a methodology for calculating an additional charging in order to achieve sustainability specifically. The model is then tested using real data from users and Ten Year Plan's Investment of São Francisco River Basin.*

**Keywords:** Technical and financial sustainability. Water basins. Charging. São Francisco River.

## INTRODUÇÃO

A primeira experiência de cobrança pelo uso da água bruta completou o seu primeiro decênio em março último, regida pelos termos da Lei Federal 9.433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil. Os fundamentos básicos então estabelecidos reproduzem as principais diretrizes da gestão de água bruta aprovadas por inúmeros países e ratificadas pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Entre os instrumentos de gestão, a cobrança foi apresentada como o de viés econômico, introduzindo termos e elementos típicos da teoria econômica que são vulgarizados nas discussões do dia a dia, sem necessidade de preciosismo conceitual e sem prejuízo do entendimento. Assim, nos termos da Lei 9.433/97 (BRASIL, 1997), a água passa a ser caracterizada como um “bem econômico” dotado de valor, devendo a cobrança atuar no reconhecimento destas características, incentivando a racionalização do seu uso e colaborando para a obtenção de recursos financeiros para a gestão.

Contudo, no processo de aplicação da lei, a interpretação desta utilizando o senso comum ocasiona graves distorções na sua implementação e, conseqüentemente, na sua eficiência. Além dos desentendimentos conceituais decorrentes deste senso comum em que valor, preço e custo são empregados como sinônimos, a vagueza inerente ao termo valor torna bastante difícil sua aplicabilidade. Adicionalmente, discutem-se os limites de exigência e funcionalidade da cobrança, visto que, embora esta seja indicada como um instrumento arrecadatário de recursos, não pode ser considerada a única fonte para este fim, mas deve ser suficiente para estimular a racionalização do uso do recurso hídrico. Estes, entre outros tópicos, vêm sendo discutidos pela ONU desde 2000 através do World Water Assessment Program (WWA), cabendo ao segundo relatório (UNITED NATIONS, 2006) o debate sobre valoração e cobrança, entre outros tópicos.

Na primeira seção deste trabalho é dada continuidade a essa discussão, apresentando questões conceituais e teóricas que norteiam a cobrança pelo uso da água, de forma a construir as bases para o entendimento e a contextualização da proposta. Na sequência, apresenta-se a metodologia da proposta de cobrança para a garantia da sustentabilidade técnico-financeira da gestão em bacias hidrográficas, que é posteriormente ensaiada em dados reais da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) onde já existe a cobrança pelo uso da água bruta. O texto é finalizado com breves discussões dos resultados apresentados.

## CONSIDERAÇÕES ACERCA DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA BRUTA

Em 380 a.C., Platão referiu-se à água como “a melhor de todas as coisas”, embora fosse ela também a mais barata, devido a sua não raridade (PLATÃO, 2010). Séculos mais tarde, em 1776, quando da publicação da sua principal obra, *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, Adam Smith discutiu os aspectos que envolviam o conceito de valor e introduziu a dicotomia “valor de uso – valor de troca” (SMITH, 1904). O exemplo utilizado para esclarecer a sutileza que distingue essas adjetivações substantivas foi divulgado como “paradoxo do valor” ou “paradoxo da água e do diamante”. A discussão proposta por Adam Smith centrava-se na categoria valor e na sua distinção em relação ao preço, conforme verificado no mercado, permitindo assim identificar os critérios que regulavam as trocas das mercadorias.

Dos filósofos da antiguidade, passando por inúmeros pensadores ao longo dos séculos, diversas foram as discussões relacionadas à categoria valor no âmbito da economia e na forma como este se expressa em preços de mercado, não resultando em conceito ou metodologia única e precisa. Entretanto, a despeito das divergências ideológicas e considerando a amplitude conceitual do termo

valor, é consenso entre as diversas correntes de pensamento que embora todo produto que tenha um preço, também tenha valor, a recíproca não é necessariamente verdadeira.

Já no século XXI, de forma específica para o tema “água”, a discussão foi retomada por um pequeno grupo de técnicos e acadêmicos de diversas áreas de conhecimento, reunidos em novembro de 2000, durante uma oficina realizada em Caracas – Venezuela (BISWAS, 2004). Durante o encontro discutiu-se o significado dos termos “valor” e “valoração” de recursos hídricos, considerando-se a amplitude de entendimento possível. O objetivo básico da discussão foi o esclarecimento conceitual dos termos, evidenciando benefícios e limitações do processo de valoração (MATTHEWS; BROOKSPIRE; CAMPANA, 2001). Diversos outros textos da literatura também centraram suas atenções nessa temática (FREEMAN, 1993; HANEMANN, 2006; YOUNG, 2005; MARCOUILLER; COGGINS, 1999a, 1999b; ROGERS; BHATIA; HUBER, 1998; ROGERS SILVA; BHATIA, 2002).

O avanço da implementação da cobrança como instrumento de gestão de recursos hídricos na última década tem demonstrado ainda mais a necessidade de mitigar os conflitos conceituais existentes. Para corroborar esta afirmação, United Nations (2006) adverte que, em diversas ocasiões, não especialistas incorretamente consideram preços observados ou cobrança como valor econômico.

No relatório intitulado Água: uma responsabilidade compartilhada, o Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da ONU discutiu a importância da valoração da água para o processo de planejamento e gestão de recursos hídricos. Parte da discussão fundamentou-se nos equívocos relacionados à interpretação dos termos “valor” e “preço” como sinônimos perfeitos, desconsiderando a incapacidade dos preços de mercado de expressar a complexidade social que fundamenta a importância da água. Ciente destes equívocos, tomando como base a literatura mais recente, conforme

discutida em Teixeira (2012), apresentam-se, de forma sistematizada, os seguintes conceitos:

- a) valor: variável abstrata impregnada de elementos subjetivos e não subjetivos relacionados às preferências e aos usos individuais que visa indicar a importância de um determinado bem. O termo é corriqueiramente utilizado como substituto dos termos “preço” e “custo”;
- b) valor econômico: corresponde aos elementos do valor que, segundo os interesses observados, devem ser mensurados e hierarquizados. É um conceito temporal e culturalmente flexível;
- c) preço: representação monetária que busca indicar ao consumidor, em termos quantitativos precisos, os elementos do valor econômico. Baseia-se em critérios diversos como custo de transporte e logística, mas também em preferências culturais ou sociais.

Os limites que separam essas categorias não são rígidos. Diversos são os fatores que podem alterar o comportamento da sociedade, sugerindo que atributos anteriormente considerados meras preferências individuais ou coletivas devem ser economicamente valorados e até mesmo integrados ao preço. O recurso hídrico *per se* é um bem que exemplifica essa situação. Anteriormente observado como um recurso natural livre e disponível, embora valorado em sentido amplo, não se configurava como um bem passível de valor econômico. Contudo, desde as últimas décadas, a água vem sendo tratada como um bem econômico passível de escassez qualitativa e quantitativa, resultando na discussão do preço da água que, no processo de gestão de recursos hídricos, encontra duas referências: como preço unitário relaciona-se à unidade de medida por modalidade de uso (captação, consumo ou diluição); como preço total refere-se ao somatório das parcelas pagas através da cobrança, expresso através de uma fórmula que, segundo orientações internacionais (UNITED NATIONS, 2006), deve atender aos seguintes critérios:

- a) sustentabilidade financeira: a cobrança deve observar uma arrecadação cujos montantes

sejam suficientes para o financiamento presente e futuro das obrigações do sistema;

- b) princípio usuário-pagador: os usuários devem pagar o equivalente ao custo que o seu uso impõe à sociedade. Estes custos podem relacionar-se com aspectos qualitativos ou quantitativos decorrentes da presença do usuário. Esse critério inclui, mas não se limita ao custo imposto pelo lançamento de efluentes. Logo, a limitação desse conceito ao critério poluidor-pagador desconsidera as demais formas de interferência do usuário na bacia.

Adicionalmente, para o sucesso da implementação da cobrança, esta deve se apresentar de forma simples, transparente e prognóstica, isto é, deve ser de fácil entendimento, permitindo entender, de forma clara, como todos os grupos usuários participam do processo, e também ser passível de replicação para antecipação e planejamento dos usuários.

Ainda no que concerne à estrutura da cobrança, esta deve estar integrada aos objetivos estabelecidos e hierarquizados pelos decisores, bem como é imperativa sua articulação em conjunto com os demais instrumentos de gestão. Não se trata apenas de estabelecer um preço unitário e aplicá-lo sobre o volume hídrico demandado pelo usuário para a obtenção de um montante qualquer. A cobrança deve viabilizar a condução do sistema de recursos hídricos ao encontro das metas estabelecidas. Dessa afirmação depreende-se que: 1) a cobrança não pode funcionar de forma eficiente se for isolada dos demais instrumentos de gestão; 2) a funcionalidade da cobrança está vinculada aos objetivos que devem ser previamente definidos para esta.

No Brasil, antes mesmo da primeira experiência de cobrança com base nos critérios da Lei 9.433/97, alguns pesquisadores apresentaram propostas fundamentadas em princípios microeconômicos de eficiência com objetivos de financiamento do processo de gestão, estímulo ao uso racional e mitigação das externalidades (CARRERA-FERNANDEZ; GARRIDO, 2001, 2002; MOTTA, 2006; RIBEIRO; LANNA; PEREIRA, 1999). Todavia, a modelagem

matemática das metodologias de otimização propostas pelos autores requer um nível de conhecimento não trivial das teorias econômicas, o que certamente desencoraja a sua aprovação pelos decisores. Disto decorre também a constatação de que os modelos apresentados não atendem às características de simplicidade, transparência e prognosticidade, conforme indicado pela ONU.

É correto afirmar que a inexistência de mercados formais e, conseqüentemente, os preços para os recursos naturais em geral implicam no desenvolvimento de técnicas especiais para a identificação destes. Nesse contexto, os esforços para obtenção de métricas de preços unitários ou preços totais mais adequados que considerem as especificidades regionais estão longe de se esgotar, devendo ser permanentemente observado que a cobrança atenda aos critérios básicos estabelecidos, dentre os quais, a sustentabilidade, para a qual é apresentada uma proposta metodológica na próxima seção.

## SUSTENTABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA DA GESTÃO

O entendimento do conceito de sustentabilidade baseia-se na independência dos decisores da bacia<sup>1</sup> (comitê e agência) em relação ao suporte financeiro de longo prazo. Na implantação do processo de gestão, considerando-se os diferentes níveis de degradação das bacias hidrográficas, a interpretação equivocada desse critério pode criar conflitos entre os vultosos recursos inicialmente necessários e a capacidade de pagamento dos

<sup>1</sup> De forma geral, os decisores não se restringem aos usuários diretos do recurso hídrico. No Brasil, no âmbito da bacia, são os comitês ou órgãos colegiados da gestão, com poderes normativo, consultivo e deliberativo. Seus integrantes são usuários, representantes da sociedade civil e representantes governamentais das diversas esferas. Entretanto, no entendimento mais comum, o termo mais amplo "órgão gestor" é reservado às instituições públicas federais e estaduais, tais como a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (Inema-BA). No presente trabalho, ambos os termos, decisores e gestores, serão tratados como substitutos, com a devida indicação de distinção na hierarquia governamental quando necessário.



usuários, inviabilizando todo o processo de gestão. A sustentabilidade não deve ser interpretada como uma orientação para que todos os gastos planejados na bacia (despesas, custos e/ou investimentos) sejam financiados com recursos da cobrança desde a sua implementação, todavia, entende-se que ela deve ser suficiente para financiar as obrigações do sistema.

No que concerne à legislação brasileira, a Lei 9.433/97 no art. 19, item III, explicita que a cobrança seja indicada para a arrecadação de recursos financeiros para as obras e intervenções previstas no Plano de Bacia (BRASIL, 1997), sem estabelecer limites mínimos ou máximos dessa correlação, indicando apenas que as despesas de administração e o custeio administrativo do sistema de gestão não podem absorver mais de 7,5% do total arrecadado.

No início do processo, é lícito supor que os usuários não devem arcar com os investimentos em recuperação e revitalização de um corpo hídrico até então considerado um mero receptor de efluentes e/ou fornecedor inesgotável de água. Todavia, sendo os mesmos usuários do recurso, eles devem sim contribuir financeiramente para realização das metas estabelecidas no Plano Diretor da Bacia, permitindo que a cobrança atue como um instrumento que os estimule a “reconhecer o valor econômico da água”. A medida dessa contribuição está diretamente associada aos gastos planejados, que podem ser classificados como:

a) despesas administrativas: relacionam-se à manutenção da infraestrutura administrativa básica para exercício da gestão da bacia; referem-se, portanto, as despesas com aluguéis, telecomunicações, editoração e pessoal administrativo, entre outras. Nesta rubrica, a variação financeira decorre da oscilação de preços no mercado em geral, sem associação direta com o uso do recurso hídrico;

**Sendo os comitês de bacia órgãos colegiados aptos à tomada de decisão, a autossuficiência financeira destes evita ingerência administrativa**

b) custos técnicos de gerenciamento: referem-se a realização de estudos e projetos diversos para implantação, acompanhamento e manutenção de obras; monitoramento; criação de uma base de dados e informações de usuários e indicadores gerais e implantação do processo de gestão participativa;

c) investimentos para melhoria da qualidade e aumento/manutenção da disponibilidade hídrica: relacionam-se às intervenções direcionadas à execução das obras para atender às metas estabelecidas pelos decisores. Essa rubrica é influenciada pelo estado atual e o futuro desejado para as águas na bacia, que vão determinar as obras a serem realizadas, bem como o aporte de recursos necessários;

d) custos de manutenção: surgem após a implantação do processo de gestão e execução das obras de melhoria da qualidade ou aumento/manutenção da disponibilidade hídrica. Correspondem aos custos para manutenção da estrutura operacional do sistema de gerenciamento, bem como para atualização e manutenção da base de dados e informações.

Considerando-se essa estrutura de gastos, a sustentabilidade financeira da gestão é garantida quando os recursos da cobrança são minimamente suficientes para financiar a parcela a (despesas administrativas). Ressalta-se que, sendo os comitês de bacia órgãos colegiados aptos à tomada de decisão, a autossuficiência financeira destes evita ingerência administrativa, bem como pressões externas na análise e na votação dos decisores.

Adicionalmente, para que seja também assegurada a qualidade da decisão, faz-se necessária a sustentabilidade técnica garantida pelos estudos, projetos e monitoramento classificados no item b (custos técnicos de gerenciamento). Sendo os comitês também autossuficientes nesse quesito, é assegurado a estas informações precisas e adequadas

aos seus interesses, não dependendo de organismos exteriores para a contratação de estudos e, conseqüentemente, a obtenção de argumentos que fundamentem suas decisões.

Dessas afirmações resulta que existe um limite mínimo necessário imposto à arrecadação que vai assegurar:

- a) a independência financeira do órgão gestor da bacia na condução dos seus projetos e planos;
- b) a base técnica de informações para embasamento na tomada de decisão;
- c) a permanência da percepção do valor econômico da água pelos usuários.

Destes três itens, os dois primeiros são indicadores básicos para a sustentabilidade técnico-financeira do processo de gestão de uma bacia hidrográfica, sendo aqui a base para a metodologia da proposta. Reitera-se que a importância dessa parcela reside não apenas na autonomia administrativa que esta permite aos decisores, mas também, em assegurar recursos para estudos, projetos e monitoramento, tornando possível a formação de uma base técnica consistente de dados e informações que vão se traduzir em melhoria qualitativa nas decisões.

No desenvolvimento metodológico da proposta, inicialmente admite-se a parcela de sustentabilidade como adicional à cobrança, calculada por finalidade de uso e proporcional à participação destas finalidades no total de volume captado na bacia analisada. Na presente proposta são definidos como classes de finalidades de uso: indústria, agricultura, criação animal, mineração, abastecimento e esgotamento sanitário. Para simplificação e ainda considerando-se representatividade ou contravérsias regulamentares ainda não resolvidas, são desconsiderados os usos da água bruta para fins de geração de energia ou piscicultura.

Assim, calculam-se os montantes relacionados à sustentabilidade atribuídos a cada grupo de usuários, através da fórmula:

$$stf_i = STF \times \frac{V_{Cap_i}}{V_{cap}}, i \in \mathcal{F}$$

Em que:

- $stf_i$ : montante de recursos para sustentabilidade técnico-financeira oriundos de cada grupo de finalidade no conjunto  $\mathcal{F} = \{\text{indústria; agricultura, criação animal, mineração, abastecimento e esgotamento sanitário}\}$ ;
- $STF$ : montante requerido para a sustentabilidade técnico-financeira da bacia, conforme definido pelo plano;
- $V_{cap_i}$ : percentual da captação do grupo de finalidade de uso no volume total captado pela bacia ( $V_{cap}$ ), conforme definido pelos estudos de diagnóstico da bacia, previamente elaborados à implantação da cobrança.

Em etapa seguinte, para cada usuário haveria a distribuição condominial da parcela de sustentabilidade técnico-financeira, ou seja:

$$stf_i = STF \times \frac{V_{Cap_i}}{V_{cap}}, i \in \mathcal{F}$$

Em que:

- $stfu_i$ : pagamento por usuário para cobertura de gastos associados à sustentabilidade técnico-financeira;
- $N_i$ : número de usuários na classe de finalidade de uso.

O somatório dos montantes pagos por cada grupo de finalidade de uso comporia o montante determinado para a sustentabilidade técnico-financeira da bacia, ou seja,

$$STF = \sum_{i \in \mathcal{F}} stf_i$$

No que concerne à base de usuários para a cobrança, no atual sistema, os comitês de bacia estabelecem limites mínimos de isenção, sendo esses quantitativos considerados usos de pouca expressão para a bacia. Dessa opção surgem dois problemas fundamentais: embora usuários isentos, individualmente considerados, possam ser pouco representativos para a bacia, um conjunto de usuários na mesma condição não necessariamente tem

a mesma característica. Por sua vez, para estes mesmo usuários, ainda individualmente considerados, o recurso extraído não é de pouca expressão e tem alto valor econômico.

Assim, pela presente proposta, todos os usuários devidamente cadastrados no sistema de gestão são responsáveis pela sustentabilidade técnico-financeira deste. Disso resulta que não seria considerada qualquer isenção relacionada ao uso de pouca expressão. Dessa forma, mesmo aqueles que não arcam com os ônus relativos ao uso direto do recurso hídrico seriam integrados ao sistema de gestão, sendo também responsáveis pela sua manutenção administrativa e técnica, o que contribuiria para o reconhecimento do valor econômico da água.

No que concerne aos princípios econômicos fundamentais, a repartição dos encargos totais com gastos associados à sustentabilidade técnico-financeira entre os grupos de usuários, considerando-se as finalidades de uso, permite atender aos requisitos de equidade vertical e horizontal, visto que a contribuição é igualmente distribuída entre usuários da mesma finalidade de uso (equidade horizontal), mas proporcional à participação de cada grupo de usuários de mesmo fim (equidade vertical). Todavia, deve ser alertado que esse mecanismo de repartição não considera a capacidade de pagamento dos usuários individualmente ou conjuntamente considerados, logo não atende ao critério de justiça distributiva.

Quanto à exigência prévia de informações sobre os custos e despesas, esclarece-se que estas são levantadas quando da elaboração do Plano de Bacia que é condição *sine qua non* para a implementação dos demais instrumentos de gestão (cobrança, outorga e enquadramento).

## APLICAÇÃO E RESULTADOS

Segundo informações da Agência Nacional de Águas (ANA), a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) apresenta uma área de drenagem de 638.576 km<sup>2</sup>, banhando 504 municípios dos estados de Alagoas (50), Bahia (114), Goiás (3), Minas Gerais (239), Pernambuco (69) e Sergipe (28) além do Distrito Federal. Dados do último Censo Demográfico (2010) informam uma população de mais de 14 milhões de habitantes e densidade demográfica de 22,4 habitantes/km<sup>2</sup> na bacia. A BHSF foi a terceira bacia federal a implementar a cobrança pelo uso da água em rios federais, iniciada em julho de 2010, e arrecadando até o momento (agosto/2010 a maio/2013) R\$ 54.589.833,46, sendo aproximadamente 39% deste montante apenas no ano de 2012.

O Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH) informa que na BHSF existem 5.529 usuários registrados e identificados no sistema do CNARH, contudo apenas 4.408 destes estão sujeitos à cobrança até o presente momento.

**Tabela 1**  
**Dados gerais dos usuários cadastrados na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Abr. 2013**

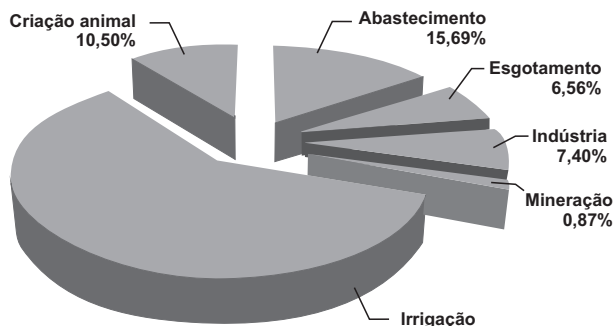
Grupo	Nº declarações		Vazão captada (m <sup>3</sup> /ano)	
	Total	Cobrança	Total	Cobrança
Usuários cadastrados	5.529	4.408	13.641.023.872,03	7.719.655.823,97
Usos selecionados	3.949	3.007	12.717.923.663,60	6.809.503.061,52
Abastecimento	283	155	2.937.351.642,16	1.591.664.112,81
Esgotamento	116	87	1.228.208.851,67	1.113.820.009,69
Indústria	380	353	1.385.468.638,46	218.922.116,84
Mineração	164	148	163.470.801,32	106.946.344,64
Irrigação	2.220	1.602	11.038.645.561,78	5.387.008.035,79
Criação animal	1.226	1.043	1.965.770.715,82	751.550.256,43

Fonte: Elaboração própria com base em dados do CNARH referentes a abril/2013.

Nota: Existem usuários cadastrados em mais de uma finalidade de uso, motivo pelo qual os somatórios das parcelas de número de declarações e vazão captada não correspondem ao total das finalidades selecionadas.

Os usos selecionados para a aplicação da proposta correspondem a 71,42% dos registros totais e 93,23% da vazão anual captada na bacia, atestando a representatividade da amostra.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, o uso para irrigação é o mais representativo na bacia, não apenas no concernente ao número de registros, mas também à vazão anual captada.



**Gráfico 1**  
Vazão anual captada por grupo de finalidade de uso - Abr. 2013

Fonte: Elaboração própria com base em dados do CNARH referentes a abril/2013.

Para a aplicação da proposta, a partir dos dados da Tabela 1, obtêm-se os percentuais por grupo usuário para a vazão anual captada segundo a finalidade de uso e definem-se as bases gerais para cálculo de sustentabilidade. Conforme anteriormente definido, não são estabelecidos critérios de isenção decorrentes de uso de pouca expressividade. Adicionalmente, a indisponibilidade de dados detalhados para os usuários cadastrados em mais de uma finalidade de uso resulta em uma diferença de quase 50% no total de vazão captada, por essa razão admite-se o somatório das parcelas como base para  $V_{cap}$  (18.718.916.211,21m<sup>3</sup>/ano) distribuído proporcionalmente entre os grupos de finalidade de uso, conforme demonstrado no Gráfico 1.

No que concerne ao montante financeiro para a sustentabilidade a ser rateado entre os usuários, o Plano Decenal da BHSF 2004-2013 estimou a necessidade de R\$ 5.206.443.000,00 para o total de intervenções na bacia relacionadas aos cinco

**Tabela 2**  
Alocação dos investimentos do Plano Decenal da BHSF segundo componentes

Componentes	Investimento previsto (R\$)
I – Implementação do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia (SigHri)	91.500.000,00
I.1 – Fortalecimento da articulação e compatibilização das ações dos órgãos públicos atuantes na bacia	6.000.000,00
I.2 – Implementação e fortalecimento dos instrumentos institucionais de gestão (comitê, agência, órgãos gestores) e de capacitação da bacia	54.750.000,00
I.3 – Desenvolvimento e implantação dos instrumentos de regulação do uso dos recursos hídricos da bacia	23.550.000,00
I.4 – Desenvolvimento e implantação de um plano de educação ambiental	7.200.000,00
II – Uso sustentável dos recursos hídricos e recuperação ambiental	141.840.000,00
III – Serviços e obras de recursos hídricos e uso da terra	128.010.000,00
IV – Serviços e obras de saneamento ambiental	4.379.992.998,00
V – Sustentabilidade hídrica do semiárido	465.100.002,00

Fonte: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2004).

componentes que indicam as ações e atividades programadas para o período, distribuídas conforme apresentado na Tabela 2. Entre os componentes de investimento, as ações ligadas à gestão totalizam R\$ 91.500.000,00, sendo a atividade I.3 a de caráter mais urgente, pois garantiria as condições para implementação dos demais instrumentos de gestão (outorga, cobrança e enquadramento), bem como a fiscalização integrada e sistemas de suporte à tomada de decisão.

**Tabela 3**  
Montantes para sustentabilidade técnico-financeira do CBHSF

Grupo de finalidade de uso	stfi	stfui
Abastecimento	606.910,82	2.144,56
Esgotamento	253.770,52	2.187,68
Indústria	286.263,28	753,32
Irrigação	2.280.787,00	1.027,38
Mineração	33.776,07	205,95
Criação animal	406.164,35	331,29
	3.867.672,04	---

Fonte: Elaboração própria.



**Tabela 4**  
**Impactos da STF sobre a cobrança – Usuários selecionados**

CNARH	UF	Cobrança 2012	Finalidade	STF/Cobrança
260005284836	PE	142.332,48	Abastecimento público	1,51%
280005404631	SE	31.063,73	Abastecimento público	6,90%
290005712279	BA	364.536,00	Abastecimento público	0,59%
280005261008	SE	2.718,29	Esgotamento sanitário	80,48%
290005262729	BA	2.591,62	Esgotamento sanitário	84,41%
310005998677	MG	6.917,15	Esgotamento sanitário	31,63%
270005260209	AL	5.028,84	Indústria	14,98%
280005381917	SE	3.089,05	Indústria	24,39%
290005257563	BA	9.893,77	Indústria	7,61%
310005256425	MG	16.383,16	Indústria	4,60%
260005234308	PE	1.050,85	Irrigação	97,77%
260005310500	PE	3.087,76	Irrigação	33,27%
290005639768	BA	780,96	Irrigação	131,55%
520005225228	GO	1.201,23	Irrigação	85,53%
310005696662	MG	128,07	Criação animal	258,68%
290005331984	BA	450,00	Mineração	45,77%
310005909160	MG	2.876,53	Mineração	7,16%

Fonte: Elaboração própria.

O plano distribuía as ações e atividades previstas para o período de oito anos (2004-2011), resultando em uma média anual de R\$ 11.437.500,00 de investimentos para a gestão (Componente I). Tomando-se como base essa programação de investimentos, admite-se que já houve implementação dos diversos elementos institucionais de gestão, reduzindo as necessidades atuais a 10% do volume de investimentos inicial, correspondendo a gastos anuais de R\$ 1.143.750,00 para a gestão da bacia.

Adicionalmente, com a implementação da cobrança em 2010 e a indicação da Agência Peixe Vivo (AGB Peixe Vivo) como entidade delegatária para o exercício das funções de Agência de Bacia, têm-se disponíveis dados atualizados das despesas de custeio administrativo dos órgãos gestores da bacia (agência e comitê) através dos relatórios de demonstrações financeiras. Segundo estes documentos, no ano de 2012, apenas os gastos da agência totalizaram R\$ 2.723.922,04 (AGB PEIXE VIVO, 2013).

Assim, toma-se como base de condições de sustentabilidade técnico-financeira o montante de R\$ 3.867.672,04, correspondente ao somatório dos recursos de 10% das ações de gestão previstas no

plano e gastos de custeio administrativo da Agência da Bacia. Este seria o montante que garantiria ao CBHSF a independência e a qualidade técnica na tomada de decisão, assegurando suas atividades.

Conforme proposta metodológica descrita na seção anterior, calculam-se os montantes por grupo de finalidade e por usuário em cada grupo de finalidade, obtendo-se as cifras apresentadas na Tabela 3.

Para análise dos impactos dessa parcela sobre a cobrança atual<sup>2</sup>, foram selecionados alguns usuários para as diversas finalidades estudadas, tomando os montantes pagos em 2012 (Tabela 4). Os resultados não são uniformes entre os grupos de finalidade de uso, contudo, destacam-se os resultados em *irrigação* e *criação animal*, cuja cobrança final pela atual fórmula é reduzida por coeficiente específico, não aplicado aqui à parcela de sustentabilidade.

O acréscimo bastante expressivo para algumas finalidades, a princípio, poderia desestimular

<sup>2</sup> Após estudos específicos para a BHSF (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2007; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; SUPERINTENDÊNCIA DE APOIO À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2008), foram estabelecidos critérios e preços unitários que definem a atual metodologia de cobrança pelo uso da água na bacia.

a efetiva implementação da proposta. Contudo, adverte-se que os baixos valores atualmente cobrados, bem como os mecanismos propostos, proporcionaram até o momento uma arrecadação que corresponde a apenas 1,05% dos recursos necessários para todos os investimentos da bacia, conforme determinado pelo plano. Mesmo sabendo que tais investimentos não devem ser pagos em sua totalidade com os recursos da cobrança, a baixa expressividade desta, diante das necessidades de ações e intervenções apresentadas pelos decisores, é razão suficiente para que seja questionada a eficiência do modelo atual. Consequentemente, os impactos calculados não devem ser observados como impeditivos à proposta de aplicação da parcela adicional de sustentabilidade.

### CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS

No presente trabalho foi apresentada uma proposta de inserção na cobrança de uma parcela adicional referente à sustentabilidade técnico-financeira da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Como ponto de partida discutiram-se algumas questões conceituais que, por vezes, geram desentendimentos quanto à cobrança como instrumento econômico de gestão, evidenciando a importância dessa cobrança não apenas como uma fórmula que resulta em determinada cifra, mas como um mecanismo que busca explicitar a importância do recurso hídrico aos seus usuários, incentivando assim seu uso racional. Adicionalmente foram também apresentadas as bases que norteiam a noção de sustentabilidade técnico-financeira da bacia, permitindo a construção de uma proposta metodológica específica para esta.

Do ponto de vista normativo, as orientações que fundamentam essa proposta são explicitadas pela Lei 9.433/97 quando indica como função da cobrança a obtenção de recursos para o financiamento de programas e intervenções definidos pelo Plano de Bacia. No contexto teórico, essa proposta se adequa

às diretrizes estabelecidas pelos estudos da ONU, garantindo independência administrativa dos órgãos gestores da bacia e qualidade na tomada de decisão.

A opção pela inclusão de todos os usuários no cálculo permitiu a melhor distribuição dos recursos, buscando ainda proporcionar a estes a inserção no sistema de gestão. Assim, usuários isentos do pagamento da cobrança em razão de uso não expressivo são também responsáveis pela autonomia técnico-administrativa dos órgãos gestores, enquanto o pagamento da parcela de sustentabilidade possibilita a todos o reconhecimento do valor da água, não apenas como bem econômico, mas ainda como elemento essencial à vida.

O modelo proposto pode ser caracterizado como simples, transparente e prognóstico, atendendo aos critérios estabelecidos pela ONU, podendo também ser facilmente ajustado pelos decisores quanto às bases de referência para os cálculos.

Em busca da consolidação da proposta, este modelo foi aplicado em dados reais de usuários da água da BHSF, resultando em impactos adicionais significativos considerando-se a atual fórmula de cobrança. Contudo, os critérios atualmente em vigor geraram, até o presente momento, resultados ínfimos diante das necessidades estabelecidas para a bacia, pondo em questionamento a eficiência da atual metodologia de cobrança enquanto instrumento de gestão e, conseqüentemente, inviabilizando a sua utilização para a mensuração dos impactos.

Conclusivamente, a presente proposta retoma a discussão metodológica da cobrança pelo uso da água, inserindo elementos adicionais a serem observados, tanto no que concerne ao arcabouço teórico e conceitual, quanto a mecanismos de eficiência desta cobrança. Certamente, não se enceram aqui as discussões.

### REFERÊNCIAS

AGB PEIXE VIVO. *Prestação de contas do Contrato de Gestão nº 014/ANA/2010*: prestação de contas – exercício 2012: período 01 de janeiro de 2012 a 31 de dezembro de

2012. Disponível em: <<http://www.agbpeixevivo.org.br/index.php/contratos-de-gestao/agb-ana/contrato-no-14ana2010/prestacao-de-contas/exercicio-2012.html>>. Acesso em: 12 maio 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Estudo prognóstico sobre a viabilidade econômico-financeira para criação da agência da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco*. Salvador, 2007. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/download/centro-de-documentacao/estudos-sobre-cobranca/NT19.Potencial.de.Arrecadacao.e.Viabilidade.da.Agencia.28.03.2007.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos*. Disponível em: <<http://cnaingestor.ana.gov.br/>>. Acesso em: 2 maio 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; SUPERINTENDÊNCIA DE APOIO À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. Subsídios para as discussões visando ao estabelecimento dos valores dos coeficientes que comporão a metodologia de cobrança pelo uso de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. *Nota Técnica*, [S.l.], n. 42, 2008. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/BaciaSF/Textos/NT42CoeficientesCobrancaSF17082008.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2012.

BISWAS, Asit K. From Mar Del Plata to Kyoto: an analysis of global water policy dialogue. *Global Environmental Change*, [S.l.], n. 14, p. 81-88, 2004.

BRASIL. Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 29 mar. 2010.

CARRERA-FERNANDEZ, José; GARRIDO, R. Teorias e metodologias de cobrança pelo uso da água em bacias hidrográficas. *Economia*, Niterói, RJ, v. 2, n. 2, p. 447-484, 2001.

\_\_\_\_\_. *Economia dos recursos hídricos*. Salvador: EDUFBA, 2002.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/). Acesso em: 2 maio 2013.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco*: proposta para apreciação do plenário do CBHSF. Salvador: CBHSF, 2004. Disponível em: <<http://cbhsaofrancisco.org.br/plano-decenal-de-recursos-hidricos-2004>>. Acesso em: 1 nov. 2012

FREEMAN III, A. Myrick. *The measurement of environment and resource values: theory and methods*. Washington, DC: Resources for the Future, 1993. 516 p.

HANEMANN, W. Michael. The economic conception of water. In: ROGERS, P. P.; LLAMAS, M. R.; MARTINEZ-CORTINA, L. (Ed.). *Water Crisis: myth or reality?*. London: Taylor & Francis plc., 2006. cap. 04, p. 61-91.

MARCOUILLER, David; COGGINS, Scott. The economic value of water: an introduction. *Water Issues in Wisconsin*. Madison, WI: UW Extension, G3698-1, 1999a. Disponível em: <[http://www.wisconsinlakes.org/attachments/article/43/Intro\\_Econ-Value-of-Water\\_UWEX-G3698.pdf](http://www.wisconsinlakes.org/attachments/article/43/Intro_Econ-Value-of-Water_UWEX-G3698.pdf)>. Acesso em: 3 jul. 2009.

\_\_\_\_\_. How does the market value water resources? *Water Issues in Wisconsin*, Madison, WI: UW Extension, G3698-2, 1999b. Disponível em: <[http://www.wisconsinlakes.org/attachments/article/43/Market-Values-of-Water\\_UWEX\\_G3698-2.pdf](http://www.wisconsinlakes.org/attachments/article/43/Market-Values-of-Water_UWEX_G3698-2.pdf)>. Acesso em: 3 jul. 2009.

MATTHEWS, Olen P.; BROOKSPIRE, David S.; CAMPANA, Michael E. (Ed.). The economic value of water: results of a workshop in Caracas, Venezuela. *Water Resources Program*, Albuquerque, New Mexico: Water Resources Program, 2001.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. *Economia ambiental*. Rio de Janeiro: FGV, 2006. 226 p.

PLATO. *Euthydemus*. Tradução de Benjamin Jowett. [S.l.]: Athenaeum Library of Philosophy, 380b.C. Disponível em: <[http://evans-experientialism.freewebspace.com/plato\\_euthydemus03.htm](http://evans-experientialism.freewebspace.com/plato_euthydemus03.htm)>. Acesso em: 11 jan. 2010.

RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. ; PEREIRA, J. S. Elasticidade-preço da demanda e a cobrança pelo uso da água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 1999, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABRH, 1999. CD-ROM.

ROGERS, Peter; BHATIA, Ramesh; HUBER, Annete. Water as a social and economic good: how to put the principle into practice. *TAC Background Papers 02*, Stockholm-Sweden: Global Water Partnership – Technical Advisory Committee, 1998.

ROGERS, Peter; SILVA, Radhika de; BHATIA, Ramesh. Water is an economic good: how to use prices to promote equity, efficiency and sustainability. *Water Policy*, [S.l.], v. 4, n. 1, 1-17, 2002.

SMITH, Adam. *An Inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*. 5th ed. Chicago: Edwin Cannan ed, 1904. Disponível em: <<http://www.econlib.org/library/Smith/smWN.html>>. Acesso em: 9 nov. 2009.

TEIXEIRA, Telma. *Um método híbrido de cobrança pelo uso da água bruta*: incorporando o valor econômico da

água na gestão de recursos hídricos. 2012. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <[http://www.coc.ufrj.br/index.php/component/docman/doc\\_download/2360-telma-cristina-silva-teixeira-doutorado?Itemid=>](http://www.coc.ufrj.br/index.php/component/docman/doc_download/2360-telma-cristina-silva-teixeira-doutorado?Itemid=>). Acesso em: 3 mar. 2013.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs (UNDESA). Valuing and Charging for Water. *Water: a shared responsibility*. The 2<sup>nd</sup> UN World Water Development Report. New York-NY: Berghahn Books, 2006. p. 399-432.

YOUNG. Robert A. *Determining the economic value of water: concepts and methods*. Washington, DC: Resources for the Future, 2005. 340 p.

Artigo recebido em 15 de maio de 2013  
e aprovado em 17 de junho de 2013.

# Políticas e gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: uma análise do Comitê de Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe

*Élvia Fadul\**

*Lindomar Pinto da Silva\*\**

*Lucas Santos Cerqueira\*\*\**

\* Doutora em Urbanismo pela Université Paris XII - Institut d'Urbanisme de Paris e mestre em Politique urbaines, aménagement et gestion de l'es pela Université Paris XII - Institut d'Urbanisme de Paris. Professora e coordenadora do Programa de Pós-graduação em Administração da Universidade Salvador (Unifacs).  
elvia@unifacs.br

\*\* Doutor em Administração pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e mestre em Administração Estratégica pela Universidade Salvador (Unifacs). Professor do Programa de Pós-graduação em Administração da Unifacs. lindomar.silva@pro.unifacs.br

\*\*\* Doutorando em Desenvolvimento Regional e Urbano e mestre em Administração Estratégica pela Universidade Salvador (Unifacs).  
lucasscerqueira@gmail.com

## Resumo

Este artigo discute as políticas e os instrumentos de gestão das águas a partir da criação dos comitês de bacias hidrográficas como organismos de planejamento, gestão e regulação de recursos hídricos. O estudo apresenta o modelo de gestão instituído no Brasil, abordando a política nacional e estadual de recursos hídricos, e destaca as dificuldades e possibilidades de atuação dos comitês criados no estado da Bahia, focando especificamente no Comitê de Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe. Os dados relativos ao funcionamento deste comitê foram obtidos através das atas de reuniões plenárias realizadas entre 2008 e 2012, disponíveis no site do extinto Instituto de Gestão das Águas e Clima (Ingá), atualmente Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema). O estudo indica que este modelo de gestão apresenta limitações que ainda precisam ser superadas para que possa alcançar seu pleno funcionamento, cumprindo a sua finalidade.

**Palavras-chave:** Políticas de recursos hídricos. Gestão de recursos hídricos. Comitês de bacias hidrográficas. Comitê de Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe.



**Abstract**

*This article discusses the policies and instruments for water management from the creation of the Watershed Committees as organisms for planning, management and regulation of water resources. The study presents this management model instituted in Brazil, covering national politics and state resources, and highlighting the difficulties and possibilities of action of Basin Committees created in the state of Bahia, focusing specifically on the Comitê de Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe. The data relating to the operation of this committee were obtained through the minutes of plenary meetings held between 2008 and 2012, available on the website of INGA (currently IN-EMA). The study indicates that this management model has limitations that need to be overcome so that the committee can reach its full operation, fulfilling its purpose.*

**Keywords:** *Policies water resources, management of water resources, watershed committees; Comitê de Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe.*

## INTRODUÇÃO

A água é um bem finito, indispensável à vida humana e insubstituível para a sobrevivência das populações. Os debates em torno da problemática da água, apesar de amplos e abrangentes, ainda não esgotam todos os aspectos relativos a sua produção, distribuição e utilização. São várias as perspectivas através das quais se aborda este tema, mesmo do ponto de vista social. As discussões caminham em torno da água enquanto recurso natural, elemento físico material, sua quantidade e qualidade; e da água enquanto serviço público construído em forma de sistema e de redes de abastecimento, tratando de questões como poluição, má utilização, desperdício, direitos de uso, formas de captação, tratamento, comercialização, conflitos, controle social, dentre outros. Os enfoques centram-se no campo geográfico e territorial, do direito público, da engenharia sanitária e ambiental ou, ainda, no campo gerencial, com uma forte preocupação com a sustentabilidade social, política, ambiental e econômica deste bem.

Dentre as várias temáticas pesquisadas, analisadas e discutidas nos mais diversos estudos, dois aspectos destacam-se como essenciais para que as sociedades e, neste caso, as comunidades brasileiras, possam desenvolver mecanismos capazes de criar condições de domínio, controle e equilíbrio no uso da água: trata-se, de um lado, das políticas relacionadas aos recursos hídricos e, do outro, da gestão deste recurso enquanto serviço público.

Dentre os serviços públicos de infraestrutura no Brasil, a gestão da água é peculiar e se destaca dos outros serviços, quer sejam eles serviços públicos locais, a exemplo dos transportes públicos urbanos e da limpeza urbana, quer sejam eles territorialmente regionais ou nacionais, a exemplo da energia, das telecomunicações, do petróleo e do gás. No caso do abastecimento de recursos hídricos, da água, o serviço não foi privatizado, mas o setor passou por transformações estruturais e mudanças nos paradigmas de gestão, com a Lei nº

9.433 (BRASIL, 1997), também conhecida como Lei das Águas, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), conferindo poder de gestão a grupos ligados a cada uma das principais bacias hidrográficas do país, o que fez surgir os comitês de bacias hidrográficas. Esses comitês devem realizar uma gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos em um determinado território, utilizando instrumentos técnicos de gestão, de negociação de conflitos e de promoção dos usos múltiplos da água.

Esta política está fundamentada na integração, na descentralização e na participação. A integração envolve os vários usos da água, os usos e a ocupação do solo, os vários segmentos da sociedade e a intersecção do setor dos recursos hídricos e do meio ambiente e os três níveis de governo: federal, estadual e municipal. A criação da bacia hidrográfica como unidade territorial para a implementação da política e a constituição do Comitê de Bacia como seu órgão gestor representam a descentralização. A constituição e o funcionamento do comitê trazem as decisões para a instância mais próxima dos interessados e configuram a participação.

Os primeiros comitês de bacia criados no estado da Bahia datam de 2006. Passados sete anos observa-se que vários desses comitês ainda se encontram na fase inicial do processo de implementação, ainda não têm sustentabilidade financeira, carecem de apoio político e de capacitação para que seus membros possam dar cumprimento a sua missão institucional. Analisar o ambiente institucional que envolve a implementação da política nacional e estadual de recursos hídricos no Brasil, procurando entender de que modo ocorrem o planejamento e a gestão das águas no interior do Comitê de Bacia, é o objetivo central deste artigo. Paralelamente, apontam-se, também, as consequências da adoção desse modelo de gerenciamento para a regulamentação do uso da água, destacando-se as dificuldades e possibilidades de atuação dos comitês de bacia criados no

estado da Bahia, focando especificamente no Comitê de Bacia do Recôncavo Norte e Inhambupe.

Para o alcance dos objetivos, este artigo está estruturado em seis partes, a partir desta introdução, e apresenta inicialmente o modelo de gestão por comitês de bacias hidrográficas instituído no Brasil pela Lei nº 9433/97, mostrando quando e como estes começaram a ser implantados, destacando as razões explícitas e implícitas para a sua criação. Em seguida, o trabalho aborda as dificuldades e possibilidades de funcionamento dos comitês de bacias hidrográficas, estabelecendo uma discussão acerca dos limites e contradições de modelos participativos na forma como foram instituídos no país a partir da Constituição de 1988. Apresenta o processo de institucionalização dos comitês de bacia de modo geral no estado da Bahia, analisando a dinâmica da gestão no âmbito do Comitê de Bacia do Recôncavo Norte e Inhambupe (CBHRN/CBHRNI) no exercício de suas competências formais, através da análise das atas que registram os assuntos tratados nas reuniões, as deliberações, o processo de tomada de decisões e como estas se efetivam no Conselho Estadual de Recursos Hídricos (Conerh) e nos organismos estaduais. Por fim, o texto empreende algumas reflexões que permitem chegar às conclusões acerca deste processo.

## O MODELO DE GESTÃO POR COMITÊS DE BACIA NO BRASIL

No final da década de 90, a Lei nº 9433/97, art. 1º, vem dar nova versão à gestão de recursos hídricos no país, definindo os fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos da seguinte forma:

- a) a água é um bem de domínio público; b) a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; c) em situações de escassez,

### **Os comitês de bacia são organismos de gestão para determinada bacia hidrográfica com o objetivo de realização de uma gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos em um território**

o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; d) a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; e) a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; f) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

Esta lei, que institui a política nacional e trata do sistema de gerenciamento nacional dos recursos hídricos, passa a ser o marco para a questão das águas, definindo uma multiplicidade de instrumentos, de níveis, atores e organismos envolvidos no sistema, como se pode verificar no art. 33 da Lei nº 9433/97, que diz:

Integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos:

- I - o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; a Agência Nacional de Águas; II - os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; III - os Comitês de Bacia Hidrográfica; IV - os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; V - as Agências de Água (BRASIL, 1997).

Esta lei também estabelece que os comitês de bacia hidrográfica constituem a base do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, no qual participam representantes do poder público, dos usuários das águas e das organizações da sociedade com ações na área de recursos hídricos. Os comitês de bacia são organismos de gestão para determinada bacia hidrográfica com o objetivo de realização de uma gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos em um território, por meio da implementação dos instrumentos

técnicos de gestão, da negociação de conflitos e da promoção dos usos múltiplos da água. Dentre suas competências destacam-se: arbitrar os conflitos relacionados aos recursos hídricos naquela bacia hidrográfica; aprovar os planos de recursos hídricos; acompanhar a execução do plano e sugerir as providências necessárias para o cumprimento de suas metas; estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos, sugerir os valores a serem cobrados e definir os investimentos a serem implementados com a aplicação dos recursos da cobrança.

Enfim, os comitês de bacia hidrográfica deverão articular os diversos agentes em caso de conflito, aprovar o plano de recursos hídricos e a implantação da cobrança pelo uso da água.

De acordo com Kettelhut, Amore e Leeuwestein (1998),

a implementação dos comitês de bacias hidrográficas implica modificações profundas no âmbito cultural e administrativo do Estado brasileiro. Os comitês marcam o início da ruptura com políticas desenvolvimentistas e ambientais pontuais e são peças fundamentais para a garantia do sucesso da gestão sustentável dos recursos hídricos no Brasil (KETTELHUT; AMORE; LEEUWESTEIN 1998, p. 5).

Essa constatação reforça a importância deste estudo, não apenas do ponto de vista teórico que lhe dá sustentação acadêmica, mas, sobretudo, do ponto de vista dos seus resultados práticos, tanto no que se refere ao entendimento desse novo modelo, como também das possibilidades de aportar subsídios que auxiliem o seu desenvolvimento.

Este modelo brasileiro de gestão foi inspirado na experiência francesa de gestão de recursos hídricos e de saneamento, considerada uma das mais bem-sucedidas da Europa central (MACHADO, 2003). A experiência francesa tem como base a ampla participação dos usuários de água e, como

um dos instrumentos, a cobrança pelo uso do recurso, delegando aos comitês a responsabilidade pela arrecadação e pela destinação da receita.

A gestão dos recursos hídricos no Brasil sempre

foi constituída de forma fragmentada, com inúmeros organismos, consórcios intermunicipais, associações e órgãos governamentais. A adoção deste modelo de gerenciamento por bacias hidrográficas parece acompa-

nhar uma tendência mundial, mas também encontra algumas explicações locais de ordem econômica, política e social. Para Kettelhut, Amore e Leeuwestein (1998, p. 1), “a existência de conflitos relacionados ao uso de recursos hídricos está na origem da criação das primeiras unidades gestoras de bacias hidrográficas”. Os autores esclarecem que foram as pressões de entidades governamentais, organizações não governamentais e usuários que levaram o Estado a definir uma política nacional de águas, processo este que se estendeu por quase dez anos, resultando na Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997.

Já Abers e Jorge (2005, p. 18), procurando entender os fatores que levaram o país a criar tantos comitês de bacia sem a devida institucionalização dos instrumentos de gestão que dessem suporte econômico e político a esses organismos, constata que “a variedade de motivações e iniciativas de criação de comitês é intrigante, pois, à primeira vista, sugere a inexistência de uma lógica sistemática por trás da criação de quase 100 comitês de bacia no Brasil”. Nessa variedade de motivações, as autoras destacam ainda a perspectiva da implantação da cobrança pelo uso da água, a questão ideológica ligada ao bem “água”, a possibilidade de melhor articulação entre os atores envolvidos, o processo de descentralização de políticas públicas desencadeado pela Constituição de 1988 e consolidado pela reforma do Estado de 1995, o estímulo também daí decorrente de criação de instâncias e fóruns de participação da sociedade. Ou seja, a existência de

**Os comitês de bacia hidrográfica deverão articular os diversos agentes em caso de conflito, aprovar o plano de recursos hídricos e a implantação da cobrança pelo uso da água**

conflitos pode ter sido uma das motivações (KETTELHUT; AMORE; LEEUWESTEIN, 1998), mas, também, não se podem ignorar a existência de problemas ambientais e hídricos, a intenção dos governos estaduais de se adequarem às leis, e a necessidade de se criarem comitês para se conseguir financiamento ou se adequar a contratos com agências internacionais (ABERS; JORGE, 2005).

Apesar de a Lei nº 9.433/97 ser, hoje, um marco para o planejamento e a gestão das águas e uma inovação institucional, procurando-se entender o modelo no seu aspecto operacional, a multiplicidade de instrumentos, de níveis, de atores e de organismos envolvidos no sistema nacional revela uma aparente diluição de poder e de atribuições. São vários organismos cuidando do mesmo serviço, como se pode verificar no art. 33 desta lei, sendo que os comitês de bacia, unidades institucionais de gestão, fundamentais para o sistema, não são órgãos com poder deliberativo, além de funcionar em estrutura colegiada e participativa. Nesse cenário, para investigar o processo de institucionalização dos comitês de bacias hidrográficas, identificando as suas possibilidades e limitações, as análises basearam-se em dois dos pilares sobre os quais se assenta o modelo, quais sejam: descentralização e participação.

## **DESCENTRALIZAÇÃO E PARTICIPAÇÃO NOS COMITÊS DE BACIA**

A discussão acerca das inovações institucionais estabelecidas pela Lei das Águas no campo das ciências sociais e sociais aplicadas tem-se centrado nas modificações empreendidas no seu modelo de gestão, notadamente no que tange ao processo descentralizado e participativo preconizado por esta lei. Nesta discussão, alguns estudos

### **Não se podem ignorar a existência de problemas ambientais e hídricos, a intenção dos governos estaduais de se adequarem às leis, e a necessidade de se criarem comitês**

se destacam a possibilidade de controle social dos recursos hídricos (CAETANO; SOUZA; ENDERS, 2006); apresentam “[...] como situação problemática a participação de atores com interesses distintos no planejamento da bacia [...]” (FLORES; MISOCZKY, 2008, p. 1); discutem os fatores que levaram à criação de comitês de bacia hidrográfica com a adoção da lei, mas sem a institucionalização dos instrumentos de gestão “[...] necessários para que estes organismos tivessem sustentabilidade econômica e política” (ABERS; JORGE, 2005, p. 3). Apontam também as contradições existentes entre o princípio de regulação técnica e burocrática que se encontra na base do planejamento racional para a efetivação das políticas públicas, e a participação cidadã e o controle democrático que se estabelecem com a atuação dos comitês de bacia (QUERMES, 2006).

Outros estudos apresentam e descrevem a política nacional de recursos hídricos a partir da implantação dos comitês de bacia hidrográfica enfatizando as modificações culturais e administrativas que este modelo determina no contexto institucional brasileiro (KETTELHUT; AMORE; LEEUWESTEIN, 1998), apresentando o conceito de bacia hidrográfica e as dificuldades da gestão integrada (PORTO; PORTO, 2008); empreendendo análises sobre a implantação e a atuação de alguns comitês de bacia ou discutindo a cobrança pelo uso da água a partir do estudo de um comitê de bacia (DIAS; BARROS, 2008) e, ainda, discutindo o desenvolvimento dos serviços relacionados aos recursos hídricos de forma historicamente comparada entre os serviços de água na Europa e nas regiões metropolitanas brasileiras (BARRAQUÉ et al., 1997).

Praticamente todos esses estudos apontam sistematicamente as dificuldades técnicas, políticas, culturais, administrativas, gerenciais e institucionais da operacionalização da gestão dos recursos hídricos através de comitês de bacias hidrográficas.



Nesse sentido, Barraqué (1997) vai mais além quando afirma que

*as a matter of fact, Brazil is a federation, while France is a centralised State, and Brazilians would need to know better the reasons for the creation of the Agences de l'eau, and above all their evolution, the conflicts around them, so as to better benefit from the French experience to find their own way* (BARRAQUÉ, 1997, p. 1).

Na época em que elaborou o artigo, o autor destacou que apenas três países europeus utilizavam os limites das bacias hidrográficas como instituição de gerenciamento das águas, mostrando que, na Europa, há uma variedade de situações. Ou seja, os países europeus não aderiram facilmente a este modelo.

No Brasil, a novidade deste modelo que inicialmente encantou pesquisadores, políticos, gestores, militantes, com a perspectiva da possibilidade de intervenção da população no processo de decisão, pois permitiria vislumbrar o surgimento de novos padrões de articulação entre a sociedade, o Estado e o mercado, decorridos 15 anos da sua instituição, parece, ainda, não estar trazendo os resultados desejados, salvo algumas exceções. Estas, em geral, estão situadas geograficamente em rios de domínio federal e que envolvem conflitos que extrapolam os limites territoriais e administrativos dos estados federativos, ou em alguns comitês de bacia localizados no Sudeste do país.

Compreender e interpretar este espaço de participação e de solução de conflitos que é constituído pelos comitês de bacias auxilia a identificação dos entraves existentes para o seu funcionamento e pode apontar elementos para o entendimento dos limites e possibilidades deste modelo de gestão. A começar pela discussão da disseminação, a partir

da década de 90, de modelos participativos, notadamente no que tange ao encaminhamento de questões urbanas, considerando-os, sobretudo, como um instrumento para o aperfeiçoamento da prática

democrática, observa-se que esta efervescência, em certa medida, suplantou a percepção mais crítica sobre as consequências reais dessa participação e os resultados que ela é capaz de produzir. É nessa perspectiva de análise do formato institucional do

processo decisório relativo aos recursos hídricos, centrado nos comitês de bacia, que este estudo busca verificar a eficiência e a eficácia do processo, apontando possíveis ambiguidades e contradições, e ainda os entraves à sua ação efetiva.

Levando-se em conta que os comitês de bacia são unidades de gestão e devem estabelecer os procedimentos de elaboração, implementação e revisão do Plano de Bacia Hidrográfica, além de arbitrar conflitos relacionados com o uso da água, esses organismos deveriam produzir políticas públicas capazes de resolver problemas da sociedade. Esta questão passa pela dimensão da competência técnica desses comitês para a consecução das suas atribuições. Do mesmo modo, a dinâmica da gestão no âmbito do Comitê de Bacia, no exercício de suas competências formais, passa pelas contradições inerentes a este tipo de processo decisório participativo, no qual as prioridades relativas ao interesse coletivo podem encontrar obstáculos à sua efetivação no âmbito dos órgãos do Poder Executivo, responsáveis por sua implementação.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho classifica-se como qualitativo e descritivo. Busca-se, por meio dele, descrever o processo de institucionalização dos comitês de bacias hidrográficas, procurando entender como

### **Compreender e interpretar este espaço de participação e de solução de conflitos que é constituído pelos comitês de bacias auxilia a identificação dos entraves existentes para o seu funcionamento**

estas organizações têm sido criadas e mantidas, e se estão conseguindo cumprir os objetivos para os quais foram criadas. Inicialmente analisou-se o processo de criação dos comitês de bacias no estado da Bahia, a partir dos decretos que os criaram, para, em seguida, se verificar se esses comitês estão conseguindo executar as atividades para as quais foram criados, utilizando como ilustração o CBHRNI, onde ocorreu o aprofundamento desta análise, em função de este comitê se destacar como o mais avançado em termos de processo de gestão, e também por ter sido um dos primeiros a serem criados. Isto é reforçado pela declaração de seu gestor, quando entrevistado, de que o governo do estado teria escolhido este comitê, também, para ser o primeiro a adotar o instrumento de cobrança pelo uso da água.

Os dados desta parte do trabalho foram inicialmente coletados nos sites do Instituto de Gestão das Águas e Clima (Ingá), atualmente Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema), onde se encontravam as principais informações sobre a gestão dos recursos hídricos no estado da Bahia. Nesta etapa buscou-se identificar as atas das reuniões dos comitês de bacias para investigar como estes atuavam e verificar, a partir do conteúdo dessas atas, se era possível perceber se os comitês estavam cumprindo a sua missão. No entanto, a partir dos anos de 2011 e 2012 não foram encontradas as atas das reuniões dos comitês publicadas. Assim, para se obterem informações sobre o funcionamento do comitê durante esses anos, foi realizada uma entrevista com o gestor do CBHRNI, escolhido para este estudo.

Os dados coletados foram analisados utilizando-se a técnica de análise de conteúdo a partir da concepção de Bardin (1997). “Esta técnica visa obter, por meio de procedimentos sistemáticos e objetivos da descrição do conteúdo das mensagens, indicadores quantitativos ou não, capazes de

permitir a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção das mensagens” (BARDIN, 1977, p. 31).

### **No estado da Bahia, a criação dos primeiros comitês de bacia ocorreu [...] como parte da política estadual de recursos hídricos, que criou o sistema estadual para seu gerenciamento**

O trabalho de análise de conteúdo foi estruturado a partir da categorização de temas que permitissem identificar processos de institucionalização, o que significaria a existência de práticas dos atores envolvidas adequadas ao cumprimento da missão dos comitês de bacias. Nesse sentido, com base nas diretrizes definidas na lei para a atuação dos comitês, procurou-se identificar categorias de discursos que levassem a perceber se as práticas dos atores envolvidos refletem a conscientização da importância destes comitês ou revelam dificuldades no seu processo de institucionalização.

Após a categorização dos temas dos discursos destacados das atas resultantes das reuniões do referido comitê, buscou-se contabilizar a presença das temáticas discutidas nessas reuniões e a frequência de discussão destas no comitê. Além disso, buscou-se identificar os principais atores que atuam nesse processo e qual o papel de cada um deles na institucionalização do comitê. Os dados gerais levantados abrangem o período de 2006 a 2012, considerando-se que, em 2006, foram criados os primeiros comitês de bacias.

### **A CRIAÇÃO DE COMITÊS DE BACIA NO ESTADO DA BAHIA**

No estado da Bahia, a criação dos primeiros comitês de bacia ocorreu em 20 de março de 2006, através da Lei nº 10.432/06, como parte da política estadual de recursos hídricos, que criou o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos. Segundo esta lei, entre outras providências adotadas, “o gerenciamento do uso das águas deve ser descentralizado, com a participação do Poder

Público, dos usuários e de organizações da sociedade civil” (LEI nº 10.432/06, art 2, V). Participam da gestão dos comitês de bacia membros do órgão executor da Política Estadual de Recursos Hídricos; membros dos órgãos da estrutura administrativa do estado, com atuação na bacia hidrográfica; membros de cada categoria de usuários de águas, com atuação na bacia hidrográfica; membros das organizações civis de recursos hídricos; membros das entidades de ensino e pesquisa, e membros dos municípios situados na área de abrangência da bacia hidrográfica. O texto da lei acrescenta ainda que é possível a participação de órgãos da estrutura administrativa da União que atuem na área geográfica da bacia e representantes das comunidades indígenas nestas mesmas regiões, caso existam estas comunidades. Acrescente-se que a formação dos comitês ocorre a partir da divulgação do processo junto à comunidade, como forma de possibilitar a participação dos interessados e garantir a legitimidade do processo. Por fim, a lei estabelece que 50% dos membros dos comitês sejam do poder público, garantindo aos demais representantes o restante das vagas para a formação do comitê.

O estado da Bahia possui, conforme descrito, à época, pelo Ingá, 14 comitês de bacias hidrográficas. Cada um desses comitês se ocupa de uma ou mais Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA) que “são partes do espaço territorial baiano compreendido por uma bacia, uma sub-bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas vizinhas, com características naturais, sociais e econômicas semelhantes em escala regional”. As RPGA existem para melhor orientar o planejamento e o gerenciamento das águas.

Os comitês têm, também, a finalidade de fundamentar a implementação dos instrumentos de gestão da Política Estadual de Recursos Hídricos, tais como os planos de bacia, o enquadramento dos corpos d’água, a outorga do direito do uso, a cobrança pelo uso da água e o sistema de informações. Outro papel da regionalização dos comitês é facilitar a atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de

Recursos Hídricos por meio da Secretaria do Meio Ambiente, do Inema e de colegiados como o Conerh e os comitês de bacia hidrográfica.

Apesar deste cenário, registre-se que o estado da Bahia entrou tardiamente neste modelo de gestão das águas. Ainda que a legislação federal seja anterior a este processo, somente em março de 2006 o Governo do Estado da Bahia assinou decreto para a criação das primeiras bacias.

O Quadro 1 demonstra as respectivas datas em que os comitês foram criados, chamando a atenção para o fato de que alguns deles ainda estão na fase de implementação, existindo apenas a Resolução do Conerh para a sua criação.

Comitê	Data de criação
Itapicuru	22/03/2006
Leste	22/03/2006
Paraguaçu	22/03/2006
Recôncavo Norte e Inhambupe	22/03/2006
Verde/Jacaré	22/03/2006
Salitre	27/12/2006
Contas	17/10/2008
Corrente	17/10/2008
Grande	17/10/2008
Sobradinho	17/10/2008
Frades, Buranhém e Santo Antônio	26/11/2009 - Resolução Conerh - 64
Peruípe, Itanhaém e Jucuruçu	26/11/2009 - Resolução Conerh - 63
Recôncavo Sul	26/11/2009 - Resolução Conerh - 65
Paramirim e Santo Onofre	22/03/2010 - Resolução Conerh - 66

**Quadro 1**  
**Data de criação dos comitês de bacia**

Fonte: Inema (2011).

Como órgão consultivo e deliberativo, o Comitê de Bacia deve se reunir regularmente conforme calendário anual aprovado em plenária do próprio comitê. Também é possível que existam reuniões extraordinárias, se assim houver necessidade, por convocação do presidente ou de um terço dos seus membros. As decisões são tomadas em reuniões plenárias com a participação dos membros

do comitê, que votam sobre as matérias em discussão. Pode, também, nessas plenárias, haver a participação de qualquer cidadão, inclusive com direito a voz, sendo, entretanto, reservada a votação apenas para os membros.

### **O COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RECÔNCAVO NORTE E INHAMBUPE: ALGUMAS REFLEXÕES**

A Bacia do Recôncavo Norte situa-se na região nordeste da Bahia, abrangendo uma área de 18.015 km<sup>2</sup>, com uma população de 3.742.632 habitantes. A bacia engloba os rios Subaúma, Catu, Sauípe, Pojuca, Jacuípe, Joanes, Subaé, Açú, rios secundários da Baía de Todos os Santos e Rio Inhambupe. Além disso, a bacia engloba totalmente 29 municípios da região, sendo que outros municípios são minimamente alcançados por esta bacia.

O CBHRNI foi inicialmente constituído e denominado de Comitê de Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte (CBHRN) e, em 2008, foi feita a inclusão do município de Inhambupe à bacia original, a qual passou a ser designada como Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe, que compreende a área destacada. Registre-se que a demanda para a inclusão de Inhambupe na antiga área da CBHRN levou um tempo relativamente grande para ser efetivada. As primeiras informações sobre a necessidade de alteração estão registradas na ata de reunião do comitê de janeiro de 2008, mas apenas em setembro de 2008 menciona-se que o governador teria assinado o decreto que alterava a configuração deste comitê.

O CBHRNI é composto por pessoas físicas e jurídicas, tendo 45 membros eleitos para um mandato de quatro anos, com possibilidade de reeleição, com representantes do poder público, usuários e sociedade civil. O comitê é composto pelos seguintes órgãos: Plenário, Diretoria (presidente, vice-presidente e secretário), Secretaria Executiva e câmaras técnicas. O Plenário é o órgão responsável

pelas tomadas de decisão, sempre pela maioria dos presentes, exceção feita para os casos de alteração de regimento que exige a aprovação de dois terços dos membros do comitê.

Em 2008 foram realizadas sete reuniões. Não ocorreram reuniões nos meses de fevereiro, abril, junho, julho e dezembro. As principais discussões encontradas nas atas tratam dos seguintes assuntos: informe para a contratação do plano de bacia; inclusão da Bacia do Rio Inhambupe na área de atuação do comitê; processo de renovação dos membros do CBHRN e definição da comissão eleitoral; necessidade de análise do regimento em função da inclusão de Inhambupe; informe sobre a participação do Fórum de Bacias; revisão do calendário de reuniões do comitê para o período de novembro de 2008 a março de 2009; informe sobre o processo de enquadramento provisório das bacias do CBHRNI. Observa-se uma prevalência de assuntos administrativos nas atas das reuniões durante este período. Considerando-se que o comitê foi criado em 2006, supõe-se que dois anos seriam suficientes para estruturar e organizar o comitê e que, em 2008, este já deveria estar em pleno funcionamento, tratando de questões substantivas.

No ano de 2009 foram feitas dez reuniões. Dentre os assuntos discutidos nesse ano estão: a contratação de convênio para a elaboração do Plano de Bacia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) – em reunião posterior esta discussão da contratação do Plano de Bacia voltou à pauta; discussão da elaboração da proposta de enquadramento provisório dos rios Joanes e Ipitanga a ser proposto ao Conerh. As demais reuniões se concentraram em discussões para a proposição de comissão eleitoral e renovação de membros dos comitês e as dificuldades administrativas na condução do comitê. O que se pode inferir também acerca das discussões ocorridas nas reuniões realizadas durante o exercício do ano de 2009 é que a maioria dos esforços realizados centrou-se em questões administrativas, notadamente na condução do processo eleitoral e na renovação dos membros dos

comitês. O processo eleitoral de representantes que irão deliberar sobre a gestão das águas na bacia é, sem dúvida, importante. No entanto, este processo não deveria comprometer as outras atribuições do comitê, definidas em lei.

O comitê se reuniu no ano de 2010 em três ocasiões, considerando as atas publicadas no site do Ingá e disponíveis para análise. As reuniões concentraram-se, do mesmo modo, em discussão de aspectos administrativos e de funcionamento do comitê, com assuntos como: eleição e posse da mesa diretora para o exercício do biênio 2010-2012; revisão e proposição de melhorias no regimento interno; informação sobre o acontecimento do Fórum de Comitês de Bacias, o qual tinha a proposição do lançamento de mais quatro comitês até o final do ano de 2010. Na ata da segunda reunião do ano consta que o estado possuía dez comitês de bacias hidrográficas (CBH Recôncavo Norte e Inhambupe, CBH Paraguaçu, CBH Verde e Jacaré, CBH do Salitre, CBH do Leste, CBH do Itapicuru, CBH do Rio Grande, CBH do Rio Corrente, CBH do Rio das Contas e CBH do Entorno do Lago do Sobradinho). Não há, no entanto, informação em ata subsequente sobre a criação dos novos comitês. A informação sobre a existência de mais quatro comitês já era encontrada no site o Ingá em período anterior a esta reunião, como pode ser visto no Quadro 1.

Na segunda reunião ocorrida em junho de 2010 foi feita a composição da Terceira Comissão das Câmaras Técnicas da seguinte forma: **usuário**: Comitê de Fomento Industrial de Camaçari (Cofic), Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB), Empresa Baiana de Água e Saneamento S/A (Embasa), Central de Efluentes Líquidos S/A (Cetrel) – Empresa de Proteção Ambiental, Braskem S/A e Sindicato de Hotéis Salvador e Litoral Norte; **sociedade civil**: Santo Amaro, Serrinha, Camaçari, Simões Filho, Ouriçangas, Mata de São João e Universidade do Estado da Bahia (Uneb);

poder público: Santo Amaro, Alagoinhas, Simões Filho, São Francisco do Conde, Entre Rios, Mata de São João e Ingá.

Conforme descrito na Lei nº 11.612 de outubro de 2009, acerca da participação dessas três categorias, segundo o disposto em regulamento, a categoria **usuário** pode ser composta por pessoa física ou jurídica que possuir concessão para utilização da água para desenvolver as suas atividades, cujos representantes podem ser de categorias tais como: indústria, abastecimento e efluentes urbanos, agricultura e agropecuária, mineração, aquicultura, turismo e lazer e outros. O que se observa, no caso deste comitê, é uma presença mais marcante de representantes da indústria, como a Cetrel S/A – Empresa de Proteção Ambiental, que atua na operação de sistemas de proteção ambiental do Polo Industrial de Camaçari; a Braskem S/A, que é uma empresa petroquímica, o Cofic, que é uma associação privada que representa algumas empresas do Polo Industrial de Camaçari, e a FIEB, que é uma entidade que representa as indústrias do estado da Bahia. O setor de turismo e lazer é representado pelo Sindicato de Hotéis Salvador e Litoral Norte e a Embasa S/A, sociedade de economia mista do governo do estado da Bahia que é responsável pela prestação de serviços de água e esgoto no estado, enquadra-se na categoria abastecimento e efluentes urbanos. Não se observa a presença de representantes de categorias como agricultura e agropecuária, mineração, aquicultura e outros.

No caso da categoria **sociedade civil**, os representantes que nela se enquadram podem estar distribuídos em: associações, organizações não governamentais e movimentos sociais e instituições de ensino e pesquisa que possuam atuação em recursos hídricos, povos e comunidades tradicionais. No caso de bacia onde existam terras indígenas reconhecidas e legitimadas, preveem-se vagas para representantes das comunidades

**O processo eleitoral de representantes que irão deliberar sobre a gestão das águas na bacia é, sem dúvida, importante**



indígenas e da Fundação Nacional do Índio (Funai), conforme descrito na Lei nº 10.432/2006, mas este não é o caso da CBHRNI. Como representantes neste comitê encontram-se as comunidades locais citadas e apenas uma instituição de pesquisa presente que é a Uneb.

No caso da categoria poder público, a lei prevê a participação de representantes da União e do estado da Federação, e uma vaga é garantida para o órgão responsável pela gestão das águas, nesse caso, naquele momento, o Inág.

O Quadro 2 apresenta as temáticas definidas em lei que deveriam ser discutidas nas reuniões deste comitê e a frequência com que esses assuntos foram (ou não) colocados nas pautas de discussão dessas reuniões.

Temáticas	2008	2009	2010
Promover a participação dos representantes do poder público		4	1
Estabelecer os procedimentos de elaboração, implementação e revisão do Plano de Bacia Hidrográfica	5	1	
Acompanhar a elaboração e aprovar o respectivo Plano de Bacia Hidrográfica e suas alterações			
Acompanhar a implementação do Plano de Bacia Hidrográfica sugerindo as providências necessárias ao cumprimento de suas metas		1	
Arbitrar, em primeira instância administrativa, conflitos relacionados com o uso da água			
Deliberar sobre questões que tenham sido encaminhadas pela respectiva Agência de Bacia hidrográfica			
Outros (eleição e posse da diretoria, definição de calendário de reuniões. Discussão e/ou revisão do regimento interno do comitê, criação de comitês técnicos, informações gerais etc.)	7	10	2

**Quadro 2**  
Frequências dos temas discutidos nas reuniões do CBHRNI

Fonte: Elaboração própria (2011), baseada na Lei das Águas de 2009.

O Quadro 3 apresenta temáticas definidas em lei, que constituem em diretrizes para a atuação dos comitês de bacias hidrográficas, proposições que deveriam ser submetidas à apreciação do Conerh,

as quais deveriam ser discutidas nas reuniões deste comitê, e a frequência com que esses assuntos foram, ou não, colocados nas pautas de discussão dessas reuniões.

Temáticas	2008	2009	2010
A criação de agências de bacia hidrográfica			
Os valores para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos			
O plano de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos			
As vazões das acumulações, derivações, captações e lançamentos considerados de pouca expressão, para efeito de dispensa de outorga do direito de uso			
As prioridades e os critérios específicos para outorga de direito de uso de recursos hídricos em situações de escassez			
As reduções das vazões outorgadas em casos de necessidade de racionamento, devidamente motivados, para efeito de revisão de outorgas de direito de uso de recursos hídricos			
O enquadramento dos corpos d'água em classes	2	1	
Rateio dos custos das obras de aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos, de interesse comum e coletivo			

**Quadro 3**  
Frequência dos temas discutidos nas reuniões do CBHRNI para proposição ao Conerh

Fonte: Elaboração própria (2011).

O que se observa das temáticas que são inseridas nas discussões do CBHRNI, nesses primeiros anos de atuação dos quais as atas estão disponíveis para análise, é que, na sua maioria, tratam, preferencialmente, de discussões sobre questões eleitorais e renovação dos integrantes do comitê. Percebe-se ainda que o calendário de reuniões não parece estabelecido com regularidade, observando-se a frequência das reuniões entre os anos analisados. Apesar de se considerar que a condução do processo de eleição pode ser um processo demorado, o tema percorreu, durante muito tempo, as pautas das reuniões e muitas vezes pode ter

havido a necessidade de reuniões extraordinárias para tal finalidade.

Nos anos de 2011 e 2012, como as atas não estão publicadas no site do Inema, as informações foram obtidas em entrevista com o gestor do CBHRNI. Segundo ele, houve avanços nas atividades discutidas e deliberadas pelo comitê no que concerne a sua atuação definida pela política estadual

de recursos hídricos. Esses avanços podem ser observados principalmente no ano de 2012, já que, no ano de 2011, o comitê ainda estava envolvido com questões mais administrativas e eleitorais do que com o cumprimento do papel institucional atribuído ao comitê. Naquele ano de 2011, as reuniões ainda se concentravam em discutir a renovação da diretoria, a criação de comitês técnicos e outras atividades gerais.

Entretanto, segundo o gestor, em 2012 teria ocorrido o principal avanço no cumprimento do papel do comitê: o de começar a discutir aspectos importantes relativos ao seu funcionamento. Assim, destaca-se, no discurso do gestor, como ponto importante no avanço das ações do comitê em 2012, a formação da câmara técnica para acompanhar a elaboração do Plano de Bacias do comitê. Esse plano, instrumento de gestão fundamental para o avanço da possibilidade da cobrança pelo uso da água, também teve progresso no comitê com a contratação de um consórcio de duas empresas, que deverão, dentre as suas atribuições, executar os seguintes objetivos principais: inventário dos usuários, enquadramento dos corpos d'água, que permitirá a definição do enquadramento e classificação dos rios que compõem a área do comitê, e elaboração do Plano de Bacia, o que permitirá a implementação do instrumento de cobrança pelo uso da água. Contudo, apesar desses avanços apontados pelo gestor na execução do papel do comitê no que se refere ao cumprimento de suas atribuições, ainda é possível

perceber que há um distanciamento em relação ao que o comitê já deveria estar realizando.

**A ausência na cultura brasileira de conhecimento da bacia hidrográfica como unidade de gestão pode resultar em fragilidade institucional**

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este estudo buscou verificar o processo de institucionalização de comitês de bacias hidrográficas baseando-se especificamente

no estudo do Comitê de Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte e Inhambupe (CBHRNI). Para que os comitês de bacias hidrográficas funcionem adequadamente, conforme previsto na lei, de forma descentralizada e participativa, eles têm que ter, antes de tudo, autonomia, não apenas de gestão, na tomada de decisões, como também autonomia financeira. Esta autonomia financeira decorre da cobrança pelo uso da água que, por sua vez, depende da existência do Plano de Bacia aprovado e em execução, e da criação da Agência de Água. Sem essas questões equacionadas, dificilmente um comitê de bacia chegará ao seu funcionamento pleno.

No plano geral, vale ressaltar que a ausência na cultura brasileira de conhecimento da bacia hidrográfica como unidade de gestão pode resultar em fragilidade institucional. Vale também observar que a gestão de recursos hídricos envolve uma multiplicidade de atores públicos, privados, não governamentais, usuários, além de outros grupos da sociedade civil, formando um sistema complexo em um modelo no qual a descentralização e a participação são mecanismos que deverão assegurar a eficácia da implantação da política de recursos hídricos.

Esses mecanismos são, também, relativamente novos na cultura nacional, e, apesar de terem sido preconizados pela Constituição Federal de 1988, ainda não se encontram completamente consolidados.

Há ainda uma leitura, nesse contexto, que pode ser feita, relativa ao jogo de poder e à dificuldade de

inserir a sociedade no processo participativo. Fadul e Mac-Allister (2006) reforçam essa dificuldade e Silva (2006) destaca as limitações da sociedade na participação em plenárias desta natureza. Neste sentido, há que se questionar a democracia implícita neste modelo de gestão, na medida em que se colocam técnicos do poder público para discutir com cidadãos, porém com uma assimetria de poder e de informação consideravelmente grande.

A análise das atas das reuniões do CBHRNI mostrou tanto a ausência de discussões sobre temas considerados importantes no processo de consolidação do modelo de bacias hidrográficas e no uso das águas, quanto a forte presença de temas que seriam secundários para a própria existência do comitê. Este comitê foi criado em 2006 e até o momento presente ainda não tem seu Plano de Bacia construído, assim como o processo de cobrança pelo uso da água ainda não foi iniciado e o comitê ainda não dispõe de Agência de Água. Essas são as suas finalidades básicas.

É possível, também, destacar a falta de legitimidade dos processos na medida em que as reuniões realizadas pelo comitê parecem não atrair nem a sociedade imediatamente interessada ou, pelo menos, afetada pelas decisões acerca dos rios localizados na sua região, nem os próprios membros dos comitês. Em algumas situações houve dificuldade de reunir os membros para tomadas de decisão. Este aspecto foi observado em várias atas quando se fez a contagem dos membros para a realização das plenárias e, em geral, apenas um terço estava presente, o que, de certa forma, limita a qualidade das discussões ou, pelo menos, a legitimação das decisões. Além disso, seis anos após a instalação deste comitê de bacia, ainda se discutem as formas de “mobilização da sociedade civil na participação dos processos de renovação dos membros do comitê”. Este tema da necessidade de participação da sociedade civil volta sempre à pauta de discussão pela falta de interesse demonstrada na ausência dos membros nas referidas plenárias. Outra dificuldade que este comitê parece enfrentar é a fragilidade de

implementação das poucas decisões tomadas nas plenárias, o que configura a falta de institucionalização do comitê, que o torna incapaz de induzir comportamentos que são considerados adequados em cada situação. A falta de institucionalização desse modelo de gestão se reflete, também, em outros aspectos. O comitê não possui um local próprio para se reunir ou para conduzir sistematicamente suas atividades, o que pode inibir o seu pleno funcionamento, confirmando o que destacam Abers e Jorge (2005), que a adoção da lei não veio atrelada à criação de instrumentos de gestão que garantissem a sua sustentabilidade econômica e política.

## REFERÊNCIAS

- ABERS, Rebecca; JORGE Karina Dino. Descentralização da gestão da água: Por que os comitês de bacia estão sendo criados? *Ambiente & Sociedade*, v. 8, n. 2, p. 1-26, jul./dez. 2005.
- BAHIA. INEMA (Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites>. Acesso em: 14 abr. 2011.
- BAHIA. Lei nº 10.432, de 20 de Dezembro de 2007. Disponível em <<http://www.meioambiente.ba.gov.br/Legislacao/Leis%20Estaduais/Lei10432.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2011.
- BAHIA. Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.agbpeixe vivo.org.br/images/arquivos/legislacaoambiental/bahia/lei\\_11612\\_2009.pdf](http://www.agbpeixe vivo.org.br/images/arquivos/legislacaoambiental/bahia/lei_11612_2009.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2011.
- \_\_\_\_\_. Lei nº 9.843, de 27 de dezembro de 2005. Institui os Comitês de Bacias Hidrográficas, amplia as competências do CONERH e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado da Bahia*, Salvador, 28 dez. 2005. Disponível em: <<http://www.agbpeixe vivo.org.br/images/arquivos/legislacaoambiental/bahia/Lei9843%5B1%5D.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2011.
- \_\_\_\_\_. Resolução do CONERH nº 11, de 14 de fevereiro de 2006. Aprova a proposta de instituição do Comitê das Bacias Hidrográficas do Recôncavo Norte. *Diário Oficial do Estado da Bahia*, Salvador, 16 mar. 2006. Disponível em: <<http://www.meioambiente.ba.gov.br/Legislacao/RESOLUCAOCONERH/CONERHN11.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2011.
- BAHIA. Resolução do CONERH nº 63, de 26 de novembro de 2009. Aprova a proposta de instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Peruípe, Itanhaém e Jucuruçu.

- Diário Oficial do Estado da Bahia*, Salvador, 4 dez. 2009. Disponível em: <[http://www.meioambiente.ba.gov.br/legislacao/RESOLUCAOCONERH/resolucao\\_conerh\\_63.pdf](http://www.meioambiente.ba.gov.br/legislacao/RESOLUCAOCONERH/resolucao_conerh_63.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2011.
- \_\_\_\_\_. Resolução do CONERH nº 64, de 26 de novembro de 2009. Aprova a proposta de instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica Rios dos Frades, Buranhém e Santo Antônio. *Diário Oficial do Estado da Bahia*, Salvador, 4 dez. 2009. Disponível em: <<http://www.meioambiente.ba.gov.br/upload/RES%20CONERH%20N%2064.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2011.
- \_\_\_\_\_. Resolução do CONERH nº 65, de 26 de novembro de 2009. Aprova a proposta de instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Recôncavo Sul. *Diário Oficial do Estado da Bahia*, Salvador, 4 dez. 2009. Disponível em: <[http://www.meioambiente.ba.gov.br/legislacao/RESOLUCAOCONERH/resolucao\\_conerh\\_65.pdf](http://www.meioambiente.ba.gov.br/legislacao/RESOLUCAOCONERH/resolucao_conerh_65.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2011.
- \_\_\_\_\_. Resolução do CONERH nº 66, de 25 de março de 2010. Aprova a proposta de instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Paramirim e Santo Onofre. *Diário Oficial do Estado da Bahia*, Salvador, 27 e 28 mar. 2010. Disponível em: <[http://www.meioambiente.ba.gov.br/legislacao/RESOLUCAOCONERH/conerh\\_66.pdf](http://www.meioambiente.ba.gov.br/legislacao/RESOLUCAOCONERH/conerh_66.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2011.
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições Setenta, 1997.
- BARRAQUÉ, Bernard. *Subsidiary water in a complex Europe: decision levels, federalism and decentralization*. In: FAURE, Alain. *Territoires et subsidiarité, l'action publique locale à la lumière d'un principe controversé*. Paris: Harmattan, 1997.
- \_\_\_\_\_. *Subsidiary water in a complex Europe: decision levels, federalism and décentralisation*. In: FAURE, Alain. *Territoires et subsidiarité, l'action publique locale à la lumière d'un principe controversé*. Paris: Harmattan, 1997.
- BRASIL. Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. *Diário Oficial [da] república Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 9 jan. 1997.
- CAETANO, Fernando; SOUZA Washington; ENDERS, Wayne Thomas. *Controle social do espaço público na gestão de recursos hídricos: o caso dos comitês de bacia do Rio Grande do Sul*. In: ENCONTRO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E GOVERNANÇA, 2006, São Paulo. *Anais...* São Paulo: [s.n.], 2006.
- DIAS, Thiago Ferreira; BARROS, Henrique de. *Gestão de recursos hídricos: uma olhar para visões da cobrança pelo uso da água a partir dos membros do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pirapama-PE*. In: ENCONTRO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E GOVERNANÇA, 2008, Salvador. *Anais...* Salvador: [s.n.], 2008.
- FADUL, Élvia; MAC-ALLISTER, Mônica. *Governança urbana, governabilidade e participação: uma análise da experiência de revisão do PDDU no município de Salvador*. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE PODER LOCAL, 10., 2006, Salvador. *Anais...* Salvador: Centro Interdisciplinar de Desenvolvimento e Gestão, 2006. 1 CD-ROM.
- FLORES, R. K.; MISOCZKY, M. C. *Participação no gerenciamento de bacia hidrográfica: o caso do Comitê Lago Guaíba*. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 42, n. 1, p. 109-131, jan./fev. 2008.
- KETTELHUT, Julio Tadeu Silva; AMORE, Luiz; LEEUWSTEIN, Jorgen Michel. *A experiência brasileira de implementação de comitês de bacias hidrográficas*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1998, Gramado, RS. [*Anais...*] Gramado, RS: [s.n.], 5 a 8 out. 1998.
- MACHADO, Carlos José Saldanha. *A gestão francesa de recursos hídricos: descrição e análise dos princípios jurídicos*. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 31-47, out./dez. 2003.
- PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem la Laina. *Gestão de bacias hidrográficas*. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.
- QUERMES, Paulo Afonso de Araújo. *Contradições nos processos de participação cidadã na política nacional de recursos hídricos no Brasil: análise da experiência dos comitês de bacia*. Tese (Doutorado em Política Social) Brasília: Universidade de Brasília, 2006.
- SILVA, Lindomar Pinto. *A sociedade civil e sua participação no processo de desenvolvimento local em um município do estado da Bahia*. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 30., 2006, Salvador. *Anais...* Salvador: ANPAD, 2006.

Uma versão preliminar deste artigo foi apresentada no Congresso EnANPAD 2011, XXXV Encontro da ANPAD sob o título: Reflexões sobre o modelo de gerenciamento de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas.

Artigo recebido em 15 de maio de 2013

e aprovado em 17 de junho de 2013.





# Determinação da $Q_{7, 10}$ , $Q_{90}$ e $Q_{95}$ como ferramenta para gestão dos recursos hídricos: estudo de caso do Rio Jamari

*Rafael Ranconi Bezerra\**

*Anderson Paulo Rudke\*\**

*Victor Nathan Lima da Rocha\*\*\**

*Wesley de Souza\*\*\*\**

*Nara Luisa Reis Andrade\*\*\*\*\**

*Dilson Henrique Ramos Evangelista\*\*\*\*\**

- \* Graduando de Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia (Unir).  
rafaelranconi@hotmail.com
- \*\* Graduando de Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia (Unir).  
rudke.unir@yahoo.com.br
- \*\*\* Graduando de Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia (Unir).  
victornathan.eng@gmail.com
- \*\*\*\* Graduando de Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia (Unir).  
wesley.ea@hotmail.com
- \*\*\*\*\* Doutora e mestre em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Professora da Universidade Federal de Rondônia (Unir).  
naraluisar@gmail.com
- \*\*\*\*\* Doutorando em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), mestre em Matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor da Universidade Federal de Rondônia (Unir).  
dilson@unir.br

## Resumo

O planejamento, o projeto e a operação de qualquer obra relacionada com o aproveitamento, o controle e a proteção dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica baseiam-se na avaliação da demanda ante a disponibilidade de água na bacia. Para uma gestão adequada, a disponibilidade hídrica na bacia, bem como sua distribuição temporal, precisa ser bem conhecida. Com o objetivo de fornecer informações acerca da disponibilidade dos recursos hídricos no estado de Rondônia, realizou-se a análise de uma série histórica de 19 anos da Bacia do Rio Jamari, para determinação das vazões ecológicas  $Q_{7, 10}$ ,  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ , antes da implantação de uma barragem. Para tal, foram utilizados modelos estatísticos de distribuições, sendo eles: Gumbel, Log-Normal e frequência, a fim de se obter a vazão ecológica mais adequada para a série de dados. Estas vazões, posteriormente, serviram de comparativo às vazões registradas na mesma série histórica da estação. Verificou-se que, dentre as distribuições utilizadas, a distribuição Log-Normal foi a que apresentou melhor ajuste à série histórica para o cálculo da  $Q_{7, 10}$  na qual se obteve uma vazão mínima de 2,92 m<sup>3</sup>/s com  $r^2 = 0,76$ . A mesma distribuição apresentou valores de  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  de 20 m<sup>3</sup>/s e 9 m<sup>3</sup>/s respectivamente, ambas com  $r^2 = 0,81$ . Os valores de vazões apresentados podem servir como referência para processos de outorga na Bacia do Rio Jamari.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos. Vazão mínima. Modelos estatísticos.

**Abstract**

*The planning, design and operation of any build related to the use, control and protection of water resources in a watershed are based on the assessment of demand facing water availability in the basin. For proper management, water availability in the basin, as well as its temporal distribution needs to be well known. With the goal of providing information concerning the availability of water resources in the state of Rondônia, analysis was performed in a 19-year historical series of the Jamari River Basin to determine ecological flows  $Q_7$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{90}$  and  $Q_{95}$ , before the implementation of a dam. To this end, statistical models of distributions were used, namely: Gumbel, Log-Normal and frequency in order to obtain the most appropriate ecological flow for the data series. These flows subsequently served as a comparison to the flows recorded in the same historical series of the station. It was verified that, among the distributions used, the Log-Normal distribution showed the best adjustment to the historical series for calculating the  $Q_7$ ,  $Q_{10}$  in which a minimum flow of  $2.92 \text{ m}^3 / \text{s}$  with  $r^2 = 0,76$  was obtained. The same distribution showed values of  $Q_{90}$  and  $Q_{95}$  of  $20 \text{ m}^3 / \text{s}$  and  $9 \text{ m}^3 / \text{s}$  respectively, both with  $r^2 = 0,81$ . The flow values showed can serve as a reference for grant conferment processes in the Jamari River Basin.*

**Keywords:** Water resources. Minimum flow. Statistical models.

## INTRODUÇÃO

A água é o recurso que apresenta os mais variados usos e é fundamental à sobrevivência de todos os seres que habitam a Terra. Dentre suas funcionalidades ressaltam-se o abastecimento público, a dessedentação animal, a preservação do equilíbrio de ecossistemas, a recreação e o desenvolvimento de atividades econômicas. Segundo Santos et al (2010), a manutenção deste recurso finito em padrões de quantidade e qualidade, com o objetivo de atendimento a seus múltiplos usos, representa um desafio para a sociedade.

Desta maneira, uma das maiores demandas ambientais atuais consiste no desenvolvimento de estudos que envolvem o processo de formação do escoamento, fornecendo subsídios para a tomada de decisões por parte dos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos (PEREIRA et al., 2007).

Assim, para a adequada gestão dos recursos hídricos, é preciso conhecer o comportamento hidrológico dos cursos de água. Segundo Arnéz (2002), é necessária a definição da vazão disponível para alocação aos usuários, obtida a partir da vazão de referência, utilizada como base para o processo de gestão dos recursos hídricos.

No Brasil, por questões práticas, consideram-se atualmente, para fins de outorga dos usos múltiplos da água, referências baseadas exclusivamente em métodos hidrológicos, como a vazão observada em sete dias consecutivos com dez anos de recorrência ( $Q_{7,10}$ ) ou vazões de permanência ( $Q_{90\%}$  ou  $Q_{95\%}$ ). No entanto, a maioria dos estados tem adotado critérios particulares, haja vista que não há nenhuma indicação específica que atenda a cada particularidade por parte das metodologias citadas acima, ficando a critério de cada estado seguir um dos instrumentos de gestão.

É importante mencionar que decisões tomadas a partir de informações de vazão pouco representativas podem comprometer o curso hídrico e impedir o fluxo normal das águas para os

usuários a jusante. A manutenção deste recurso finito em padrões de quantidade e qualidade, com o objetivo de atendimento aos seus múltiplos usos, representa um desafio para a sociedade (SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010). Na maioria das vezes, a outorga do direito de uso tem-se mostrado eficiente instrumento de mitigação de conflitos pelo uso, o que proporciona distribuição entre os usuários e regulariza obras a serem implementadas.

Neste sentido, a  $Q_{7,10}$  corresponde à vazão mínima, com sete dias de duração e tempo de retorno de dez anos, ou seja, a cada dez anos, em média, há o risco de ocorrer sete dias seguidos com esta vazão mínima (OLIVEIRA, 2010). Constitui importante instrumento da Política Nacional dos Recursos Hídricos do Brasil, pois fornece estimativa estatística da disponibilidade hídrica dos escoamentos naturais de água (SILVEIRA, 2006). No estado de Rondônia, a vazão outorgável é definida em 30% da  $Q_{7,10}$  (ANA, 2005).

Já a  $Q_{90}$  e a  $Q_{95}$  representam probabilidade de 90% e 95%, respectivamente, de as vazões serem igualadas ou superadas no tempo, e sua adoção não apresenta justificativas, como mencionado, no entanto sua premissa maior é a de garantir uma vazão que deva ser mantida no rio, a qual é exemplificada no trabalho de Silva (2010), que desenvolve pesquisa de vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, em Minas Gerais. Outro exemplo é o estado do Sergipe, em que a  $Q_{90}$  é usada como aparato para licenciamento de outorgas de vazões superficiais, prevendo uma vazão ambiental a jusante de 10%, conforme o Decreto nº 18.456/99 da Lei Estadual 3.870/97.

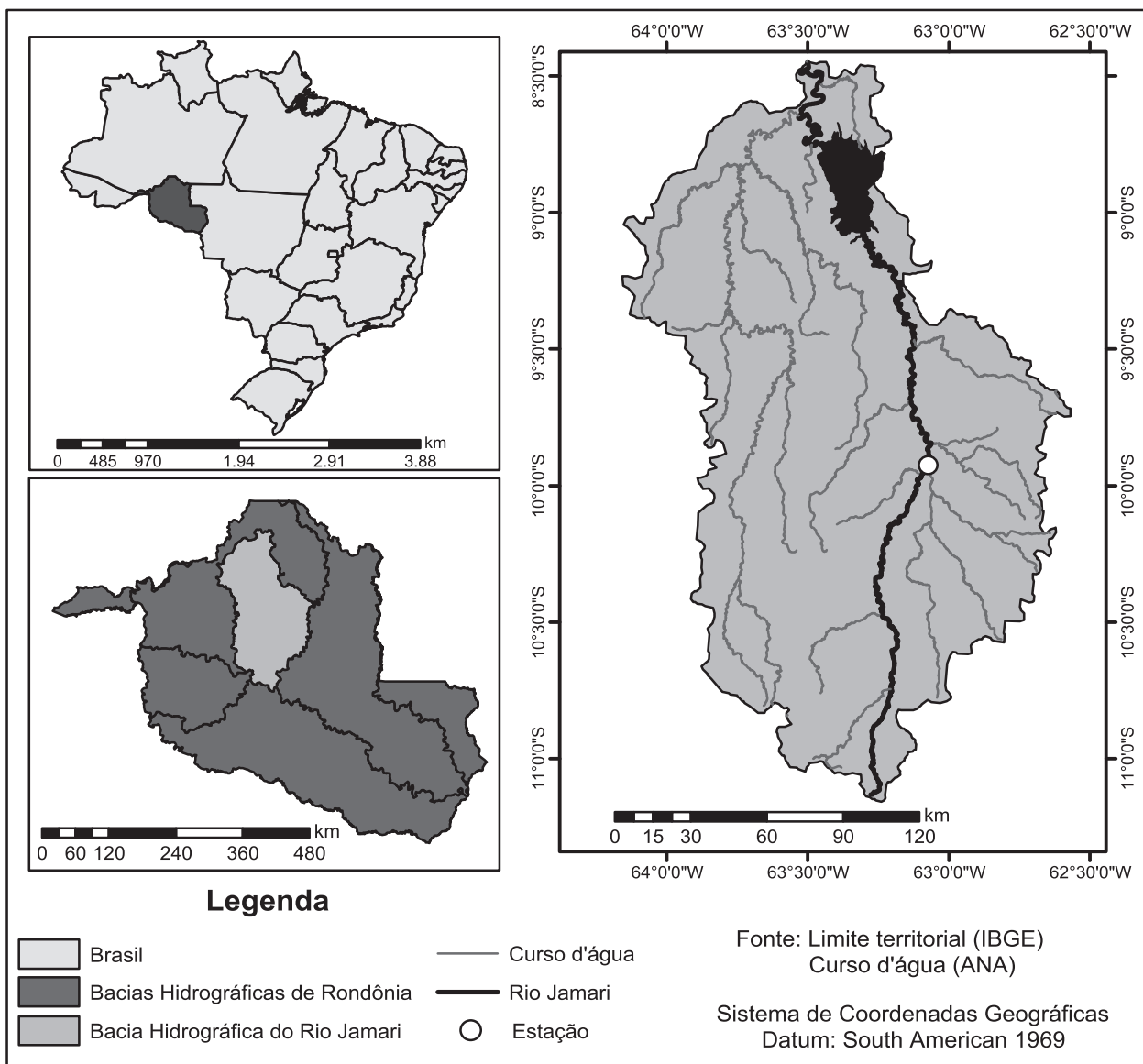
Diante disto, o presente estudo teve por objetivo utilizar modelos estatísticos/hidrológicos e discutir-los a fim de se obter a vazão mínima do Rio Jamari, no estado de Rondônia, através de séries históricas das vazões antes do barramento realizado pela Usina Hidrelétrica de Samuel, de modo a servir de ferramenta para outorga aos usuários.

**MATERIAL E MÉTODOS**

**Área de estudo**

O presente estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Jamari, localizada no estado de Rondônia (Figura 1). A bacia localiza-se entre as latitudes 8°25'00" e 11°10'00" sul e entre as longitudes 62°30'00" e 64°5'00" oeste, estando situada

na região fisiográfica central do estado. O clima é classificado, segundo o sistema de classificação de Köppen, como Aw – Clima Tropical Chuvoso, alcançando elevados índices pluviométricos em torno de 1.700 a 1.800 mm/ano, umidade relativa média do ar em torno de 85% e temperatura média anual de 26°C (BOLETIM CLIMÁTICO DE RONDÔNIA, 2002). Os solos da bacia são predominantemente latossolos. A Bacia do Rio Jamari conta com uma área de drenagem de cerca de 28.100 km<sup>2</sup>.



**Figura 1**  
Mapa de localização da Bacia do Rio Jamari

Fonte: Agência Nacional de Águas (2013).

O Rio Jamari nasce na Serra dos Pacaás Novos, próximo à localidade de Catequeamã, com altitude média de 500 m e desemboca na margem direita do Rio Madeira, cerca de 56 km a jusante do município de Porto Velho (SANTOS, 1996).

A bacia do rio desenvolve-se no sentido norte-sul, com comprimento de 300 km e largura máxima de aproximadamente 100 km (BRASIL, 1978). As águas do Rio Jamari possuem características intermediárias entre as águas preta e clara, segundo a classificação de Sioli (1968).

Com relação aos recursos hídricos, a Bacia do Rio Jamari tem grande significado econômico para Rondônia por ter sido o local de instalação do reservatório da primeira usina hidrelétrica do estado, a Usina Hidrelétrica de Samuel, e servir como importante via de transporte de passageiros e cargas na região compreendida entre os municípios de Porto Velho e Ariquemes (NÓBREGA; SOUZA; SOUSA, 2008).

### Métodos empregados

No presente trabalho foram utilizadas séries históricas de dados fluviométricos da estação nº 15430000 da Agência Nacional de Águas (ANA). A estação contém dados de 1970 até 2005, no entanto foram utilizados somente dados de 1971 a 1989, por não haver falhas nos registros de vazões diárias e por ser um período anterior ao início de funcionamento da Hidrelétrica de Samuel.

Após o ajuste e o cálculo das vazões de referências, o ajustamento do modelo mais apropriado pode ser realizado visualmente, comparando-se a curva entre os pontos ajustados e os observados. A partir disto pode-se estabelecer o índice de correlação e determinação.

### Vazão Mínima $Q_{7,10}$

Para determinar a vazão mínima com duração de sete dias em um período de retorno de dez anos ( $Q_{7,10}$ ) foram aplicadas três distribuições estatísticas

distintas: a de frequência, a de Gumbel, descritas na metodologia de Silveira, Moura e Andrade (2006), e a de Log-Normal, descrita por Mendes (2007).

Para empregar as metodologias de distribuição de dados foi necessária primeiramente a organização dos dados da série histórica em ordem crescente. Desta forma, a metodologia seguida baseia-se na média de sete em sete dias para cada ano e, subsequente a isso, utilizam-se os menores valores de cada ano para serem trabalhados nas metodologias de distribuição descritas abaixo.

### Distribuição de frequência

A distribuição de frequência agrupa os dados por classes de ocorrência, resumindo grandes séries de dados. Esse método permite verificar a frequência com que os valores se repetem ou são superiores a um determinado evento. Desta forma, a  $Q_7$  é determinada através da probabilidade, na qual é possível mensurar qual a possibilidade de ocorrer um valor inferior ou superior a um valor estipulado. Para o cálculo da probabilidade foi utilizada a equação 1.

Através desta metodologia, as vazões anuais são colocadas em ordem crescente e, assim, atribui-se uma ordem a cada uma das vazões anuais, sendo as vazões de ordem 1 até 19.

$$F(x) = \frac{m}{N + 1} \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

$F(x)$  – estimador da frequência;

$N$  – quantidade de anos da amostra;

$m$  – ordem da classe.

O período retorno foi determinado pelo inverso da função de excedência,  $1 - F(X)$ , segundo a equação 2.

$$Tr = \frac{1}{1 - F(x)} \quad (\text{eq.2})$$

Através da aplicação desta metodologia foi possível determinar o valor de vazão  $Q_7$ , esperada para um tempo de retorno de dez anos.



### Distribuição de Gumbel

A distribuição de Gumbel é uma distribuição de probabilidade. Tal metodologia é a que tem maior destaque na literatura (ROWINSKI; STRUP-CZEWSKI; SINGH, 2002; BEIJO, 2002) e apresenta dois parâmetros, um de escala e outro de forma, os quais vêm sendo estimados pelo método dos momentos, especificamente, os momentos de 1ª e 2ª ordens, que representam, respectivamente, média ( $x$ ) e desvio padrão ( $s$ ) (BEIJO, 2002).

Neste método, assim como no de frequência, é necessária a ordenação das vazões anuais em escala crescente; além de inserir as ordens de cada uma delas, são necessários ainda os cálculos das demais equações 3 e 4.

$$\alpha = \frac{1,2826}{\sigma} \quad (\text{eq.3})$$

$$\mu = x + 0,45 * \sigma \quad (\text{eq.4})$$

Para a estimativa de uma variável hidrológica  $x$  em função do tempo de retorno, aplicou-se a equação 5.

$$Q_{tr} = \left( \frac{\text{LN} \left( -\text{LN} \left( 1 - \left( \frac{1}{Tr} \right) \right) \right)}{\alpha} \right) + \mu \quad (\text{eq.5})$$

### Distribuição Log-Normal

A distribuição Log-Normal é outra metodologia bastante empregada no cálculo da  $Q_{7,10}$  e trabalha com a série do logaritmo das vazões ( $\log Q_7$ ), descrita na equação 6.

$$\log Q_t = x(\log Q_7) - \sigma.Kt \quad (\text{eq.6})$$

Na distribuição estatística Log-Normal é necessário um fator de frequência  $Kt$  que possua o valor normal de  $z$ , padronizado.

### Vazões de permanência $Q_{90}$ e $Q_{95}$

Alguns dos instrumentos que podem ser utilizados para determinar a vazão mínima necessária

para fins de outorga são as vazões de permanência  $Q_{90\%}$  e  $Q_{95\%}$ , em que os respectivos valores podem ser fixados por porcentagens para estipular seus tetos de uso.

Nesta etapa é desejável que a série histórica seja representativa e que falhas nos registros não sejam recorrentes.

Os procedimentos de cálculo das vazões foram descritos abaixo:

O primeiro passo foi calcular o valor da amplitude total de variação das vazões máximas e mínimas da série histórica pela equação 7.

$$\text{Amplitude total} = Q_{\text{máx}} - Q_{\text{mín}} \quad (\text{eq.7})$$

Onde:

$Q_{\text{máx}}$  = vazão máxima

$Q_{\text{mín}}$  = vazão mínima

Posteriormente, calculou-se o número de classes (NC), segundo a equação 8.

$$NC = 1 + 3,3.\log(N) \quad (\text{eq.8})$$

A amplitude de cada classe foi encontrada pela equação 9.

$$AC = \frac{\text{Amplitude total}}{NC} \quad (\text{eq.9})$$

Após estas etapas realizou-se a distribuição das classes para estipular quantas ocorrências havia em cada classe, alocando os dados em uma tabela que enumerou as ocorrências entre os limites superiores e inferiores.

Com o objetivo de produzir uma curva de permanência onde se relacionam a  $Q$  ( $m^3/s$ ) e a frequência acumulada ( $Fr_{ac}$ ), através dos dados de ocorrência foram calculadas a frequência de ocorrência ( $Fr$ ) em cada classe e a frequência acumulada. Após estas etapas determinaram-se a  $Q_{90\%}$  e a  $Q_{95\%}$ .

### Vazão mínima após a barragem e vazão média

Para determinar se a barragem interferiu de alguma forma na hidrodinâmica do Rio Jamari,

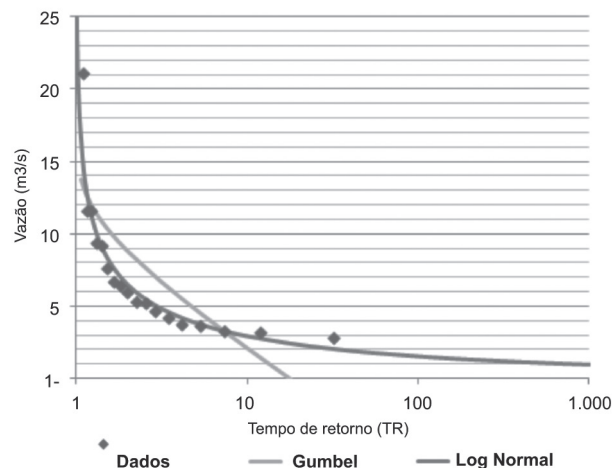
modificando os valores de vazão outorgável, foram observadas, através da frequência, quantas vezes a vazão mínima medida no rio foi inferior à vazão mínima  $Q_{7,10}$ , ou seja, através da observância da série histórica após a implantação da barragem, contaram-se os valores de vazão que eram menores que a vazão  $Q_{7,10}$ .

A  $Q_{7,10}$  foi utilizada como parâmetro para outorga por haver referências para sua aplicação, ou seja, 30% da  $Q_{7,10}$ , o que não ocorre para as vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ , que não têm valores preestabelecidos.

Para o cálculo da vazão média foi realizada média aritmética simples. Através desta buscou-se avaliar se a vazão média era um valor próximo ao das vazões mínimas determinadas pelos diferentes métodos empregados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aplicação dos ajustes da série histórica em médias de sete em sete dias, geraram-se os menores valores de vazões para os respectivos anos, descritos na Tabela 1.



**Gráfico 1**  
Vazão  $Q_{7,10}$  versus TR pelos métodos estatísticos de Gumbel, Log-Normal e frequência dos dados

Fonte: Bezerra (2013)

referida distribuição pode ser utilizada para prever a ocorrência de extremos mínimos, a partir da série de dados disponíveis. Quanto à distribuição Gumbel, esta não se mostrou adequada para estimar a vazão mínima para os dados disponíveis. Ainda no gráfico pode-se perceber que, até dez anos, esta distribuição superestima vazões, ao passo que subestima valores acima deste período.

**Tabela 1**  
Valores  $Q_7$  mínimo de vazões da estação fluviométrica 15430000 do Rio Jamari, para a série de 19 anos Rondônia, Brasil – 1971-1989

Ano	Q7min	Ano	Q7min	Ano	Q7min	Ano	Q7min	Ano	Q7min
1971	2,823	1975	4,225	1979	11,575	1983	7,615	1987	5,924
1972	3,244	1976	3,727	1980	4,635	1984	9,415	1988	5,191
1973	5,309	1977	9,158	1981	3,657	1985	6,392	1989	11,575
1974	3,304	1978	6,671	1982	21,061	1986	26,620		

Fonte: Bezerra (2013).

A partir da aplicação dos testes de Gumbel, Log-Normal e frequência dos dados elaborou-se o Gráfico 1, com valores de vazões em função do tempo de retorno.

Por meio do gráfico é possível visualizar que a distribuição utilizando a metodologia Log-Normal assemelha-se mais à distribuição dos dados reais que constam na Tabela 1. Em outras palavras, a

Com um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) entre dados medidos e estimados de 0,76, o valor estimado de vazão pelo Log-Normal foi de 2,92  $m^3/s$ , enquanto que, pelo método de Gumbel, a vazão estimada foi de 2,06  $m^3/s$ , com  $r^2$  de 0,41 em relação aos dados reais. Quanto à distribuição de frequência, a vazão estimada para um período de retorno de dez anos foi de 3,27  $m^3/s$ .

Como o coeficiente de outorga é 0,3 da  $Q_{7,10}$ , definido pela ANA para o estado de Rondônia, a vazão que deverá ser outorgada será de 0,88 m<sup>3</sup>/s. Ou seja, deverá permanecer uma vazão de 2,04 m<sup>3</sup>/s no leito do curso d'água.

A Tabela 2 demonstra a frequência de ocorrências, ano a ano, de vazões inferiores ao valor encontrado de acordo com o percentual permitido pela ANA. Dela pode-se inferir que, se valores abaixo do outorgável foram registrados, os conflitos pela alta demanda estão diretamente relacionados, sendo esta demanda tanto de cunho consuntivo (dessecação de animais, usos domésticos, pecuária

a montante da barragem. Os sedimentos, juntamente com a matéria orgânica sedimentada, tendem a reter poluentes, bem como, através da decomposição anaeróbica nos sedimentos, produzir gases reduzidos (H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, entre outros) que podem alterar drasticamente a qualidade das águas, fenômeno agravado em reservatórios com alto tempo de retenção e com grande profundidade. A partir desta assertiva, a vazão de permanência encontrada para a série histórica e influenciada pela alteração da velocidade pode ser visualizada na Figura 3.

Ao se analisar o Gráfico 2, constata-se que a vazão  $Q_{90}$  do Rio Jamari corresponde a aproxima-

Ano	Frequência	Ano	Frequência	Ano	Frequência	Ano	Frequência
1992	1	1996	0	2000	2	2004	7
1993	0	1997	0	2001	0	2005	4
1994	0	1998	4	2002	12		
1995	0	1999	0	2003	4		

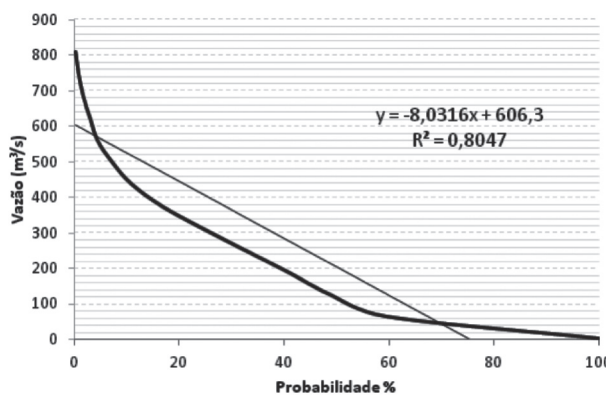
Fonte: Bezerra (2013).

e geração de termoeletricidade) quanto de cunho não consuntivo (diluição de efluentes e geração de energia hidrelétrica).

Pela tabela pode-se perceber que houve considerável número de ocorrências abaixo do valor estimado pela metodologia mais adequada (Log-Normal), ao passo que, antes da instalação e do funcionamento do barramento de Samuel, não há registros de vazões inferiores a 2,04 m<sup>3</sup>/s, o que possibilita inferir que estas alterações ocorrem em função de um agente externo, no caso o barramento.

Deve-se levar em consideração que a vazão é relacionada tanto ao volume quanto à velocidade; neste sentido, a vazão pode ter diminuído com maior probabilidade em razão da velocidade mais do que do volume no rio em questão. Gordon (2004) indica que mudanças na velocidade tendem a desenvolver depósitos de sedimentos no rio, alterando o gradiente granulométrico, com os sedimentos mais grosseiros situados nos trechos mais

damente 20 m<sup>3</sup>/s, ou seja, ao decorrer do ano, esta seria a vazão com garantia de ocorrência em 90% dos eventos, devido a alterações do nível d'água em resposta à sazonalidade. Quanto à  $Q_{95}$ , esta apresentou valor de vazão de aproximadamente 9 m<sup>3</sup>/s.



**Gráfico 2**  
Curva de permanência do Rio Jamari Rondônia, Brasil – 1971-1989

Fonte: Bezerra (2013)

Através dos valores apresentados foi possível perceber uma diferença significativa entre a  $Q_{90}$  e a  $Q_{95}$ , valor este de  $11 \text{ m}^3/\text{s}$ , mesmo em um pequeno intervalo de 5%. É importante salientar que a análise estatística para representação da  $Q_{90}$  e da  $Q_{95}$  apresentou um coeficiente de determinação de 0,805. Tais valores demonstram que, apesar de um baixo intervalo de dados ou de um alto coeficiente de determinação, a variação entre os valores de vazão pode ser alta, expondo que o método de análise para outorga deve ser mais criterioso devido às diferenças entre os diversos biomas e ecossistemas.

### Vazões médias

A partir do cálculo da vazão média antes da instalação da barragem foi possível verificar que a vazão que escoava era de  $182,78 \text{ m}^3/\text{s}$ , ou seja um valor relativamente acima do valor que poderia ser outorgado. A vazão outorgável encontrada, pelo cálculo da  $Q_{7,10}$ , é de  $0,88 \text{ m}^3/\text{s}$ , o que corresponde a aproximadamente 0,5% da vazão média. Os valores de vazões de permanência,  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ , apresentaram-se mais representativos em relação à vazão média antes da instalação, tanto por não estarem relacionados a eventos extremos de ocorrência quanto por apresentarem valores de 11% e 5%, respectivamente.

Após a instalação da barragem observaram-se valores abaixo da vazão outorgável, 30% da  $Q_{7,10}$ , no entanto, a vazão média permaneceu com valores próximos, sendo de  $187,88 \text{ m}^3/\text{s}$ , o que demonstra, mais uma vez, que o volume de água não reduziu após a instalação, somente houve a redução da velocidade, o que interferiu em alguns valores de vazão.

Através da observação da grande discrepância entre os valores de vazões mínimas  $Q_{7,10}$  e de vazão média, pode-se inferir que isso ocorre devido a  $Q_{7,10}$  gerar dados de valores extremos, o que, muitas vezes, pode não ser tão representativo para as características diferenciadas da Bacia Amazônica.

Os valores adquiridos são considerados baixos para ambos os métodos de vazões de referências se comparados com trabalhos como os de Souza

et al (2012) que trabalhou com uma pequena bacia hidrográfica do Distrito Federal; Silva et al (2010) que comparou a vazão real e a vazão de referência para outorga de água do córrego Barrerinho em Uberlândia-MG; Maia (2003) que estabeleceu as vazões de outorga para a Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí nos estados de Minas Gerais e São Paulo, e Baena et al (2004) que determinou as  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ , para a outorga de uso da água no Rio Paraíba do Sul em Minas Gerais.

### Possibilidades de outorga do uso da água no Rio Jamari

Rondônia ainda não tem nenhuma legislação referente aos critérios adotados para outorga de água superficial. A legislação referente a essa temática que se tem atualmente é a Portaria da Sedam nº 0038/04 (RONDÔNIA, 2004), que aprova as normas que disciplinam o uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do estado de Rondônia.

A ANA apresenta um valor de vazão máxima de 30% da  $Q_{7,10}$  para captação a fio d'água, assegurando critérios como:

- 1 – atendimento das primeiras necessidades da vida;
- 2 – abastecimento de água às populações, incluindo-se as dotações específicas necessárias para suprimento doméstico, de saúde e de segurança;
- 3 – abastecimento de água de estabelecimentos industriais, comerciais e públicos;
- 4 – aquicultura; e
- 5 – projetos de irrigação coletiva, como participação técnica, financeira e institucional.

Para fins de observação, adotaram-se nesta pesquisa os valores de 20% da vazão de referência para uso individual e 80% da vazão de referência para o uso coletivo. Tais valores foram utilizados por serem os mais pleiteados em outros estados do Brasil, como: Mato Grosso, Bahia, Piauí e Brasília (Distrito Federal) (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005).

**Tabela 3**  
Vazões mínimas de referência e limites de concessão de outorga no Rio Jamari Rondônia, Brasil – 2013

Vazão de referência	Valor total	Uso	
		coletivo	individual
(m <sup>3</sup> /s)			
Q7,10	2,94	2,35	0,59
Q90	20,00	16,00	4,00
Q95	9,00	7,20	1,800
Qméd	182,78	146,22	36,56

Fonte: Bezerra (2013).

A Tabela 3 apresenta os valores das vazões mínimas de referência para a concessão de outorgas no Rio Jamari e os respectivos limites de concessão para uso coletivo e para uso individual.

Os valores limites de concessão de vazão para uso individual no Rio Jamari, sem a adoção de armazenamento em barragens, foram relativamente altos (variação de 0,59 a 36,56 m<sup>3</sup>/s), mostrando que o rio tem um potencial considerável para a exploração de seus recursos hídricos. Assim, para a utilização da água é necessária a aprovação no órgão competente, que, em Rondônia, é a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (Sedam).

O limite máximo de captação para uso coletivo também se apresentou em valores bastante representativos, entretanto, neste é possível perceber a discrepância entre os valores que variam de 2,35 a 146,22m<sup>3</sup>/s. Para a utilização deste recurso para uso coletivo é necessário também o pedido de outorga, que deve estar abaixo dos limites de máximo outorgável para uso coletivo, para que, assim, não comprometa ambientalmente o Rio Jamari.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do presente trabalho foi possível verificar que os resultados de vazão mínima definida pelos diferentes métodos foram distintos, sendo a  $Q_{7,10}$  igual a 2,94m<sup>3</sup>/s, a  $Q_{90}$  igual a 20m<sup>3</sup>/s e a  $Q_{95}$  igual a 9 m<sup>3</sup>/s, demonstrando que a escolha do método para o cálculo da vazão mínima irá influenciar no

valor estipulado para outorga, ou seja, o uso de apenas um dos parâmetros como aparato da outorga deve ser concomitantemente estudado com outros parâmetros, como o conhecimento da biota do curso d'água e suas relações, pois a metodologia deve-se atentar a outros fatores que são influenciados pela hidrodinâmica do rio.

Foi constatado também que o ajuste dos modelos estatísticos poderia ser mais representativo ao se utilizar uma série maior de dados, pois, em trabalhos como os de Mendes (2007), Schavartzman, Medeiros e Nascimento (1999) e Silva (2005), obtiveram-se coeficientes de determinação de maior grandeza.

O conhecimento prévio das vazões ecológicas e dos processos envolvidos é importante por proporcionar subsídios que fundamentam a tomada de decisões e auxiliam no planejamento e manejo do uso racional dos recursos hídricos, permitindo adequar os fatores socioeconômicos aos ecológicos, respeitando-se a sazonalidade dos corpos hídricos, de forma a não interferir de maneira negativa na hidrodinâmica dos rios e igarapés da região.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no país: diretrizes e prioridades*. Brasília: ANA, 2005. 153 p. Disponível em <<http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acesso em: 24 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. *Base de dados georreferenciados*. Brasília: ANA, 2013. Disponível em <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/login.asp?urlRedir=/bibliotecavirtual/solicitacaoBaseDados.asp>> Acesso em: 13 maio 2013.

ARNÉZ, F. A. *Análise de critérios de outorga do uso da água na Bacia do Rio Santa Maria, RS*. 2002. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

BAENA, L. G. N. et al. Especialização da  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  visando à gestão dos recursos hídricos: estudo de caso para a Bacia do Rio Paraíba do Sul. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 12, n. 1, 24-31, jan./mar. 2004.

BEIJO, L. A. *Distribuição de Gumbel: estudo de métodos de estimação dos parâmetros e ajuste aos dados de precipitação*



- máxima de Lavras, MG. 2002. 91f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2002.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radam Brasil. *Folha SC-20 Porto Velho*. Rio de Janeiro: MME, 1978. 668 p. (levantamento de recursos naturais).
- FERNANDES, L. C.; GUIMARÃES, S. C. P. *Boletim climatológico de Rondônia*. Secretaria de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). PortoVelho, RO: 36p., il., tab. 2002.
- FIOREZE, A. P.; OLIVEIRA, L. F. C.; FRANCO, A. P. B. Avaliação do desempenho de equações de regionalização de vazões na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. *Revista Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, SP, Brasil, n. 3, p. 62-76. Universidade de Taubaté, 2008.
- GORDON, N. D. et al. *Stream hydrology: an introduction for ecologists*. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2004. 429 p.
- MAIA, J. L. *Estabelecimento de vazões de outorga na Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, com a utilização de sazonalidade*. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG. 2003.
- MENDES, L. A. *Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência*. 2007. 187 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- NÓBREGA, R. S.; SOUZA, E. P.; SOUSA, F. A. Análise da utilização de dados do satélite TRMM em um modelo hidrológico semidistribuído na Bacia do Rio Jamari (RO). *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 1, n. 1, p. 47-61, maio/ago. 2008.
- OLIVEIRA, Luiz F. C. de; FIOREZE, Ana P. Estimativas de vazões mínimas mediante dados pluviométricos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 15, n. 1, jan. 2011.
- PEREIRA, S. B. et al. Variação temporal do comportamento hidrológico na Bacia do Rio Dourados. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, SP, v. 27, n. 2, p. 560-568, 2007.
- RONDÔNIA. PORTARIA Nº 38/GAB/SEDAM, 17 DE FEVEREIRO DE 2004, Aprova as Normas e os Anexos de I a XV, que disciplinam o uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado de Rondônia. Diário Oficial de Rondônia, 2004.
- ROWINSKI, P. M.; STRUPCZEWSKI, W. G., SINGH, V. P. A note on the applicability of log-Gumbel and log-logistic probability distributions in hydrological analyses: I. know pdf. *Hydrological Science Journal*, Walingford, Inglaterra, v. 47, n. 1, p. 107-122, Feb. 2002.
- SANTOS, Eduardo H. M. dos; GRIEBELER, Nori, P.; OLIVEIRA, Luiz F. C. de. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 14, n. 8, 2010.
- SANTOS, G. M. Impactos da hidrelétrica Samuel sobre as comunidades de peixes do Rio Jamari (Rondônia - Brasil). *Acta Amazônica*, [S.l.], v. 25, n. 3/4, p. 247-280, 1995.
- SCHVARTZMAN, A. S.; MEDEIROS, M. J.; NASCIMENTO, N. O. Avaliação preliminar do critério de outorga adotado do estado de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 1999, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABRH, 1999. CD Rom.
- SERGIPE. Decreto nº 18.456/99, 03 de Dezembro de 1999. Regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos, de domínio do Estado, de que trata a Lei nº 3.870, de 25 de setembro de 1997, e dá providências correlatas. Diário Oficial de Sergipe, 1999.
- SILVA, J. F.; LUZ NETTO, F. M.; RODRIGUES, S. C. Análise comparativa entre a vazão real e a vazão de referência para outorga de água do Córrego Barrerinho Uberlândia-MG. *Revista Geográfica Acadêmica*, [S.l.], v. 4, n. 2, 2010.
- SILVEIRA, A.; MOURA, R. M. P.; ANDRADE, N. L. R. Determinação da Q7, 10 para o Rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil e comparação com a vazão regularizada após a implantação do Reservatório de Aproveitamento Múltiplo de Manso. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30., 2006, Punta del Este – Uruguay. [*Anais...*] Punta del Este – Uruguay: [s.n.], 26 al 30 nov. 2006,
- SIOLI, H. Hydrochemistry and geology in the Brazilian Amazon region. *Revista Amazoniana*, [S.l.], v. 1, n. 3, p. 267-277, 1968.
- SOUZA, F. A. O. et al. Caracterização das vazões em uma pequena bacia hidrográfica do Distrito Federal, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 16, n.1, p.10-17, 2012, 2012.

Artigo recebido em 16 de maio de 2013

e aprovado em 3 do junho de 2013.



# Água como direito e como mercadoria – os desafios da política

*Elisabete Santos\**

*Luiz Roberto Santos Moraes\*\**

*Renata Alvarez Rossi\*\*\**

\* Doutora em Ciências Sociais Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e mestre em Ciências Sociais pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Professora adjunta do Departamento de Finanças e Políticas Públicas da Escola de Administração da UFBA. betesantos@ufba.br

\*\* Doutor em Saúde Ambiental pela University of London (UL) e mestre em Engenharia Sanitária pela Delft University of Technology (TU DELFT). Professor titular em Saneamento e participante especial do Departamento de Engenharia Ambiental e do Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA). moraes@ufba.br

\*\*\* Doutoranda em Administração e mestre em Ciências Sociais pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). renatarossi@ufba.br

## Resumo

O artigo discute o conflito entre a condição da água como direito e como bem econômico, recorrendo aos processos de implementação da Lei das Águas no conjunto do país, com ênfase na Bahia e na gestão das águas em Salvador. O artigo defende a tese de que o equacionamento do referido conflito depende da construção de instâncias de participação social e da defesa de interesses coletivos e difusos. Na conclusão destaca-se o desafio de construir novas formas de regulação das águas e novos mecanismos de participação, de modo a tornar realidade a universalização do direito à água. As principais fontes de pesquisa deste trabalho foram documentos oficiais, particularmente os relatórios de avaliação da política das águas, e as principais referências bibliográficas são Joachim Hirsch, Boaventura de Souza Santos, Enrique Leff, Esteban Castro, István Mészáros, Erik Swyngedouw e Francisco de Oliveira.

**Palavras-chave:** Água. Direito. Bem econômico. Mercantilização.

## Abstract

*The article discusses the conflict between the condition of the water as a right and as an economic asset, using the process of implementing the Water Law throughout the country, with an emphasis on Bahia and water management in Salvador. The article defends the thesis that understanding of such conflict depends on the construction of instances of social participation and defense of collective and diffuse interests. It concludes highlighting the challenge of building new forms of water regulation and new mechanisms of participation, in order to make the universalization of the right to water reality. The main research sources of this work were official documents, particularly the assessment reports of water policy, and key bibliographical references are Joachim Hirsch, Boaventura de Souza Santos, Enrique Leff, Esteban Castro, István Mészáros, Erik Swyngedouw and Francisco de Oliveira.*

**Keywords:** Water. Rights. Economic good. Commodification.

## INTRODUÇÃO

Este artigo discute o conflito entre a condição da água como direito e como bem econômico no processo de implementação da Lei das Águas no conjunto do país, com especial ênfase na experiência da Bahia e na gestão das águas em Salvador. No atual contexto de globalização e de flexibilização produtiva, as questões ambientais passam para o segundo plano da agenda internacional e nacional, com sérios desdobramentos do ponto de vista da política e da problemática ambiental. Predomina, mesmo no âmbito do chamado neodesenvolvimentismo em curso, a política de atribuir ao mercado a regulação dos recursos ambientais o que, no caso da água, qualificada como um direito universal, tem sérias repercussões do ponto de vista das condições de vida e da qualidade ambiental, particularmente em situações de pobreza e de precariedade como as do estado da Bahia e de cidades como Salvador.

Como afirmam documentos oficiais, como os da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) particularmente (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2012), fica cada vez mais evidente a intrínseca relação entre desenvolvimento e água. Entretanto, no atual contexto de crise do capitalismo mundial, os referidos documentos reforçam a necessidade de aprimoramento dos modelos e instrumentos de gestão adotados nas últimas décadas, como também a criação de melhores condições de atração de investimentos para a área de recursos hídricos, atualmente comprometida em função da situação de incerteza e de risco em relação às possibilidades de retorno financeiro. É nesse contexto de crise que textos como os de Addams e outros (2009) reforçam o significado de inovação, informação, tecnologia, mas também *valuing*, *pricing* e *marketing*, que cada vez mais passam a ser ressaltados como elementos estratégicos na gestão das águas (ADAMS, 2009).

A análise da complexa relação entre água como direito e como mercadoria nos situa no contexto da

implementação da Lei das Águas (BRASIL, 1997) e do seu particular desdobramento em realidades como as do estado da Bahia e da cidade de Salvador. A referida lei institui um novo paradigma de gestão no país, estimula o uso múltiplo e a universalização do acesso e, a exemplo do que acontece no plano internacional, institui instrumentos econômicos de gestão, atribuindo valor econômico à água. Esse novo padrão de regulação descentraliza a gestão, estabelece a bacia hidrográfica como unidade de análise e de gestão, além de criar um comitê, instância de deliberação e de implementação da política – o que se constitui em significativo avanço em relação ao modelo centralizador e setorializado até então existente no país.

O que a análise de documentos oficiais de avaliação do processo de implementação da Lei das Águas revela, a exemplo dos relatórios *Conjuntura das Águas*, em suas várias versões, é que o modelo político-institucional implementado avança lentamente na instituição de instrumentos de gestão, a exemplo da outorga e da cobrança pela água bruta, entretanto, esse avanço não se traduz, necessariamente, na efetiva democratização do acesso à água. Isso não significa afirmar que o atual modelo de gestão não favoreça a uma maior discussão sobre as águas no âmbito dos comitês, mas que estas instâncias de participação refletem a correlação de forças e de poder na sociedade, com destaque para a incidência de representantes dos interesses econômicos nas decisões e para a centralização destas no âmbito do Estado. Além disso, significa afirmar que as ações do comitê estão voltadas, sobretudo, para a operacionalização e a implementação política das águas e que as decisões relativas à alocação de água não contemplam, necessariamente, as decisões gestadas no âmbito do comitê.

É no contexto das tensões e contradições da racionalidade capitalista que se situa o presente objeto de reflexão, ou seja, o conflito entre a água como direito e como bem econômico. Parte significativa da literatura sobre a política e a gestão das águas parte do princípio de que existe convergência

e complementaridade entre os instrumentos de Comando & Controle (C&C) e Instrumentos Econômicos (IE). Este texto defende a tese contrária, ou seja, de que o uso de IE materializa o princípio de que “a água precisa pagar a água” e subordina os instrumentos de C&C à lógica da acumulação, aos interesses econômicos hegemônicos. Isso se traduz nas formas de

acesso aos serviços de saneamento básico, em especial ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário, como também ao uso da água como insumo produtivo. Busca-se responder, ao longo deste texto, à seguinte questão: quais desafios políticos estão postos ao processo de implementação da Lei das Águas, que institui a água como direito e como bem econômico? O artigo defende a tese de que o principal desafio enfrentado pela referida lei consiste no avanço da universalização e da democratização do seu acesso, e que isso depende da construção de instâncias de participação de segmentos sociais que defendam interesses coletivos e difusos e, conseqüentemente, priorizem a universalização do acesso à água. Desse modo, é preciso construir novas formas de regulação, distintas das instituídas pelo modelo neoliberal nos anos 90, como também novos mecanismos de participação, particularmente em realidades como as do estado da Bahia e da cidade de Salvador, de modo a tornar realidade a universalização do direito à água.

A metodologia utilizada consistiu na análise de dados e informações secundárias de documentos oficiais, com especial destaque para os relatórios de conjuntura das águas (BRASIL, 2012), o Pacto Nacional pela Gestão das Águas I e II (BRASIL, 2013a, 2013b), o Plano Nacional de Recursos Hídricos: prioridades 2012-2015 (BRASIL, 2011), o GEO Brasil: recursos hídricos (BRASIL, 2007), o Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2006), além de *Charting our water future: economic frameworks to inform decision-making* (ADAMS et al., 2009), *The United Nations world water*

*development report 4: managing water under uncertainty and risk* (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2012) e o trabalho *O caminho das águas de Salvador* (SANTOS, 2010), que faz uma

caracterização da qualidade das águas em Salvador. As principais referências teóricas são Joachim Hirsch, Boaventura de Souza Santos, Esteban Castro, István

Mészáros, Erik Swyngedouw, José Luiz Fiori e Francisco de Oliveira.

### A COMMODITIZATION DAS ÁGUAS

As civilizações sempre se constituíram em torno de algum corpo d'água e, historicamente, a fartura ou a escassez de água tem sido associada à saúde ou à doença; ao progresso ou ao atraso. Além da dimensão propriamente ambiental, a água tem um significado simbólico e, milenarmente, está presente no imaginário de vários sistemas religiosos como elemento de purificação. A quantidade de água disponível no mundo tem diminuído e, progressivamente, aumentado o consumo. A UNESCO, em relatório intitulado *World Water Assessment Programme* (WWAP), expressa a preocupação quanto às incertezas e os riscos das mudanças climáticas e em relação à disponibilidade de água, refere-se aos “*external stressors on water resources, and sources of uncertainty*”, como também em relação à quantidade usada e à demanda futura: “*how much water are we using now? How efficiently are we using it? How much will we need 30 years from now? Fifty years?*” (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2012, p. 45-79). Como o referido documento observa, apesar de essas questões serem aparentemente simples, as respostas não o são. A demanda de água encontra-se concentrada na agricultura, na produção de energia, nos usos industriais e no consumo humano. Ademais, apesar dos avanços nos serviços de saneamento,



sobretudo nos centros urbanos, cerca de um bilhão de pessoas não têm acesso a fontes tratadas de água potável, e 2,6 bilhões de pessoas não dispõem de serviços de saneamento de qualidade, o que traz sérias consequências do ponto de vista da saúde pública (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2012, p. 95). No WWAP, a UNESCO registra que:

*approximately 3.5 million deaths related to inadequate water supply, sanitation and hygiene occur each year, predominantly in developing countries (WHO, 2008a) (...). Diarrhoeal diseases, often related to contaminated drinking water, are estimated to cause the death of more than 1.5 million children under the age of five per year (BLACK et al., 2010). The MDGs state that waterborne diseases related to unsafe drinking water supplies represent one of the major threats to the world's vulnerable poor (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2012, p. 96).*

A importância da água para a qualidade de vida e também para o desenvolvimento é reiteradamente reconhecida em WWAP: *“it must be understood that water is a natural resource upon which all social and economic activities and ecosystem functions depend”* (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2012, p. 21). O referido documento chega a prever o aumento das disparidades econômicas entre países, regiões e setores em função da escassez das águas.

A configuração da problemática das águas e da crise ambiental, principalmente nas grandes cidades, conduziu a críticas mais ou menos radicais ao próprio modelo de desenvolvimento em curso, com resultados distintos, particularmente em relação às políticas públicas. Ao longo das últimas quatro décadas do século passado, o debate em torno de questões ambientais colocou em campos teóricos, políticos e ideológicos distintos o Estado, o mercado

e a sociedade civil. Ainda que sob a denominação de ‘ambientalistas’ estivesse abrigado um amplo leque de alternativas e projetos políticos, dos ‘vermelhos’ aos ‘’, nas referidas décadas, pelos menos para aqueles que assumem uma posição mais crítica em relação à lógica de acumulação capitalista, existia uma clara contraposição entre economia e ambiente. A noção de escassez mobilizava a militância e fundamentava a crítica às relações predatórias entre sociedade e natureza. Tratava-se de um período no qual o pacto fordista-keynesiano, além de assegurar a infraestrutura necessária à reprodução ampliada do capital, responsabilizava-se pela criação das condições mínimas de reprodução da força de trabalho. Tanto que, segundo estudos realizados por Esteban Castro, com base nas experiências europeia e norte-americana, revelam que a universalização dos serviços de água e saneamento tornou-se possível no referido período com o investimento do Estado (CASTRO, 2007).

Durante muito tempo, a água foi qualificada como um bem livre e renovável, à qual todos teriam acesso e igual direito – como em tempos imemoriais tinham sido as florestas e as terras. No âmbito da crise dos anos 70, a pressão dos movimentos sociais sobre o Estado e o mercado fez com que estes passassem a ter uma atitude mais vigilante no combate à degradação ambiental, dando início ao processo de institucionalização da problemática ambiental, qualificada até então como externalidade do processo produtivo. Como o relatório do Clube de Roma já sugeria nos anos 70, a escassez de recursos ambientais, associada ao custo da força de trabalho, pode comprometer as condições de reprodução do próprio sistema.

No contexto da referida crise e na passagem do milênio, o capitalismo globalizado mudou a forma de configuração da problemática ambiental e das águas, mudou o Estado e mudou também o movimento social. A nova forma de regulação institui o

**A escassez de recursos ambientais, associada ao custo da força de trabalho, pode comprometer as condições de reprodução do próprio sistema**

princípio do agente-usuário-pagador e usuário-poluidor, introduzindo taxas de emissão e por produto, cobrança pelos usos, licenças intercambiáveis, dentre outros instrumentos econômicos, cujos objetivos são o combate da degradação, o estímulo à melhoria da qualidade ambiental e também a criação de um mercado no qual são negociados recursos escassos – condição indispensável à constituição de uma economia de mercado. No contexto de reestruturação produtiva, de flexibilização da economia e de mudança no padrão de regulação dos recursos ambientais é que a água passa a adquirir valor econômico. Mas, afinal, o que significa conferir valor econômico à água? Significa dizer que, no atual quadro de escassez, a água passa a ter, cada vez mais, não apenas valor de uso, mas valor de troca, sendo um recurso estratégico nos processos de acumulação.

Mas, afinal, a água sempre foi vendida, trocada. Do que exatamente se está falando quando o assunto é a transformação em *commodity*, em *commodification* das águas, ao que a UNESCO se refere, no *World Water Assessment Programme* (2012), com o conceito de *commodity goods* ou a noção de *water-marginal cost curve*, de *Charting Our Water Future - Economic Frameworks to Inform Decision-Making* (ADDAMS, 2009), de representantes de grandes corporações internacionais? Como afirma Esteban Castro, não é possível abordar o processo de mercantilização da água nos mesmos termos do petróleo, por exemplo:

*However, even in a broad sense, the concept of commodity originally defined by Marx as the articulation of use value and exchange value in the generalized production of social use values that characterizes the capitalist mode of production (Marx, 1974: 48), strictly speaking would only be applicable to a relatively restricted universe of freshwater uses* (CASTRO, 2013, p. 4).

Como afirma o referido autor, é preciso distinguir conceitualmente a troca, em seu sentido mais

amplo, e a particular forma de troca fundada na racionalidade capitalista. Nesse caso específico, se está diante de um conjunto de relações sociais, de produção e de troca tipicamente capitalista, e a água, na condição de objeto de consumo, que atende às necessidades individuais e coletivas (particularmente ao abastecimento e ao saneamento) ou na condição de insumo produtivo, passa a ser objeto de lucro e de acumulação. Nesse sentido, aprofunda-se a conversão da água em capital, ainda que em contextos nos quais não exista a adequada relação entre mercantilização, direito de propriedade e racionalização capitalista (CASTRO, 2013).

A Lei das Águas brasileira, Lei nº 9.433/1997, é um paradigma na mudança do padrão de regulação dos recursos ambientais no Brasil. Ela reafirma o princípio constitucional de que a água é um bem público, mas também consagra a posição afirmada em muitos documentos internacionais de que a água é também um bem dotado de valor econômico. A atribuição de valor econômico às águas pode ter múltiplos significados, e vários são os argumentos que a justificam. Quando se traduz em cobrança pelo consumo ou taxaço da degradação, pode significar, por exemplo, que conduzirá a usos mais racionais, a uma certa parcimônia no seu uso ou abuso, fazendo valer o velho ditado de que “quando pesa no bolso, pesa na consciência”. O contraditório neste discurso é que, como afirma Martins (2003), a elevação do preço da água até o ponto de inibir a atividade poluidora ou estimular a readequação de métodos de uso – que implica custos para a produção das firmas – dissolve o pressuposto da escolha livre e racional do agente, pressuposto do princípio do usuário poluidor-pagador. Tal medida, voltada à inibição do uso perdulário e da degradação, é típica dos instrumentos de comando e controle, aos quais os instrumentos econômicos vieram se somar ou substituir (MARTINS, 2003). Ademais, a cobrança da água bruta seria ainda capaz de fazer justiça social, uma vez que obrigaria agentes econômicos

a pagarem por ela. Tem-se, ainda, o argumento de que esse seria o caminho necessário à ampliação de investimentos na área de recursos hídricos contribuindo, inclusive, com programas de melhoria da qualidade ambiental.

O fato é que a cobrança da água seria, assim, considerada como uma medida necessária ao combate ao desperdício e à escassez e à ampliação de investimentos. A despeito da variedade de argumentos utilizados, em geral arrolados de forma conjunta, parte-se do pressuposto de que a atribuição de valor econômico a um bem torna sua regulação mais eficaz. Esse argumento, estranhamente, tem unificado segmentos do movimento ambientalista (originalmente críticos do sistema), como também os defensores do livre mercado.

Fundamenta essa nova economia política da água a teoria neoclássica da sustentabilidade que constitui uma ‘economia da poluição’ e uma ‘economia das riquezas naturais’. A primeira parte do princípio de que o uso privado do bem público pode gerar benefícios como também custos a terceiros, que são socialmente externalizados – a poluição é, então, compreendida como uma externalidade negativa, falha do mercado ou resultado da impossibilidade de atingir o ‘ótimo’ social. Os instrumentos de gestão constituem-se, assim, em mecanismos de internalização dos custos ambientais nos cálculos dos agentes geradores da externalidade, fazendo com que se atinja um nível ‘ótimo’ de poluição. A economia das riquezas naturais, fundada na teoria neoclássica do valor e em uma ética utilitarista-individualista, considera ser o bem-estar coletivo resultado da maximização das utilidades individuais e da valoração dos bens ambientais. A sustentabilidade é, assim, compreendida como otimalidade (resultado da maximização das preferências individuais), como fruto da incorporação no processo produtivo das externalidades ambientais – do equacionamento das assimetrias entre custos privados e danos

**A economia das riquezas naturais [...] considera ser o bem-estar coletivo resultado da maximização das utilidades individuais e da valoração dos bens ambientais**

sociais. Entre os recursos a garantir a consecução de tais objetivos estão a atribuição de valor de troca aos recursos ambientais e a sua materialização em preço – posição amplamente defendida pelas estratégias e políticas de órgãos de regulação e de fomento internacionais (NOBRE, 2004). Um instigante exemplo dessa nova economia é apresentado por Addams (2009), quando este se refere à necessidade de se construir uma visão integrada das águas, da incorporação de *stakeholders* na sua gestão e à necessidade de investimento para o setor:

*As a key tool to support decision-making, this study developed a “water-marginal cost curve”, which provides a microeconomic analysis of the cost and potential of a range of existing technical measures to close the projected gap between demand and supply in a basin (...)* (ADDAM et al. 2009, p. 14).

O processo de institucionalização da problemática ambiental nas últimas décadas ocorreu sob tal discurso, de inspiração (neo) liberal que se fez hegemônico com o cumprimento da pauta da globalização, com a abertura, a flexibilização e a liberalização de mercados e legislações, sendo a Rio 92 um importante ponto de inflexão nesse processo. Na verdade, a vitória política da vertente econômica, de modo enfático, busca conciliar desenvolvimento capitalista com o discurso da preservação ambiental.

A despeito da boa intenção que, às vezes, fundamenta tais discursos, é preciso destacar o contexto econômico e político no qual eles estão sendo produzidos. Não se trata aqui de questionar a justiça da atribuição de valor econômico à água, uma vez que ela também se constitui em insumo produtivo, como também de estabelecer uma ingênua contraposição entre o Estado burocrático (instrumentos de comando e controle) e o Estado gerencial (instrumentos econômicos) – sabe-se que a discussão é bem mais ampla e estrutural. É preciso reconhecer

que se está diante da constituição de uma indústria oligopolizada da água, que envolve interesses transnacionais, com a forte presença de atores como a Veolia e Suez (que controlam 70% do mercado global da água privatizada) e Bouygues (França), RWE (Alemanha), American Water Works (EUA), Anglican Water Group, Severn Trent Kelda Group e United Utilities (Reino Unido), em permanente disputa por novos mercados (SWYNGEDOUW, 2004), sobretudo nos países da periferia do capitalismo, onde a universalização do acesso à água ainda se mantém como uma promessa não cumprida.

A atribuição de valor econômico à água é uma sempre problemática. Não se está falando de petróleo ou celulares, mas de um bem vital e de direitos universais – ou será que esse conceito, definitivamente, entrou em desuso em tempos de flexibilização produtiva? A água é sim um bem dotado de valor. Mas, em primeiro lugar, deve-se ressaltar o seu valor vital, social, ambiental e cultural para, em seguida, ser verificado o seu valor econômico, o seu custo marginal. Caso contrário, seria o princípio da subordinação da sociedade ao mercado – quando, ao contrário, deveria ser a sociedade a determinar quais aspectos da vida devem ser regidos por essa lógica. Esse mesmo princípio, de natureza ética e política, já abandonado no tratamento dado ao uso e controle da terra, deveria ser aplicado às florestas, à biodiversidade e à sociodiversidade, como também às conquistas no campo da engenharia genética.

A história recente tem demonstrado que a utilização de instrumentos econômicos na gestão das águas é eivada de controvérsia, exatamente por implicar, a médio e longo prazo, uma barreira à universalização do acesso à água. Trata-se, então, de discutir o significado da radicalização de um dos princípios fundantes da modernidade, qual seja: a mercantilização da relação sociedade e natureza, a conversão de bens sociais e naturais em mercadoria. Pode-se arguir contra esse tipo de consideração

que a implementação de instrumentos econômicos no âmbito da gestão não implica necessariamente a criação de um mercado das águas e que, cada vez mais, há um distancimento do discurso radical antimercado, em busca de formas inovadoras de articulação de aspectos positivos da gestão pública e da gestão privada, em um processo de aprendizagem mútua no qual todos os lados ganham.

São inúmeros os exemplos de insucesso ou sucesso parcial da aplicação de instrumentos econômicos na gestão das águas – existem, aliás, exemplos para todos os gostos. Segundo Castro (2007), a privatização dos serviços públicos de distribuição de água e esgotos na Europa – de onde se importam modelos – gerou altos índices de inadimplência e de corte do serviço, tornando-se necessário reverter os mecanismos de cobrança e de regulação. As iniciativas de privatização dos serviços públicos de abastecimento de água, a utilização de instrumentos econômicos e a constituição de mercados das águas em países capitalistas periféricos geraram conflitos ainda mais profundos, tendo levado a uma maior ênfase na recuperação dos custos e menor ênfase nos aspectos mais especificamente ambientais, a constituição de um instrumento de guerra fiscal entre estados e municípios e a estratificação do acesso aos serviços públicos de saneamento ambiental. O argumento de que a arrecadação proveniente da cobrança da água seria capaz de fazer frente à demanda pela recuperação ambiental também se apresenta frágil. Um exemplo próximo, o da Bacia do Rio Paraíba do Sul, é bastante ilustrativo: estudos realizados indicam o quão irrisória pode ser a arrecadação com a cobrança da água diante do porte dos investimentos necessários para a recuperação da bacia. Além disso, os maiores valores arrecadados são provenientes de grandes empreendimentos, o que leva a uma dependência do financiamento da gestão por setores intensivos na utilização da água, como o setor agroexportador e de produção de energia.

**A atribuição de valor econômico à água é uma sempre problemática. Não se está falando de petróleo ou celulares, mas de um bem vital e de direitos universais**



Recentemente, a ANA, agência reguladora vinculada ao Ministério de Meio Ambiente, realizou campanhas de regularização de volumes outorgados visando à emissão de boletos de cobrança naquelas bacias onde este instrumento já se encontra em implementação. De maneira geral, o relatório produzido pela agência sobre esta ação aponta a prática de constituição de reserva hídrica por parte de usuários de água interessados em garantir a segurança da disponibilidade desta para os seus empreendimentos (ANA, 2012). Essa prática ocorre através da solicitação de outorgas de vazões acima da necessidade real, prática que, segundo o relatório, impede o bom planejamento da gestão das águas e distribuição dos usos ao longo da bacia, inclusive para outros usuários na instalação de novos empreendimentos. Segundo a ANA, com a implantação da cobrança pelo uso das águas:

os usuários avaliam mais racionalmente a necessidade de utilização de recursos hídricos. Assim, os usos declarados tendem a um patamar mais real e aceitável. Entretanto, ressalta-se que não se pode atribuir a esta alteração como uma redução real dos volumes captados, e sim a uma adequação das outorgas aos usos reais (ANA, 2012, p. 34).

Como conclusão, o relatório aponta que a cobrança não levou à redução da captação de águas, mas tão somente ao redimensionamento do total outorgado. Vale ainda registrar que o argumento minimalista de que o uso dos instrumentos econômicos torna dispensável a forte presença do Estado não se tem verificado, contando a gestão das águas com forte intervenção estatal na regulação das concessões de direitos de uso, evidenciando que mesmo a adoção de instrumentos econômicos não descarta a necessidade de intervenção do Estado, diante de uma regulamentação das águas que coloca em permanente tensão padrões ambientais e imperativos de mercado (SWYNGEDOUW, 2004).

### **O atual cenário de crise econômica coloca algumas dificuldades na concretização dos negócios em torno das águas**

Finalmente, deve-se acreditar na inevitabilidade da falta de capacidade do Estado em promover ações de comando e controle eficientes. Como, então, apostar e defender um Estado forte, cujas instituições sejam efetivamente atuantes na promoção de políticas públicas inclusivas e distributivas? Até mesmo o Banco Mundial, que financia, em larga escala, a política da cobrança e constituição de mercados de água, tem apresentado algumas ponderações, particularmente no que diz respeito ao acirramento da exclusão social provocada pela adoção dos referidos mecanismos. O atual cenário de crise econômica coloca algumas dificuldades na concretização dos negócios em torno das águas. Como ressalta a UNESCO, *“raising commercial finance for water has become more difficult due to the global financial situation since 2007”* e essa situação tem afetado notadamente a América Latina. Essa crise *“have discouraged new private interest in water infrastructure projects, and has unsettled partners in existing private public partnership (PPP) ventures”* (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2012, p. 16).

Segundo a UNESCO, é preciso avaliar com segurança os riscos de não retorno do investimento, o que significa hoje rever padrões tecnológicos, mecanismos mais eficientes de recuperação de custos, além do subsídio, ou seja, no contexto de crise é preciso avaliar com mais segurança os riscos e as incertezas que envolvem o investimento nas águas. Uma forma de reduzir o risco e a incerteza, segundo o referido documento, é fazer com que tais decisões sejam *“uniquely motivated by the financial bottom line”*. A dimensão econômica da água fica explicitada quando o referido documento afirma que *“tools such as the proper pricing and valuation of water resources can drive business decisions, particularly when water is a key input in production. They can also help to highlight trade-offs, costs and benefits/co-benefits that would otherwise not be apparent to*



*business owners.” Ademais, “government policies such as taxation rates, or fiscal incentives for attracting investment and business in a given location (...)” (WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2012, p. 16).*

Mas afinal, é possível a formação de um mercado das águas no Brasil, uma vez que a sua dominialidade é pública? Essa é uma questão que reflete o conflito entre a condição universal e econômica das águas e que somente encontrará resposta no campo da política e não no âmbito estritamente jurídico. A despeito da ênfase da nossa Constituição Federal de 1988 no caráter público da propriedade da água, várias têm sido as tentativas de flexibilizar a nossa legislação e, assim, viabilizar a formação de um mercado brasileiro de ativos derivados da água (*waterbonds, waterrights*)<sup>1</sup>. Ademais, a experiência internacional tem demonstrado que a constituição de um mercado das águas, de certa forma, independe da dominialidade da água da mesma forma que a mercantilização da água independe da natureza pública ou privada do agente prestador do serviço. Afinal,

*this process is well under way in Latin America, including some countries currently governed by nominally left-of-the-centre political actors, which demonstrates that the commodification of water is largely autonomous from the public*

**Várias têm sido as tentativas de flexibilizar a nossa legislação e, assim, viabilizar a formação de um mercado brasileiro de ativos derivados da água**

*or private character of the agents in charge of delivering these services (...). For instance, in contemporary debates over water privatization in Latin America there is often a reification of the tension between ‘public’ and ‘private’ which tends to obscure the fact that despite the apparent contradictions between public and private agents, overall both ‘sides’ may be fostering the advance and consolidation of capitalist forms of water management grounded on merely formal and not substantive democratic governance and citizenship (CASTRO, 2008, p. 12).*

Isso significa que, a despeito das dificuldades de natureza jurídica porventura existentes, é possível visualizar no horizonte iniciativas no sentido de flexibilizar a legislação, de modo a viabilizar a formação de um mercado brasileiro de ativos derivados da água (*waterbonds, waterrights*). Outro aspecto a ser discutido, diretamente relacionado com a condição de bem econômico da água e as suas consequências em relação à universalização do seu acesso, é a política de saneamento básico em curso no país. Cada vez mais, o capital avança na apropriação da prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, por meio de diversas formas de ‘privatização’, como concessão dos serviços, Parceria Público-Privadas (PPP), abertura do capital de empresas estatais estaduais de abastecimento de águas, com aquiescência do Estado brasileiro, tendo as empresas privadas vinculadas à Associação Brasileira das Concessionárias Privadas dos Serviços Públicos de Água e Esgotos (Abcon) estabelecido como meta para 2020 abastecer 30% da população brasileira (atualmente elas atendem a quase 10%) (BESSE, 2008).

Neste contexto, é preciso discutir o genérico discurso de defesa do mercado como mecanismo de regulação eficaz. Isso significa dizer que é preciso discutir em que medida o controle e o uso da água podem ser consumados no mercado, por meio de compra e venda, oferta e procura, por meio de um

<sup>1</sup> A título de exemplo poderíamos citar o PL no 6.979/2002 cujo objetivo seria regulamentar a cobrança e instituir um mercado de águas no Brasil. Em seu Art. 20, o PL afirma a possibilidade de os usuários transacionarem seus direitos de uso dos recursos hídricos. O arquivamento desse processo em janeiro de 2003 fundamentou-se no parecer do deputado Fernando Gabeira que afirmou, de modo enfático, que o “mercado das águas” proposto é incompatível com o princípio de que as águas, no Brasil, se constituem em um bem de domínio público da União e dos estados. Segundo Gabeira, “ao se permitirem transações – isto é, compra e venda – de outorgas de direito de uso de recursos hídricos, estar-se-á, na prática, permitindo a propriedade privada da água”. Recorrendo à experiência chilena, o deputado relembra que “o mercado de águas foi estabelecido no Chile em meados da década de 1980, com as propriedades de fontes de água escrituradas e livremente transacionadas, inclusive podendo ser deixadas e havidas em herança. As notícias que temos são de que essa situação tem criado sérios embaraços ao provimento de serviços públicos de abastecimento de água e à otimização do uso dos recursos hídricos”.

jogo supostamente racional e equilibrado. Em se tratando de um bem público, o seu uso e controle devem ser discutidos e definidos na esfera da política – entendida como espaço público, do debate público e da constituição do interesse público, e não na esfera da economia, afinal, vale sempre lembrar que o mercado é o *locus* do mais forte e não do mais justo (HABERMAS, 1998). Esse

debate situa-se no terreno da política e do embate entre projetos de Estado e de sociedade distintos. Afinal, por que a problemática das águas passou a ter um estatuto próprio, isso resulta da singularidade desse recurso ou da lógica que a converte em capital? Não se corre o risco de estar, tão somente, substituindo a antiga setorialização por uma especialização pretensamente mais eficiente e democratizante?

Vários segmentos sociais, agregados em torno do Fórum Nacional da Sociedade Civil, nos Comitês de Bacias Hidrográficas e em várias outras organizações, têm colocado a necessidade de reestruturação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (Singreh) e o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), instituído há 25 anos e que nunca foi objeto de uma revisão profunda e sistemática de seus fundamentos e atribuições. Ademais, muitas são as vozes que questionam os fundamentos que instituem a água e as demais riquezas naturais fundamentais como bens econômicos, o que significa que, a despeito da atual crise das utopias, é necessário repensar a relação entre sociedade e natureza, entre o público e o privado e, conseqüentemente, os desafios postos pela complexa relação entre água como mercadoria e como direito.

## A POLÍTICA DAS ÁGUAS EM TEMPOS DE FLEXIBILIZAÇÃO PRODUTIVA

Afinal, como o conflito entre a mercantilização e o direito à água se materializa hoje no Brasil? Depois

de décadas de luta pela defesa do meio ambiente e de um lento, mas progressivo, processo de institucionalização da agenda ambiental, de uma década

de neoliberalismo e da implementação de um projeto político situado no campo da esquerda, assiste-se à reedição, no âmbito do Poder Público, em várias escalas de governo, de um discurso que tem colocado a proteção ambiental

como um fator limitante do desenvolvimento. O deslocamento das referidas forças políticas para o centro da arena política esvaziou o debate sobre o significado político do projeto de desenvolvimento em curso e, pode-se dizer que, nos dias de hoje, se padece do ‘esquecimento’ da política, e de certa fetichização da técnica, o que traz conseqüências do ponto de vista da compreensão e da participação nos processos de implementação das políticas públicas, particularmente das políticas ambientais.

Com poucas exceções, o que tem pautado a arena política é o embate entre as forças que propõem uma integração mais ou menos elitizada ou subordinada ao cenário da economia globalizada (em permanente estado de crise). É como se quase todos estivessem preocupados em administrar o sistema. Nesse cenário, ganha cada vez mais espaço, no âmbito da política pública, a implementação de mecanismos econômicos, e os instrumentos de comando e controle (quando não devidamente adequados aos interesses da acumulação) passam a ser vistos como obstáculos ao desenvolvimento. A lei precisa ser ‘ajustada’ aos novos tempos. Haja vista as alterações do Código Florestal, com a redução das Áreas de Proteção Permanente (APP) e de reservas legais, a anistia a desmatadores ilegais, o retrocesso na criação de unidades de conservação e mesmo o licenciamento arbitrário de obras com problemas ambientais por todo o país. Além disso, a lei de proteção à Mata Atlântica passou a ser vista como um atraso e a expansão da monocultura na Amazônia e no Pantanal, além da mineração em

**Com poucas exceções, o que tem pautado a arena política é o embate entre as forças que propõem uma integração mais ou menos elitizada ou subordinada ao cenário da economia globalizada**

áreas indígenas, como avanço e desenvolvimento. Os critérios para a demarcação de direitos sobre a terra e os bens ambientais, que consideram dimensões políticas, sociais, históricas e culturais, passam a ser considerados por demais subjetivos, quando o que se tem em vista é a subordinação de tais dimensões à expansão do capital.

Não resta dúvida de que o modelo de gestão das águas que se constrói no país, inicialmente nos estados do Sul e Sudeste e, em seguida, com a institucionalização da Lei nº 9.433/1997, em muito avançou em relação ao padrão anteriormente existente, tradicionalmente qualificado como verticalizado e setorializado. É nesse contexto que se situam os relatórios de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2012), que destacam aspectos positivos e dificuldades de institucionalização da Lei nº 9.433/1997. Analisado-se o processo de implementação da referida lei, os relatórios oficiais destacam avanços no campo institucional, a exemplo da regulamentação e da instalação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos em 1998, a criação da Agência Nacional da Água (ANA) em 2000, a instituição de políticas de recursos hídricos estaduais e dos respectivos conselhos em todas as unidades da Federação, além da criação de “169 comitês de bacia instalados em rios de domínio estadual, sete comitês de bacia instalados em rios de domínio federal e sete entidades com funções de agência de água” (ANA, 2012, p. 201).

O relatório *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*, de 2012, afirma existir uma correlação entre o fortalecimento da gestão e a existência de conflitos. Onde existem escassez e conflito em torno dos usos da água, a exemplo das regiões hidrográficas do “Paraná, do Atlântico Sudeste e do São Francisco, caracterizadas por alta demanda consuntiva, grandes centros urbanos e problemas quanto à disponibilidade e à qualidade da água”, o sistema é mais forte. Isso se deve, em parte, à criação e à instalação de

**Não resta dúvida de que o modelo de gestão das águas que se constrói no país [...] em muito avançou em relação ao padrão anteriormente existente**

importantes Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH), como o CBH dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Bacias PCJ), na RH do Paraná; o CBH do Rio Paraíba do Sul, na RH Atlântico Sudeste; e o CBH do Rio São Francisco, na Região Hidrográfica (RH) do São Francisco (ANA, 2012, p. 164).

Em relação à implementação dos instrumentos de gestão registra-se um avanço na implantação de planos de recursos hídricos e da outorga de direito de uso, resultado do aumento da demanda de águas. Entretanto, avança de forma lenta a cobrança pelo uso da água bruta no país. Nos rios federais, “a cobrança foi implantada na Bacia do Rio Paraíba do Sul em 2001 e, em 2006, nas Bacias PCJ. O avanço em 2010 foi devido à implantação da cobrança na Bacia do Rio São Francisco, iniciada em 1º de julho daquele ano e da Bacia do Rio Doce, em 4 de novembro de 2011”. Até 2009, esse instrumento já havia sido implementado nas bacias do estado do Rio de Janeiro, nas Bacias PCJ e Paraíba do Sul em São Paulo, e, “em 2010, a cobrança teve início na porção mineira das Bacias PCJ (Bacias PJ), na Bacia do Rio das Velhas e na Bacia do Rio Araguaari, no estado de Minas Gerais, assim como nas Bacias do Rio Sorocaba e Médio Tietê, no estado de São Paulo”. Data de 2011 a cobrança nos afluentes mineiros do Rio Doce” (ANA, 2012, p. 157).

Quando se avalia o impacto da implementação da política em curso em relação à qualidade das águas, o referido relatório conclui que a esta resulta do continuado investimento em saneamento básico, do controle da poluição industrial, ou da gestão das vazões efluentes de reservatórios: “a exemplo das Bacias dos Rios das Velhas, Tietê, Paraíba do Sul, Rio Paranapanema Piracicaba, Sorocaba e Grande”. Onde os investimentos em saneamento básico não foram suficientes, a regra é a deterioração, a exemplo das Bacias Alto Iguaçu, Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu, Bacia do Rio Ivinhema e Bacia do Rio Pará. “Observa-se que, dos 644 pontos onde

foi possível avaliar a evolução histórica do Índice de Qualidade da Água (IQA), 49 (8%) apresentaram tendência de aumento, 55 (9%) apresentam tendência de redução e 540 (84%) mantiveram valores estáveis ao longo do período” (ANA, 2012, p. 197).

Esse tipo de constatação é o que justifica a criação em 2001 do Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas (Prodes), ou seja, a compra de esgoto tratado. Ele consiste no pagamento pelo esgoto sanitário, efetivamente tratado, aos prestadores de serviços públicos de saneamento básico, responsáveis pela implantação, ampliação e operação de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE). Entre os anos de 2000 e 2008, o percentual de esgoto sanitário tratado teve um acréscimo de 10,0%, o que significa que apenas 29,9% do esgoto sanitário gerado no Brasil é tratado e cerca de 70,0% são lançados *in natura* no ambiente, na maioria dos casos, nos rios (ANA, 2012, p. 67). A esse respeito é preciso avaliar os investimentos realizados em saneamento básico no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Dados recentes indicam que, das 138 obras de construção de rede de coleta e unidade de tratamento de esgoto sanitário, 65% encontram-se paralisadas, atrasadas ou não foram iniciadas em função de exigências da Caixa Econômica Federal, da má elaboração de projetos, da necessidade de desapropriação e de licença ambiental e por incompetência da empresa construtora. É preciso lembrar que a universalização do acesso à água implica a geração de esgoto sanitário e o acesso à solução apropriada para a sua coleta e tratamento.

A avaliação da implementação da política das águas no *Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos*, de 2012, reafirma análises anteriores de que é preciso avançar na articulação institucional entre os órgãos da Federação, dadas a grande diversidade regional no país e a grande “interface existente entre o universo de atuação do Singreh

dos Segrehs”. Nesse quadro de diversidade e de descompassos persiste uma grande superposição de “regras, critérios e procedimentos destinados à operacionalização dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, especialmente a regulação”, o que requer avanços na consolidação da gestão integrada entre os distintos entes da Federação (ANA, 2012, p. 202).

**É preciso lembrar que a universalização do acesso à água implica a geração de esgoto sanitário e o acesso à solução apropriada para a sua coleta e tratamento**

É nesse contexto que o governo federal cria o Pacto Nacional pela Gestão das Águas, instituído pela Resolução nº 379 da ANA, de 21 de março de 2013. Segundo seus próprios termos, a principal motivação para a criação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas é superar o “grande atraso no que concerne ao objetivo de uma gestão integrada”, particularmente no que diz respeito aos aspectos relativos à quantidade e à qualidade das águas, à “integração da gestão de águas com a gestão ambiental, à integração da gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, à integração da política de recursos hídricos com as políticas setoriais” (BRASIL, 2013a, p. 3). Este pacto, referindo-se a princípios constitucionais, afirma ser a governança da água no Brasil sustentada pelos pilares da gestão descentralizada, participativa e integrada, sendo este último aspecto considerado como frágil (BRASIL, 2013a, p. 2). Segundo o referido documento “é forçoso reconhecer que esse pilar do modelo sistêmico ainda se encontra relativamente atrofiado quando comparado aos outros dois – os da gestão descentralizada e participativa” (BRASIL, 2013a, p.3).

Desse modo, o objetivo do Pacto Nacional pela Gestão das Águas é a “construção de compromissos entre os entes federados, visando à superação de desafios comuns e à promoção do uso múltiplo e sustentável dos recursos hídricos [...]”, o que significa promover a efetiva articulação entre os “processos de gestão das águas e de regulação dos seus usos, conduzidos nas esferas nacional e estadual” e, conseqüentemente, o “fortalecimento do modelo brasileiro



de governança das águas, integrado, descentralizado e participativo” (BRASIL, 2013a, p. 8). O referido pacto sugere a implementação de uma gestão por metas e “pagamento por resultados”, como também que se dê maior importância à participação do município, além de auscultar os estados e usuários das águas, de modo a fortalecer os mecanismos de articulação.

Os dados apresentados pelos documentos oficiais são sugestivos do lento avanço da ampliação do acesso à água e de que a implementação de programas como o Prodes e mesmo a cobrança da água bruta não têm alcançado os resultados pretendidos do ponto de vista do financiamento da gestão das águas, muito menos da universalização do acesso a esse recurso. Nesse contexto, merece destaque a ausência da reflexão sobre a participação dos usuários e da sociedade civil no cotidiano da gestão – elemento importante no debate sobre a democratização do acesso às águas no país.

### **A política das águas na Bahia e em Salvador**

Afinal, qual a contribuição da Lei das Águas na universalização do acesso à água e na democratização da gestão em contextos periféricos, como na Bahia e em Salvador? Falar de acesso à água na Bahia significa, a título de exemplo, falar da peculiaridade da instituição da política das águas no estado, da seca no semiárido e da distribuição desigual da água entre o agronegócio e os pequenos agricultores, como também do embate travado em torno da privatização da Empresa Baiana de Água e Saneamento S.A. (Embasa) ao longo das últimas décadas. Em Salvador, particularmente, esse debate nos reporta às diferenciadas formas de acesso ao saneamento básico.

Frequentemente aqueles que se preocupam em reconstituir o processo de institucionalização da gestão das águas na Bahia se reportam ao seu

pioneirismo na criação de estruturas votadas para a regulamentação das águas e do ambiente, sendo o primeiro estado a criar o seu Conselho Estadual de Proteção Ambiental (Cepam) (Lei nº 3.163/1973).

Essa iniciativa deve ser compreendida no contexto da implantação do Polo Petroquímico de Camaçari, que fez convergir para o estado uma tecnologia intensiva em capital, poupadora de mão de obra e poluidora. Foi nes-

se contexto que, em 1971, foi criada a Secretaria do Saneamento e Recursos Hídricos do Estado e, em 1980, o Sistema Estadual de Administração dos Recursos Ambientais (SEARA).

É, porém, em meados da década de 90 que o governo estadual cria a Superintendência de Recursos Hídricos (SRH), e, em 1995, é aprovada a Lei Estadual nº 6.855 que dispõe sobre a política estadual de recursos hídricos e, de modo lacunar, não contempla um modelo de gestão para as águas. Em 1998 é criado o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (Conerh), órgão vinculado à Secretaria de Infraestrutura, que viria a se tornar a atual Secretaria de Meio Ambiente. Apesar de possuir uma legislação estadual de recursos hídricos datada de 1995, o Governo do Estado da Bahia começa a implantar um sistema de gestão das águas apenas em 1999. Ao integrar-se a esse processo, o governo estadual o faz de modo peculiar, implementando uma estrutura organizacional diversa da instituída pela política federal. Esta experiência se materializou na Bacia do Itapicuru, com a implantação de um Consórcio de Usuários (como alternativa ao modelo de comitê). Fugiu do âmbito da política do governo estadual a experiência de gestão em curso na subbacia do Rio Salitre, um afluente estadual do Rio São Francisco (um rio de domínio da União), onde foi implantado o Comitê de Bacia, que se aproximava do modelo federal de gestão. A partir de projeto financiado pelo governo federal, o Grupo de Recursos Hídricos (GRH), vinculado ao

### **Apesar de possuir uma legislação estadual de recursos hídricos datada de 1995, o Governo do Estado da Bahia começa a implantar um sistema de gestão das águas apenas em 1999**



então Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, desencadeou, no ano de 1999, o trabalho de formação do Comitê do Rio Salitre, criando as condições para a adoção, no Estado, do modelo de gestão instituído pela Lei das Águas.

É nesse contexto das divergências entre a tentativa

de um ‘caminho próprio’ e o sistema proposto pela Lei das Águas que o estado da Bahia institui algumas peças importantes do seu sistema de gestão dos recursos hídricos. Em fevereiro de 2001, o governo aprova a Política Estadual de Administração dos Recursos Ambientais, por meio da Lei Estadual nº 7.799, que institui a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Em janeiro de 2002 é aprovada a Lei nº 8.194, que dispõe sobre a criação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos da Bahia (Ferhba) e atribui à SRH a competência para fomentar a organização dos organismos de bacias hidrográficas. Esse arcabouço institucional instituído nestes anos esteve voltado, sobretudo, para a descentralização administrativa das águas. Às Regiões Administrativas da Água (RAA), às Casas de Recursos Naturais (CRN) cabiam, tão somente, articular e implementar ações definidas no âmbito de um aparelho estatal centralizado. Apenas em 2005 e na tentativa de adequar-se a política nacional, o governo do estado instituiu a Lei nº 9.843/2005 que institucionaliza os Comitês de Bacias Hidrográficas no estado da Bahia.

O referido descompasso entre o modelo nacional de gestão das águas e o modelo instituído na Bahia resolveu-se com a eleição, em 2006, do Partido dos Trabalhadores. O estado, de forma célere, aderiu ao modelo de comitês e, de 2006 a 2011, criou dez comitês de bacia<sup>2</sup> sendo, finalmente, inserido no contexto da Região Hidrográfica do

**A inserção do estado no contexto da política nacional das águas não tem levado à efetiva incorporação da participação da sociedade no âmbito dos comitês**

Atlântico Leste e da do Rio São Francisco (parte da delimitação nacional das unidades de gestão das águas), com uma condição qualificada como média e moderada, em termos de avanço na implementação dos instrumentos de gestão (ANA, 2012, p. 161).

Entretanto, a inserção do estado no contexto da política nacional das águas não

tem levado à efetiva incorporação da participação da sociedade no âmbito dos comitês (a despeito da mobilização desencadeada ao longo dos últimos anos no processo de construção destas instâncias no estado), como também no Cepam, que perdeu a prerrogativa de deliberar sobre o licenciamento de empreendimentos considerados poluidores. Além disso, o poder do Comitê de Bacia Hidrográfica de autorizar intervenções que impliquem o uso das águas foi substituído pela Licença por Adesão e Compromisso, para empreendimentos de pequeno e médio porte – um cheque em branco para o poluidor. Tudo isso sob o argumento, em parte verdadeiro, de que é preciso tornar o sistema mais eficiente e mais ágil.

Nesse contexto, é preciso se perguntar sobre o impacto da implementação do referido sistema no equacionamento dos impactos provocados pela maior seca já registrada na história do estado e do semiárido baiano. Mesmo com grandes perdas na agroindústria – como soja e frutas –, comunidades locais, pequenos proprietários e agricultores familiares perdem o pouco que têm e carecem de água até mesmo para consumo humano, sendo necessário recorrer aos carros-pipa que tradicionalmente marcaram o que se chamava “indústria da seca”, além dos vale-cesta que dá acesso à alimentação. Este cenário reacende conflitos pela água, colocando em questão os impactos da produção agroindustrial, seja pela concentração de insumos para a produção (particularmente acesso à terra, à água e ao financiamento público), seja pela degradação que tais empreendimentos impõem às regiões onde

<sup>2</sup> Comitê da Bacia do Leste, Itapicuru, Recôncavo Norte, Paraguaçu, dos rios Verde-Jacaré, Salitre, Corrente, Contas, Grande e dos baianos do entorno do Lago de Sobradinho.

se instalam (com a devastação florestal e das matas ciliares, alterações no curso dos rios e poluição pelo uso intensivo de agrotóxicos, o que tem aprofundado a situação de escassez). Em regiões como a da Bacia Hidrográfica do Rio Salitre, por exemplo, situada no Polígono das Secas:

desde meados da década de 1970, estes recursos têm sido monopolizados por irrigantes

do alto Salitre, com consequências negativas para os pequenos e médios produtores do baixo e médio Salitre. Os rios da bacia, que outrora eram permanentes, estão cada vez mais esgotados por técnicas inadequadas, tornando as terras – abaixo das barragens construídas com esse propósito – cada vez mais áridas, e fazendo com que muitas comunidades fiquem impedidas de plantar ou ainda tenham que recorrer a carros-pipa para o abastecimento humano (FIOCRUZ; FASE, 2013).

Contrasta com este cenário a pujança de ‘ilhas de modernidade’ como, por exemplo, aquelas situadas no Projeto de Irrigação do Salitre. Este projeto, de iniciativa do governo federal, viabiliza “uma boa infraestrutura de transporte rodoviário e um aeroporto aparelhado para o transporte de cargas para escoamento da produção” [...]; além de toda a infraestrutura de irrigação, o empresário contará com o apoio de centros de ensino, pesquisa e tecnologia” (CONSÓRCIO SALITRE, 2013). Adiciona-se a essa infraestrutura o acesso a financiamentos públicos para implantação e expansão dos referidos empreendimentos que são destinados ao agronegócio. Com uma área de 5.099 hectares (ha) destinados à implantação da primeira etapa, o projeto destinou cerca de 1.600 ha a 255 lotes de agricultores familiares e o restante (3.499 ha) para 68 médias e grandes empresas (PROJETO..., 2009).

É importante lembrar que, neste caso, se trata de uma região semiárida na qual a escassez exige

um cuidadoso dimensionamento quanto à distribuição do acesso e dos usos. A seca tem revelado que ações estruturantes – como a construção de sistemas de abastecimentos e adutoras – e alter-

nativas – como a construção de cisternas – têm sido insuficientes para promover a universalização do direito de acesso à água. É certo que os efeitos e impactos sociais e econômicos da seca, bem como os desafios para a uni-

versalização ao acesso à água na Bahia, deverão ser objeto de reflexão e análises profundas.

Associado ao conflito de acesso à água no semiárido merece registro o embate travado ao longo das últimas décadas em torno da privatização dos serviços públicos de saneamento básico no país e, particularmente, na Bahia. Datam dos anos 90, no contexto do modelo neoliberal, as tentativas mais recentes de privatização dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário prestados pela Embasa. Em setembro de 1999, por meio do BNDES e da Caixa Econômica Federal, foi dado início ao processo de privatização de companhias estaduais, como a Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) e a Companhia Espírito Santense de Saneamento (Cesan), e, em dezembro do mesmo ano, o governo da Bahia firmou contrato similar visando à privatização da empresa estadual. Na Bahia, visando facilitar a privatização dos serviços públicos de saneamento básico, o governo do estado alterou a Constituição Estadual e, de forma açodada e sem nenhuma discussão ou consulta à sociedade, enviou mensagem à Assembleia Legislativa, na véspera do Natal de 1998, com projeto de emenda constitucional, modificando 62 artigos, sendo sete relacionados ao saneamento básico, solicitando que a matéria fosse apreciada e aprovada em regime de urgência. O projeto foi aprovado como formulado pelo governo, tendo sido a Emenda Constitucional nº 07/1999 publicada no DOE em 19/01/1999.

### **Os efeitos e impactos sociais e econômicos da seca, bem como os desafios para a universalização ao acesso à água na Bahia, deverão ser objeto de reflexão e análises profundas**

Dentre itens relacionados com a área de saneamento básico, dois merecem destaque: o art. 59, inciso V e o art. 228. O art. 59, que estabelece as competências do município, teve seu conteúdo modificado com o objetivo de transferir a titularidade dos serviços públicos de saneamento básico dos municípios para o estado, passando a ter a seguinte redação:

Compete ao estado instituir diretrizes e prestar diretamente ou mediante concessão, os serviços de saneamento básico, sempre que os recursos econômicos ou naturais necessários incluam-se entre os seus bens, ou ainda, que necessitem integrar a organização, o planejamento e a execução de interesse comum de mais de um município (BAHIA, 1989 apud MORAES; BORJA, 2001, p. 7 grifos nossos).

Além disso, se elimina a expressão “complementarmente à União” existente na versão original da Constituição de 1988. Nesse período, o Partido dos Trabalhadores (PT) entrou então com Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADIn) junto ao Supremo Tribunal Federal (STF) contra a referida, tendo esta sido julgada pelo STF apenas em 06/03/2013. O Governo do Estado da Bahia assinou, em 28/05/1999, o Convênio de Cooperação Técnica com o BNDES, com vistas à execução conjunta de ações para viabilizar o Programa Estadual de Desestatização. Além de emendar a Constituição Estadual, visando facilitar a privatização da prestação dos serviços públicos de saneamento básico, posteriormente, em 04/06/1999, o governador do estado encaminhou mensagem à Assembleia Legislativa com Projeto de Lei autorizando o Poder Executivo a promover a desestatização da Embasa, sendo o PL aprovado, sancionando-se a Lei nº 7.483, de 17/06/1999.

Em 09/12/1999, o governo do estado, com a interveniência da Embasa, assina Contrato de Promessa de Compra e Venda de Ações com a Caixa Econômica Federal, com pagamento antecipado no valor de R\$ 450 milhões, referente à compra de ações ordinárias nominativas da Embasa de

sua propriedade, equivalentes a 30% do respectivo valor patrimonial, apurado pela referida instituição financeira, ficando, segundo a cláusula segunda, parágrafo sexto, o pagamento antecipado do preço das ações condicionado à apresentação de:

- a) Lei estadual que institui o Fundo com finalidade previdenciária;
- b) Lei estadual que autorize a alienar ações da Embasa de propriedade do estado;
- c) Convênios com os municípios de outorga dos serviços à Embasa ou manifestação dos municípios de manter os contratos de serviços de abastecimento de água e/ou esgotamento sanitário, após à privatização;
- d) Convênio de cooperação técnica entre o estado e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), visando à condução do processo de privatização;
- e) Protocolo de intenções entre o estado da Bahia e o BNDES, com vistas à desestatização da Embasa;
- f) Termo de cooperação técnica entre o estado da Bahia e o BNDES, estabelecendo as providências de acompanhamento das etapas do processo de desestatização da Embasa (BAHIA; CAIXA, 1999 apud MORAES; BORJA, 2001, p. 8 grifos nossos).

O parágrafo quinto da cláusula quarta do referido contrato estabelece que o leilão especial, total ou parcial a ser efetuado na Bolsa de Valores, pelo regime de melhor oferta, em moeda nacional, promovido sob o gerenciamento do BNDES, deverá ser realizado até 3 de setembro de 2001. A redução da participação dos municípios se consolida a partir do estabelecido na Cláusula Décima Primeira – Adeção dos Municípios, que afirma o seguinte:

O estado, desde já, compromete-se a envidar esforços junto aos municípios signatários dos convênios/manifestações referidos na alínea “c” do parágrafo sexto da cláusula segunda, objetivando apresentar ao BNDES, no prazo por ele estabelecido, os instrumentos normativos municipais que autorizem a privatização

de serviços públicos de abastecimento de água e/ou esgotamento sanitário (BAHIA; CAIXA, 1999 apud MORAES; BORJA, 2001, p. 8 grifos nossos).

Visando obter a anuência dos municípios, o governo do estado, por meio de suas secretarias, principalmente, a então Secretaria de Infraestrutura, enviou ofício circular para os prefeitos com a minuta do Projeto de Lei com o seguinte artigo:

Art. 1º. Fica o Poder Executivo autorizado a firmar convênio com o estado da Bahia, objetivando a desestatização dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com delegação simultânea da concessão de tais serviços à iniciativa privada, mediante processo licitatório, incluindo, também, a concessão de uso de bens públicos, desde que destinados aos aludidos serviços. Parágrafo único. Os termos e condições da desestatização da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A (Embasa) e a respectiva delegação dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário serão definidos no referido convênio, previsto no “caput”, observadas as legislações federal, estadual e municipal aplicáveis à matéria, especialmente as Leis nºs 8.666/1993 e 8.987/1995 (BAHIA; CAIXA, 1999 apud MORAES; BORJA, 2001, p. 8).

O governo do estado solicitava dos prefeitos que estes colocassem o Projeto de Lei em papel timbrado da prefeitura e encaminhassem à câmara de vereadores para a sua apreciação e aprovação, passando a utilizar todos os métodos e instrumentos para pressioná-los no sentido de rápida aprovação. O embate, então, seguiu para o plano local e entidades de trabalhadores, principalmente o Sindicato de Trabalhadores em Água, Esgotos e Meio Ambiente da Bahia (Sindae), grupos diversos organizados da sociedade local, como associações de moradores, entidades ambientalistas, conselhos e entidades profissionais, a igreja católica, além de parlamentares de partidos políticos que não concordavam

com a privatização dos serviços públicos de água e esgotos começaram a se articular e a pressionar prefeitos e vereadores. Salvador tornou-se o primeiro município a aprovar o referido projeto de lei, em dezembro de 1999, tendo o governo municipal aprovado a Lei nº 5.676/1999, de modo que o município firmasse convênio com o governo do estado para a desestatização da Embasa. A minuta do projeto de lei do então prefeito Antônio Imbassahy (PFL) passou a ser utilizada como padrão e enviada pelo Governo do Estado da Bahia aos demais prefeitos (MORAES; BORJA, 2001). Devido à grande pressão popular junto ao governo municipal, inclusive com apresentação à câmara de vereadores do que seria o primeiro projeto de lei de iniciativa popular na história do município, a referida lei foi revogada em março de 2003.

O governo do estado implementou, na época, a Política Estadual de Saneamento Básico, baseada na escolha política de em qual município intervir na reestruturação da Embasa, visando a sua privatização, na visão de mercado e atração de capitais privados, e no discurso de promoção da concorrência na área. Também desenvolveu programas e projetos, a maioria financiada pelo BIRD, o BID, o BNDES e a Caixa Econômica Federal.

Dando continuidade à regulamentação de sua política para a área, o governo do estado contratou consultoria, por meio do BNDES, para estabelecer a modelagem de venda da Embasa e o marco regulatório da gestão dos serviços públicos de água e esgoto a serem prestados pela empresa privatizada. Tais estudos, desconhecidos até mesmo pelo corpo gerencial da Embasa, estabeleciam a lógica da regulação orientada para o mercado, substituindo o princípio da universalização dos serviços por sua maximização e impondo a transferência da titularidade da regulação do município para o estado, por meio de uma agência estadual reguladora dos serviços, nos moldes das agências nacionais de regulação, a ser dirigida por um grupo de ‘notáveis’, teoricamente livres de pressões e com total isenção, sem contemplar a participação e o controle social desta.



A audiência pública para discutir a modelagem de venda da Embasa, realizada em 04/05/2001, no auditório principal da Fundação Luiz Eduardo Magalhães, acabou em violência física, envolvendo sindicalistas e parlamentares da oposição e em ato de pancadaria promovido pelos policiais colocados no recinto pelo governo do estado, retratados com destaque pela imprensa local (MORAES; BORJA, 2001).

Com a reação da sociedade local em todo o estado contra a privatização da água e da Embasa e o enfraquecimento político do ex-senador Antônio Carlos Magalhães, os prefeitos de mais de 100 municípios, que haviam sancionado a lei autorizando a privatização da Embasa, encaminharam projeto de lei às suas câmaras municipais propondo a revogação da lei anterior, embora a Lei Estadual nº 7.483/1999, que autorizava a desestatização da Embasa, só viesse a ser revogada recentemente, após 14 anos de solicitação aos diferentes governos por entidades da sociedade civil lideradas pelo Sindae, por meio da Lei nº 12.810, datada de 13/05/2013. Depois do referido embate, nos tempos atuais, outras formas de privatização da água e dos serviços públicos de saneamento básico acontecem no estado da Bahia e em Salvador, como a Parceria Público-Privada (PPP) entre o governo do estado/ Embasa e a Foz do Brasil/Unidade Jaguaribe (Organização Odebrecht) na construção e operação, por 183 meses de contrato, do Sistema de Disposição Oceânica do Jaguaribe (segundo emissário submarino de Salvador), bem como a anunciada abertura do capital da Embasa ao mercado de ações.

Esse embate revela as disputas em torno de políticas que compreendem ser a água um direito e uma possibilidade de investimento. A experiência na última década revela as consequências da não universalização desse serviço em Salvador e, especificamente, o caráter estratificado da sua prestação, o que tem resultado, inclusive, no comprometimento

**Quanto mais próximo da área urbanizada e sem serviço público de esgoto sanitário, mais grave é o seu comprometimento [da qualidade da água dos rios da cidade]**

da qualidade da água dos rios da cidade. O livro *Caminho das Águas em Salvador*, coordenado pela Escola de Administração e a Escola Politécnica da UFBA e elaborado em parceria com a prefeitura municipal e o governo do estado, mostra o quadro grave da qualidade das águas da cidade – quanto mais próximo da área urbanizada e sem serviço público de esgoto sanitário, mais grave é o seu comprometimento.

Como resultado do processo de contaminação das águas por lançamentos de dejetos domésticos, o quadro de comprometimento de sua qualidade é o seguinte: Rio dos Seixos, ou Barra / Centenário: ruim; Camarajipe: ruim; Lucaia: ruim; Pedras / Pituçu: ruim; Paraguari: ruim; Jaguaribe: ruim. Os rios Passa Vaca, Cobre e Ipitanga apresentam uma qualidade considerada regular. Os rios das Ilhas dos Frades e de Maré são os únicos que apresentam uma boa qualidade (SANTOS et al., 2010). Essa situação compromete ainda o lençol freático, conforme atestam os dados, segundo os quais, a água das fontes de Salvador, em sua maioria, não está em conformidade com os padrões estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama). Em Salvador, as pessoas tomam banho, lavam roupa e bebem água contaminada por nitrato e coliformes termotolerantes. É preciso lembrar que o nitrato está associado a alguns efeitos negativos sobre a saúde, sendo dois deles a indução à metemoglobinemia e à formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (por exemplo, de estômago e bexiga), e as principais fontes de contaminação de água, nesse caso, são os resíduos domésticos (SANTOS et al., 2010).

Esse quadro mostra a estreita relação entre qualidade das águas e saneamento inadequado. Segundo dados do Censo 2010, 98,88% da população de Salvador têm acesso à rede de abastecimento de água e 93,11% à rede de esgotamento adequado, não sendo diferenciada aqui a rede de esgotos



sanitários e a rede de águas pluviais. Como explicar, então, a constatação de que o comprometimento da qualidade das águas doces e salgadas resulta do lançamento de esgotos sanitários domésticos nos rios? O acesso à rede não significa o acesso a um serviço de qualidade, uma vez que a rede coletora pode não estar sendo operada de forma adequada ou não estar conduzindo o esgoto gerado para uma estação de condicionamento prévio antes do lançamento no mar por meio de sistema de disposição oceânica ou lançado *in natura* em um córrego ou rio ou mar.

A análise da realidade intraurbana de Salvador revela o quanto é diferenciado o acesso ao serviço público de esgotamento sanitário pelos moradores situados nas distintas faixas de renda e padrão de urbanização. A título de exemplo, os bairros que apresentam os maiores índices de acesso ao serviço público de esgotamento sanitário são: Amaramina (100,00%), Itagira (99,97%), Roma (99,91%), Caminho de Areia (99,90%), Resgate (99,87%) Boa Viagem (99,84%), Rio Vermelho (99,81%), Saúde (99,81%), Vitória (99,79%), Barra (99,77%), Ribeira (99,77%), Engenho Velho da Federação (99,74%), Barris (99,58%), Acupe (99,57%), Imbuí (99,55%), Caminho das Árvores (99,55%), Mares (99,54%), Pituba (99,47%) e Stiep (99,45%). Os menores índices de acesso são: as ilhas pertencentes ao município (Frades – 3,20%; Maré – 9,61% e Bom Jesus dos Passos – 34,67%); os bairros de Areia Branca (13,62%), Nova Esperança (37,39%), Retiro (40,22%), Valéria (46,93%), Palestina (47,80%), Cassange (47,94%) (IBGE, 2012).

Esses dados se tornam mais elucidativos quando se estabelece uma correlação entre o acesso à rede de esgotamento sanitário e ao serviço público de coleta de resíduos sólidos domiciliares. Segundo o Censo 2010, 96,85% dos domicílios particulares permanentes têm acesso ao serviço de coleta. Entretanto, quando desagregados esses dados,

constata-se que 61,23% têm o lixo coletado pelo serviço de limpeza na porta e 35,42% despejam o lixo em caixa estacionária/caçamba (IBGE, 2012).

Quando se analisa referido serviço por bairro e padrão de renda, o quadro anteriormente descrito em relação ao acesso à rede se reproduz. Em sua maioria, são os bairros de urbanização mais antiga, consolidados e ocupados pela população situada nas faixas de renda intermediária e alta que tem

acesso à coleta regular de lixo na porta, sendo os bairros ocupados pela população situada nas menores faixas de renda e localizada na periferia os mais prejudicados – o que revela a dimensão da estratificação socioespacial do acesso aos referidos serviços.

O fato é que a não universalização do acesso ao serviço público de esgotamento sanitário, associada à pobreza urbana, leva um conjunto considerável da população a não poder arcar com os custos de alimentação, saúde, educação, transporte e moradia – inclusive com o custo da água, da energia e, particularmente, do esgoto. São frequentes as declarações da população situada nas menores faixas de renda que atestam a dificuldade de fazer frente ao conjunto dessas obrigações financeiras (SANTOS et al., 2010). É isso que explica o fato de os moradores se recusarem a conectar o seu imóvel à rede coletora de esgotamento sanitário que passa na sua porta. É quase um truismo a afirmação de que as águas estão associadas à noção de risco e que a qualidade de vida em Salvador depende da gestão ambientalmente correta das águas.

É preciso registrar, ainda, que em Salvador as águas não são apenas um problema ambiental ou uma promessa de desenvolvimento – e nisto reside sua peculiaridade. As águas são também substrato de um conjunto de práticas culturais e religiosas, particularmente do candomblé, para o qual os elementos da natureza são de fundamental importância. Apesar de os modos sociais de uso e gestão

### **A análise da realidade intraurbana de Salvador revela o quanto é diferenciado o acesso ao serviço público de esgotamento sanitário pelos moradores situados nas distintas faixas de renda e padrão de urbanização**

das águas estarem profundamente marcados pela lógica do mercado, subsiste em Salvador um conjunto de práticas e manifestações derivadas da tradição africana, particularmente do candomblé de origem lorubá, que confere uma dimensão religiosa e mágica às águas, ampliando seus significados e atribuindo a este elemento da natureza a dupla condição de recurso e símbolo. A análise da problemática das águas em Salvador e sua região reporta-nos ao fato de que esta tem uma dimensão global, o que pode ser atestado pelo crescente aumento da demanda de água doce e pelo caráter crescentemente limitado desse recurso.

A condição de recurso básico, fundamental, indica que o comprometimento da qualidade das águas coloca em risco não apenas padrões de consumo, mas a manutenção da própria vida e que, diante do acelerado processo de comprometimento da sua qualidade, um dos grandes desafios para o próximo século é garantir o abastecimento de água potável nos grandes centros urbanos. Nesse sentido, os investimentos em esgotamento sanitário e em abastecimento de água não podem ser vistos como oportunidades de negócio ou avaliados a partir do menor ou maior custo marginal. A apropriação privada da água em contextos de escassez (institucionalizada pelo sistema de outorga), a privatização dos serviços de saneamento, a implementação de programas como o de compra de esgoto tratado e mesmo a cobrança pela água bruta (afinal, Salvador bebe a água do Rio Paraguaçu) e a estratificação socioespacial de acesso aos serviços de consumo coletivo precisam ser avaliados no contexto dos princípios universalizantes e democráticos que afirmam que a água é um direito e não um privilégio de quem pode pagar por ela.

## CONCLUSÃO

A Bahia e a cidade do Salvador são exemplos típicos do que documentos como os de World Water Assessment (2012) e Addams (2009) qualificam

como *developing countries*. A análise da relação de conflito entre a condição de água como direito e como bem econômico nesses contextos leva à conclusão de que seu equacionamento demanda, nos dias de hoje, o questionamento da incorporação nas políticas públicas de princípios marcadamente econômicos firmados nos referidos documentos internacionais, o questionamento do modelo de desenvolvimento em curso e, conseqüentemente, o desafio à necessidade de reinvenção da política e a construção de novas formas de participação e mecanismos de decisão sobre os usos dos recursos ambientais e das águas. Isso significa dizer que o paradigma instituído pelo Banco Mundial, nos anos 90, e a Lei das Águas, de cunho nitidamente neoliberal, não dão conta dos desafios da universalização e da democratização do acesso à água.

Apesar de os defensores da referida lei argumentarem que a atribuição de valor econômico à água não implica sua conversão em mercadoria e que as PPP contemplam o interesse coletivo, considera-se que a aplicação do princípio de que “a água precisa pagar a água” coloca em risco a necessidade de universalização do acesso a esse bem. Essa constatação resulta do fato de que a Lei das Águas descentraliza (parcialmente), mas não democratiza a sua gestão, o que, do ponto de vista ambiental e social, em realidades marcadamente pobres como as da Bahia e de Salvador, é extremamente problemático. Assim, torna-se mais agudo o conflito entre o direito à água e a sua constituição como bem econômico. Quanto vale a água bruta, a que chega para o agrogócio e para o produtor familiar no semiárido, que chega à torneira dos domicílios e o esgoto tratado, na Pituba e em Massaranduba, em Salvador? Quem pode e deve pagar por isso? Essas são questões fundamentais para a construção de melhores condições de vida e precisam ser discutidas coletivamente.

De forma conclusiva, ressalta-se a necessidade de pensar novas formas de regulação e novos mecanismos de participação, de modo a tornar realidade a universalização do direito à água. As formas de organização instituídas, particularmente

os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH), que aglutinam usuários e interessados pelas águas e sua gestão, constituíram-se em um avanço em relação ao modelo anteriormente existente. Entretanto, essas estruturas estão prematuramente envelhecidas e não conseguem representar interesses coletivos e difusos, uma vez que reproduzem relações de poder assimétricas, amparadas por um estado que, embora em contexto de redemocratização, mantém uma estrutura de poder centralizada, particularmente, quando implicam e envolvem interesses de grupos econômicos hegemônicos. O que tem restado para as esferas descentralizadas de decisão é o cotidiano da implementação da política, o que desonera e desresponsabiliza o estado, mas não o democratiza, sendo visíveis os seus limites.

Nesse contexto, a Bahia e a cidade do Salvador aparecem como exemplos contraditórios de modernização administrativa, precarização da qualidade das águas e degradação ambiental, predominando um modelo de desenvolvimento e de gestão que aguça e esgarça as contradições entre economia e ambiente, reproduzindo assim, nas escalas regional e local, as contradições suscitadas pelo chamado velho modelo neoliberal, que se renova e se imiscui com o chamado neodesenvolvimentismo. Agrava esse quadro o fato de que tanto o estado da Bahia como a sua capital têm avançado de forma lenta, por vezes retrocedendo, na construção de formas e modelos de gestão democráticas, o que revela a força e o peso dos interesses privados, em geral, das tradicionais oligarquias, na vida econômica e política do estado e de Salvador. Tal panorama atualiza o desafio e a tarefa de construção de projetos políticos social e ambientalmente distintos dos que ora estão em curso.

## REFERÊNCIAS

- ADDAMS, L. et al. *Charting Our Water Future. Economic Frameworks to Inform Decision-Making: the 2030 Water Resources Group*, McKinsey. 2009. Disponível em: <[http://www.mckinsey.com/App\\_Media/Reports/Water/Charting\\_Our\\_Water\\_Future\\_Full\\_Report\\_001.pdf](http://www.mckinsey.com/App_Media/Reports/Water/Charting_Our_Water_Future_Full_Report_001.pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012*. Ed. Especial. Brasília: ANA, 2012.
- BESSE, Yves. Novos tempos para o saneamento. *Revista Saneam*, dez. 2008. Disponível em: <[http://www.abcon.com.br/impr\\_01.php?catId=14&contId=380&p=1](http://www.abcon.com.br/impr_01.php?catId=14&contId=380&p=1)>. Acesso em: 17 fev. 2009.
- Black, R. E., Cousens, S., Johnson, H. L., Lawn, J. E., Rudan, I., Bassani, D. G., Jha, P., Campbell, H., Walker, C. F., Cibulskis, R., Eisele, T., Liu, L. and Mathers, C. 2010. Presentation for the Child Health Epidemiology Reference Group of WHO and UNICEF. Global, regional, and national causes of child mortality in 2008: a systematic analysis. *The Lancet*, Vol. 375, No. 9730, pp. 1969–87. Disponível em: <[http://www.who.int/childdo adolescent\\_health/data/ cherg/en/index.html](http://www.who.int/childdo adolescent_health/data/ cherg/en/index.html)>. Acesso em: 3 out. 2011.
- BAHIA. Emenda Constitucional Nº 7, de 18 de janeiro de 1999. Modifica o Regime e dispõe sobre princípios e normas da Administração Pública. Disponível em: <[http://www.cmnazare.ba.gov.br/index/arquivos/constituicao\\_bahia.pdf](http://www.cmnazare.ba.gov.br/index/arquivos/constituicao_bahia.pdf)>. Acesso em: mar. 2013.
- BAHIA. Lei n.12.810, de 13 de maio de 2013. Revoga a Lei nº 7.483, de 17 de junho de 1999, que autoriza o Poder Executivo a promover a desestatização da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A – EMBASA. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2013/Lei/L12810.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12810.htm)>. Acesso em: mar. 2013.
- BAHIA. Lei n. 7483 de 17 de junho de 1999. Autoriza o Poder Executivo a promover a desestatização da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A - EMBASA. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/85985/lei-7483-99-bahia-ba>>. Acesso em: mar. 2013.
- BAHIA. Lei n.3163, de 04 de outubro de 1973. Cria, na Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia, o Conselho Estadual de Proteção Ambiental, CEPRAM. Disponível em: <[http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/lei\\_lei\\_3.1631973\\_8756.pdf](http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/lei_lei_3.1631973_8756.pdf)>. Acesso em: mar. 2013.
- BAHIA. Lei n.6.855, de 12 de maio de 1995. Dispõe sobre a Política, o Gerenciamento e o Plano Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.meioambiente.ba.gov.br/legislacao/Leis%20Estaduais/LEI6855.pdf>>. Acesso em: fev. 2013.
- BRASIL. Lei n.9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/l9433.htm)>. Acesso em: mar. 2013.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Conjuntura das águas*. Brasília: MMA; ANA, 2012.

BRASIL. *Pacto nacional pela gestão das águas I*. Brasília: MMA; ANA, 2013.

BRASIL. *Pacto nacional pela gestão das águas II*. Brasília: MMA; ANA, 2013.

\_\_\_\_\_. *Plano Nacional de Recursos Hídricos: prioridades 2012-2015*. Brasília: MMA; ANA, 2011.

\_\_\_\_\_. *GEO Brasil: recursos hídricos: resumo executivo*. Brasília: MMA; ANA, 2007.

\_\_\_\_\_. *Plano Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília: MMA, 2006.

BRASIL. Projeto de Lei n. 6979, de 12 de junho de 2002. Regulamenta a cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Brasil. Arquivado na Mesa Diretora da Câmara dos Deputados. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=56638>>. Acesso em: mar. 2013.

CASTRO, José Esteban. *Water is not (yet) a commodity: commodification and rationalization revisited*. 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2027/spo.11217607.0002.103>>. Acesso em: 17 abr. 2013.

\_\_\_\_\_. Water struggles, citizenship and governance in Latin America. *Development*, [S.l.], n. 51, p. 72-78, 2008.

\_\_\_\_\_. La privatización de los servicios de agua y saneamiento em América Latina. *Nueva Sociedad*, [S.l.], n. 207, Ene./Feb. 2007. Disponível em: <<http://www.nuso.org>>. Acesso em: 19 dez. 2012.

CONSÓRCIO SALITRE. Disponível em: <<http://www.consorciosalitre.com/dados-gerais/dados-gerais>>. Acesso em: 14 maio 2013.

COUTINHO, Carlos Nelson. *Democracia: um conceito em disputa*. Rio de Janeiro, 2005. Não publicado.

DAGNINO, Evelina (Org.). *Sociedade civil e espaços públicos*. São Paulo: Paz e Terra, 2002.

FIOCRUZ; FASE. *Mapa de conflitos ambientais*. Disponível em: <<http://www.conflitosambientais.org.br>>. Acesso em: 7 fev. 2013.

FIORI, José Luiz. *Os moedeiros falsos*. Petrópolis: Vozes, 1997.

GRAU, Nuria Cunill. A rearticulação das relações Estado-sociedade: em busca de novos significados. *Revista do Serviço Público*, Brasília: ENAP, v. 120, n. 1, p. 113-140, jan./abr. 1996.

HABERMAS, Jürgen. *Après l'État-nation: une nouvelle constellation politique*. Paris: Fayard, 1998.

HIRSCH, Joachim. Democracia, ciudadanía y sociedad civil. In: \_\_\_\_\_. Globalización, transformación del estado y democracia. Córdoba: Editora Gráfica, 1997.

BRASIL. Globalização e mudança social: o conceito da teoria materialista do Estado e a Teoria da Regulação. *Ensaio FEE*, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 9-31, 1998.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censo Demográfico 2010. Tabulações Especiais: SEMUT-PMS/ CONDER/IBGE, 2012.

JACOBI, Pedro Roberto. The challenges of multi-stakeholder management in the watersheds of São Paulo. *Environment and Urbanization*, Londres, v. 16, n. 2, p. 199-211, 2004.

MARTINS, R. C. A Instrumentalização de políticas ambientais nas áreas rurais paulistas. In: VALENCIO, N. F. L.S.; MARTINS, R. C. (Org.). *Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais*. São Carlos: RiMa, 2003.

MÉSZÁROS, István. *Para além do capital*. São Paulo: Boitempo, 2002.

MORAES, Luiz Roberto Santos; BORJA, Patrícia Campos. Política e regulamentação do saneamento na Bahia: situação atual e necessidade de arcabouço jurídico-institucional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2001. 19 p. 1 CD-ROM.

MORENO, Luis Alberto. *Agua y saneamiento en el mundo: una asignatura pendiente*. España: Zaragoza, 14 jul. 2008.

NOBRE, Marcos. Participação e deliberação na teoria democrática: uma Introdução. In: COELHO, Vera S. P.; NOBRE, Marcos. *Participação e deliberação: teoria democrática e experiências institucionais no Brasil contemporâneo*. São Paulo: Editora 34, 2004.

OLIVEIRA, Francisco de. Aproximações ao enigma: que quer dizer desenvolvimento local? In: SPINK, Peter et al. (Org.). *Novos contornos da gestão local: conceitos em construção*. São Paulo: Polis; Programa Gestão Pública e Cidadania; FGV; EAESP, 2002. p. 11-31.

PROJETO Salitre vai gerar milhares de empregos na região de Juazeiro. *CODEVASF Hoje*, Brasília, abr. 2009. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/principal/promocao-e-divulgacao/CodevasfHoje>>. Acesso em: 25 mar. 2013.

REVISTA DE GESTÃO DE ÁGUA DA AMÉRICA LATINA. Santiago: Global Water Partnership South America, v.1, n. 2, jul./dez. 2004.

SANTOS, B. S. A reinvenção solidária e participativa do Estado. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOCIEDADE E A REFORMA DO ESTADO. Disponível em: <[http://www.planejamento.gov.br/arquivos\\_down/segas/publicacoes/reforma/seminario/Boaventura.PDF](http://www.planejamento.gov.br/arquivos_down/segas/publicacoes/reforma/seminario/Boaventura.PDF)>. Acesso em: 21 maio 2007.

SANTOS, Elisabete; ROSSI, Renata. A geopolítica das águas no Brasil. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE PODER

LOCAL: DESENVOLVIMENTO E GESTÃO SOCIAL DE TERRITÓRIOS, 11., 2009, Salvador. *Anais...* Salvador: CIAGS; UFBA, 2009. 1 CD-ROM.

SANTOS, Elisabete et al. *O caminho das águas em Salvador*. Salvador: CIAGS; UFBA, 2010.

SWYNGEDOUW, Erik. Privatizando o H<sub>2</sub>O: transformando águas locais em dinheiro global. *Estudos Urbanos e Regionais*, v. 6, n. 1, p. 33-54, maio 2004.

WHO (World Health Organization). *Safer Water, Better Health: Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health*. Geneva, WHO, 2008.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. *The United Nations world water development report 4: managing water under uncertainty and risk*. Paris: UNESCO. 2012.

WORLD BANK. *The World Bank and Water Sector*. Brasília: PIC, 2000.

Artigo recebido em 24 de maio de 2013  
e aprovado em 10 de junho de 2013.





# Avaliação da ocorrência de secas na Bahia utilizando o Índice de Precipitação Padronizada (SPI)

*Samara Fernanda da Silva\**

*Fernando Genz\*\**

*Wilton Aguiar\*\*\**

*Nara de Melo Dantas da Silva\*\*\*\**

*Asher Kiperstok\*\*\*\*\**

- \* Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento e graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (UFBA).  
samara.nanda@gmail.com
- \*\* Pós-doutor pela Escola Politécnica e doutor em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). fgenz@pq.cnpq.br
- \*\*\* Graduando em Oceanografia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). aguiar.wilton@gmail.com
- \*\*\*\* Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e graduada em Engenharia Ambiental pela Faculdade de Tecnologia e Ciências de Salvador (FTC).  
naradanttas@hotmail.com
- \*\*\*\*\* Doutor em Engenharia Química/Tecnologias Ambientais e mestre em Engenharia Química pela University Of Manchester Institute Of Science And Technology (UMIST). Professor-associado do Departamento de Engenharia Sanitária da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA).  
asher@ufba.br

## Resumo

O estado da Bahia tem grande parte de sua área inserida na região semiárida do Nordeste e sujeita à ocorrência de secas, que provocam impactos sociais, econômicos e ambientais. O método do Índice de Precipitação Padronizada (SPI) foi utilizado para avaliar a variabilidade temporal de eventos de seca, assim como suas categorias. Os resultados indicaram que os principais eventos de seca foram observados nas décadas de 1950, 1960 e 1990, sendo que espacialmente o mais abrangente foi o ocorrido em torno de 1953 e, em maior intensidade, os eventos de seca de 1963 e 1998. Em relação ao período mais recente, 2010 a 2012, foram observados eventos de seca em somente três regiões.

**Palavras-chave:** Índice de seca. Índice de Precipitação Padronizada (SPI). Variabilidade. Bahia.

## Abstract

*The state of Bahia has much of its area included in the semi-arid region of the Northeast and is subject to droughts, that have social, economic and environmental effects. The method of the Standardized Precipitation Index (SPI) was used to assess the temporal variability of drought events, as well as their categories. The results indicated that the major drought events were observed in the 1950s, 1960s and 1990s, with the most comprehensive one being the one that occurred around 1953 and, with greater intensity, the droughts of 1963 and 1998. Regarding the most recent period, 2010 to 2012, drought events were observed in only three regions.*

**Keywords:** Drought index. Standardized Precipitation Index (SPI). Variability. Bahia.

## INTRODUÇÃO

A seca é um fenômeno complexo que afeta as mais diversas regiões do mundo e provoca impactos sociais, econômicos e ambientais. A seca corresponde a uma característica temporária do clima de uma região, decorrente de precipitações abaixo da normal climatológica em determinado período (MACEDO et al., 2010). Mckee, Doesken e Kleist (1993) afirmam que frequência, duração e intensidade das secas tornam-se funções que estão acopladas às escalas de tempo implícita ou explicitamente estabelecidas. Segundo tais autores, não existe uma definição de seca válida para qualquer região, em qualquer época e ainda adequada a todas as ramificações das sociedades humanas, o que há é um senso comum de ser uma condição de umidade insuficiente, originada por um déficit de precipitação durante algum período de tempo.

Há quatro definições de seca baseadas em considerações meteorológicas, hidrológicas, agrícolas e socioeconômicas. A primeira refere-se à precipitação abaixo da normal esperada. Secas hidrológicas e agrícolas referem-se, respectivamente, a níveis de rios e reservatórios abaixo do normal e à umidade do solo insuficiente para suprir a demanda das plantas. Por sua vez, a seca econômica decorre quando o déficit de água induz à falta de bens ou serviços, seja devido ao volume inadequado, à má distribuição das chuvas, ao aumento no consumo, ou ainda à falta de gerenciamento dos recursos hídricos. O evento de seca deve ser composto de duração, magnitude (deficiência de água média) e severidade (deficiência hídrica acumulada) (DRACUP; LEE; PAULSON, 1980).

O Nordeste brasileiro é a região do país com a mais baixa precipitação anual. Nesta região, os mecanismos dinâmicos que causam as chuvas podem ser qualificados em mecanismos de micro, meso e grande escala, sendo os de grande escala responsáveis por cerca de 30% a 80% da precipitação observada. Dentre estes, sobressaem os sistemas

frontais e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (MOLION; BERNARDO, 2002).

A variabilidade interanual da repartição de chuvas sobre o Nordeste brasileiro, tanto em escala espacial quanto temporal, está ligada às mudanças na circulação atmosférica de grande escala e à relação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico (MOLION; BERNARDO, 2002). A seca pode estar relacionada a fenômenos como o El Niño e o Dipolo do Atlântico (aquecimento/esfriamento do Atlântico Norte/Sul) (MACEDO et al., 2010).

Para contornar os efeitos das estiagens, ao longo dos anos, esforços têm sido concentrados no sentido de desenvolver índices de seca capazes de detectar longos períodos de estiagem e classificá-los em termos de intensidade (MACEDO et al., 2010). Vários indicadores têm sido utilizados para avaliar a seca nas escalas espacial e temporal. Dentre os mais conhecidos destaca-se Índice Padronizado de Precipitação (SPI).

O SPI é um índice de seca meteorológica desenvolvido por Mckee, Doesken e Kleist (1993) com o objetivo de monitorar e analisar a seca, com capacidade de quantificar o déficit ou o excesso de precipitação em variáveis escalas de tempo. O SPI utiliza apenas os dados mensais de precipitação, sendo estes normalizados de modo que os climas mais úmidos e secos sejam representados de uma maneira similar (MCKEE; DOESKEN; KLEIST, 1993; HAYES et al., 1999; BLAIN, 2005). Hayes e outros (1999) afirmam que o SPI pode ser aplicado a qualquer região que possua uma série histórica de dados mensais de precipitação de, no mínimo, 30 anos.

Autores como Mckee, Doesken e Kleist (1993), Guttman (1999) e Hayes e outros (1999) citam o SPI como ferramenta que pode otimizar o “tempo de identificação” de classes emergentes de uma seca.

Santos e Anjos (2001), ao utilizarem o SPI para o monitoramento das condições hídricas do estado de Pernambuco, concluíram que o uso desse índice, caracteriza e indica, com certa antecedência, situações de seca, sendo capaz de identificar situações climáticas extremas entre diferentes microrregiões.

Brunini e outros (2001), confrontando valores do SPI com os parâmetros do método do balanço hídrico no estado de São Paulo, chegaram à conclusão de que o SPI permite realizar um apropriado monitoramento e a quantificação da seca, possibilitando indicar soluções para minimizar seus efeitos negativos, tanto sociais quanto físicos.

O estado da Bahia contém 54% da área semiárida da Região Nordeste e, por isso, está sujeito a secas recorrentes. O objetivo deste trabalho consiste em analisar os eventos de seca na Bahia por meio da análise da variabilidade da série mensal do SPI.

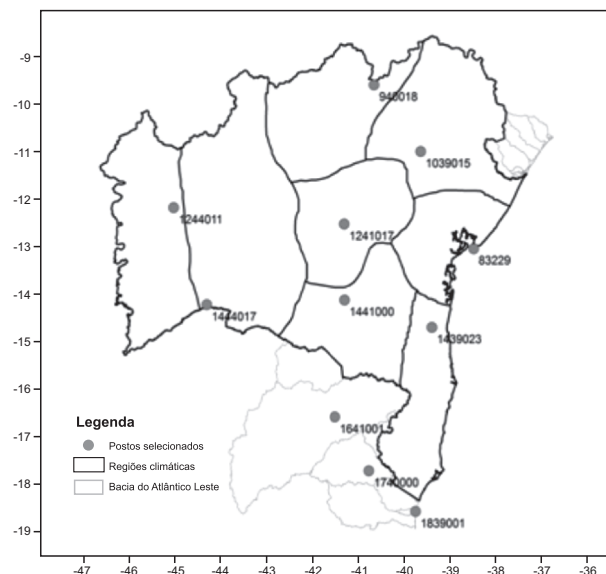
## METODOLOGIA

O método do SPI foi aplicado em 11 estações pluviométricas, cada uma delas representante de áreas homogêneas quanto à precipitação no estado da Bahia, parte de Minas Gerais e do Espírito Santo (bacias hidrográficas do Atlântico Leste), selecionadas conforme descrito a seguir.

### Seleção das estações

Inicialmente foi solicitado à Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica da Agência Nacional das Águas (ANA) o acesso à listagem das estações pluviométricas contidas no Inventário – Estações Pluviométricas. Estas foram então classificadas de acordo com a localização no estado da Bahia, segundo as regiões características definidas por Araújo e Rodrigues (2000) – Cartograma 1. Essas regiões resultaram de uma adaptação do trabalho de Braga, Melo e Melo (1998).

As séries das estações separadas por área foram então classificadas quanto ao seu tamanho. Pré-selecionaram-se aquelas que tinham 50 ou mais anos de dados (total de 95 estações). Após serem baixadas as séries via Hidroweb, as com mais de 50 anos foram classificadas de acordo com os anos de dados hidrológicos completos. Admitiram-se as estações com falhas inferiores a 10%.



**Cartograma 1**  
Divisão climática adotada pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – 2000

Fonte: Araújo e Rodrigues (2000).

Após essa etapa, para cada área homogênea foi realizada a análise de correlação entre as estações com objetivo de preencher falhas e estender as séries. Adotaram-se dois critérios para a seleção das estações: 1) correlação linear superior a 0,8, exceto para a área do Recôncavo em que foi utilizada correlação de 0,75, por falta de melhor resultado; 2) séries com período mais extenso possível. O Quadro 1 apresenta as estações selecionadas e o período da série para cada área homogênea.

Com a reduzida quantidade de estações com séries longas, a estação 01444017 – Faz. Porto Alegre, apesar de estar no limite da área, foi escolhida por ter boa correlação ( $R=0,83$ ) com a estação da Sudene de Bom Jesus da Lapa (01343013), que se localiza na parte central da área, e por estar em operação, o que permite a atualização dos dados. Na Região Sul adotaram-se dois postos devido à extensão da área e à diferente variabilidade temporal verificada. No caso da região de Minas Gerais, as estações estão em bacias que abrangem área do sul do estado, desaguando no litoral baiano. A utilização de dois postos deveu-se à grande variabilidade espacial da precipitação na área.

Região	Estação	Nome	Município	Período da série	Coordenadas	
Chapada Diamantina	01241017	Porto	Lençóis	Abr/1911-set/2012	-12,498	-41,296
Oeste	01244009	Barreiras	Barreiras	Jul/1919-set/2012	-12,167	-44,983
São Francisco	01444017	Faz. Porto Alegre	Cocos	Nov/1917-dez/2012	-14,268	-44,522
Minas Gerais	01740000	Carlos Chagas	Carlos Chagas	Mai/1945-set/2012	-17,706	-40,760
	01641001	Itaobim	Itaobim	Nov/1945-set/2012	-16,568	-41,503
Sul	01839001	Conceição da Barra	Conceição da Barra	Jul/1930-set/2012	-18,562	-39,747
	01439023	Itajuípe (Piranji)	Itajuípe	Jul/1938-set/2012	-14,678	-39,389
Nordeste	01039015	Queimadas	Queimadas	Abr/1911-set/2012	-10,967	-39,633
Norte	00940018	Campo dos Cavalos	Juazeiro	Jul/1911-set/2012	-9,560	-40,647
Sudoeste	01441000	Santo Antônio	Tanhaçú	Mai/1933-set/2012	-14,099	-41,291
Recôncavo	83229	Salvador-INMET	Salvador	Jan/1911-set/2012	-13,017	-38,483

**Quadro 1**  
Estações pluviométricas selecionadas, por região climática, com período de dados e localização geográfica

Fonte: Elaborado pelos autores.

### Determinação do SPI

O SPI é determinado a partir das funções de densidade de probabilidade que descrevem as séries históricas de precipitação em distintas escalas de tempo e requer séries com, no mínimo, 30 anos de dados. O cálculo do SPI segue as seguintes etapas: 1) determinação da função densidade da probabilidade gama incompleta das séries de precipitação mensal; 2) estimativa da probabilidade acumulada; 3) normalização através da função Normal Inversa Gaussiana (MACEDO et al., 2010).

A distribuição gama é definida por:

$$g(x) = \frac{x^{\alpha-1} * e^{-x/\beta}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo:

$\alpha > 0$  - parâmetro de forma da distribuição gama;

$\beta > 0$  - parâmetro de escala da distribuição gama;

$\Gamma(\alpha)$  - função gama.

A função gama é dada por:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (\text{Eq. 2})$$

Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da função de densidade de probabilidade gama são estimados para cada

estação e escala de tempo de interesse, utilizando-se para isto as seguintes expressões:

$$a = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\beta = \frac{\bar{P}}{a} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$A = \ln(P) - \frac{1}{N} \sum \ln(P) \quad (\text{Eq. 5})$$

Sendo:

P - total da precipitação no tempo de análise;

$\bar{P}$  - valor médio da precipitação na estação;

N - numero de observações da amostra.

A probabilidade acumulada é dada da seguinte forma:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (\text{Eq. 6})$$

$$q = \frac{m}{n + 1} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde:

q - probabilidade de ocorrência de precipitação zero; m - número de observações com chuva igual a zero;

n - número de observações.



$H(x)$  é então transformada em uma variável normal (valor final do SPI) por meio das equações:

$$SPI = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right)$$

para  $0 < H(x) \leq 0,5$  (Eq. 8)

$$SPI = + \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right)$$

para  $0,5 < H(x) \leq 1,0$  (Eq. 9)

sendo:

$$t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{H(x)^2} \right)}$$

para  $0 < H(x) \leq 0,5$  (Eq. 10)

$$t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{1 - H(x)^2} \right)}$$

para  $0,5 < H(x) \leq 1$ , (Eq. 11)

$$c_0 = 2,515517; c_1 = 0,802853; c_2 = 0,010328;$$

$$d_1 = 1,432788; d_2 = 0,189269; d_3 = 0,001308$$

Utilizando o SPI como indicador, uma delimitação funcional e quantitativa da seca pode ser instituída para cada escala de tempo. O evento seca começa quando o valor do SPI torna-se negativo e atinge valor menor que -1 e termina quando este retorna a valores positivos. Assim, o evento seca tem início e fim e, este período, caracteriza sua duração. A intensidade da seca é atribuída ao próprio valor máximo do SPI (Quadro 2) (MCKEE; DOESKEN; KLEIST, 1993).

Os valores do SPI adéquam-se a uma distribuição típica normal e, por isto, pode-se esperar que eles estejam dentro de um desvio padrão de aproximadamente 68% do tempo (entre -1 e 1), dentro de dois desvios padrão de 95% do tempo (entre -2 e 2), e para três desvios padrões em 99% do tempo (entre -3 e 3). Uma interpretação relacionada seria:

SPI	Categoria
$\geq 2,00$	Chuva extrema
1,50 a 1,99	Chuva severa
1,00 a 1,49	Chuva moderada
0 a 0,99	Chuva incipiente
0 a -0,99	Seca incipiente
-1,00 a -1,49	Seca moderada
-1,50 a -1,99	Seca severa
$\leq -2,00$	Seca extrema

**Quadro 2**  
Valores do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) e categorias de seca ou de umidade

Fonte: Mckee e outros (1993).

que um SPI menor que -1 ocorra 16 vezes em cada 100 anos; que um SPI menor que -2 ocorra de duas a três vezes em 100 anos, e que um SPI menor que -3 ocorra uma vez em cerca de 200 anos (HAYES et al., 1999).

Mckee, Doesken e Kleist (1993) mencionaram que, quando a escala de tempo utilizada for pequena (poucos meses, por exemplo), o SPI move-se frequentemente acima ou abaixo de zero e, conforme aumenta o período de análise (anos, por exemplo), o SPI responde mais lentamente a mudanças na precipitação. Portanto, quando se aumenta a escala de tempo, os períodos com índices negativos e positivos tornam-se menores em número, porém, mais longos em duração (MCKEE, DOESKEN; KLEIST, 1999).

Neste trabalho, o SPI foi calculado para as escalas de tempo de 12, 24, 36 e 48 meses, sendo os resultados discutidos quanto a intensidade, duração e frequência dos eventos de seca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

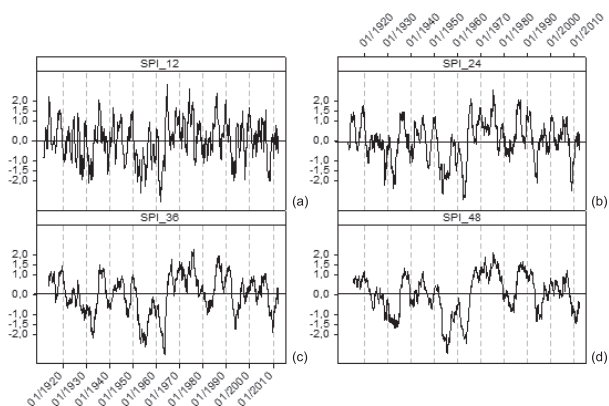
A análise dos eventos de seca no estado da Bahia foi realizada por meio do SPI, sendo, para isto, utilizados os critérios de classificação apresentados por Mckee, Doesken e Kleist (1993), os quais classificam as secas em três categorias – moderada, severa e extrema, com base nos valores de SPI

mensal. A seguir são apresentados os resultados desta análise das secas nas estações selecionadas para as escalas de tempo de 12, 24, 36 e 48 meses.

Os valores de SPI da estação 83229 de Salvador (Gráfico 1), que representa a área do Recôncavo, para todas as escalas de tempo analisadas, apresentam, nos primeiros 50 anos, uma maior incidência de eventos de seca, em comparação com os 50 anos mais recentes, quando o predomínio é de mais chuva. Os períodos mais extensos de seca moderada, severa ou extrema, na maioria das escalas de tempo utilizadas, abrangem de abril/1932 a maio/1933, de abril/1953 a março/1954, de fevereiro/1955 a março/1956 e de julho/1961 a novembro/1963. Portanto, o período compreendido entre 1953 e 1963 é aquele em que há a maior quantidade de eventos de seca moderada, severa e extrema, caracterizando assim um período crítico para a região. Particularmente, os anos de 1953, 1955 e 1963 são aqueles com maiores intensidades de seca (secas extremas).

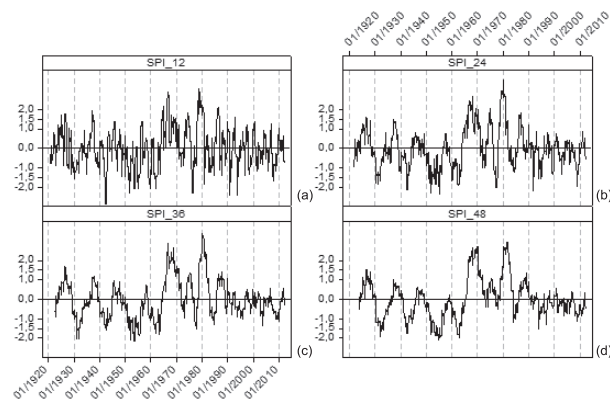
Na estação 01244009 – Barreiras, que representa a região oeste do estado, destacam-se ciclos bem definidos de eventos secos e chuvosos, nas escalas de 24, 36 e 48 meses, notadamente até início da década de 60 (Gráfico 2). Estes ciclos são marcados por uma tendência de redução dos

valores do SPI. A série inicia no final de 1919 e, até 1965, apresenta quatro eventos de seca: janeiro/1929 a maio/1932, março/1941 a outubro/1942, abril/1949 a outubro/1954 e março/1961 a dezembro/1963, sendo o de maior duração e de maior intensidade na maioria das escalas os de janeiro/1929 a maio/1932 e abril/1949 a outubro/1954, respectivamente. Em 1942 é identificada uma seca extrema na escala de 12 meses. Da primeira metade da década de 1960 ao final da primeira metade da década de 1980 observa-se o período mais chuvoso (mais altos valores do SPI). A partir da segunda metade da década de 1980 há uma redução da amplitude de variação dos valores do SPI, tanto para evento chuvoso como para evento de seca, resultando na estabilização em torno da categoria “seca incipiente”.



**Gráfico 1**  
SPI nas escalas de: (a) 12 meses, (b) 24 meses, (c) 36 meses e (d) 48 meses – Região do Recôncavo. Valores positivos/negativos indicam precipitação acima/abaixo da normal

Fonte: Elaborado pelos autores.

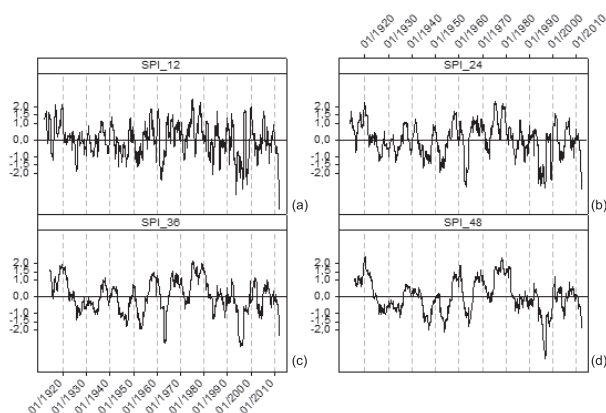


**Gráfico 2**  
SPI nas escalas de: (a) 12 meses, (b) 24 meses, (c) 36 meses e (d) 48 meses – Região Oeste. Valores positivos/negativos indicam precipitação acima/abaixo da normal

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na estação 01241017 – Porto, que representa a área da Chapada Diamantina, as séries do SPI iniciam com um período chuvoso nas décadas de 1910 e 1930, seguidas por eventos de seca severa nas décadas de 1940 e 1950 e uma seca extrema na década de 1960, segundo as escalas de 24 e 36 meses (Gráfico 3). Nas décadas de 1970 e 1980 predomina uma situação de maior chuva. Na década de 1990 é determinado o menor valor do SPI da

escala de 48 meses, indicando a seca mais severa da região no que se refere à duração (persistência). O SPI, nas escalas de 12 e 24 meses, apontam um evento de seca importante nos últimos três anos. Os períodos mais extensos de seca (moderada, severa ou extrema) para maioria das escalas de tempo ocorrem entre dezembro/1946 a setembro/1947, junho/1952 a outubro/1952, março/1995 a fevereiro/1997 e março/2012 a setembro/2012. No período de março/1995 a fevereiro/1997 é detectada a maior quantidade de valores superiores a -2, ou seja, secas extremas em todas as escalas de tempo (12, 24, 36 e 48 meses), inclusive com valores próximos ou superiores a -3 nas escalas de 36 e 48 meses. Assim, o período de 1995 a 1997 é aquele com a seca mais extensa, enquanto na escala de 12 meses o evento de 2012 é o de maior intensidade, da categoria extrema.

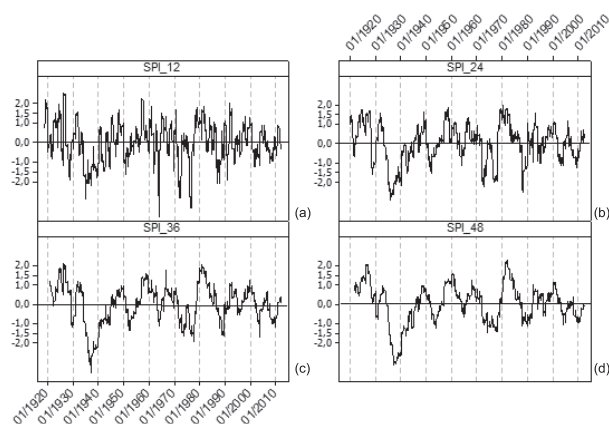


**Gráfico 3**  
SPI nas escalas de: (a) 12 meses, (b) 24 meses, (c) 36 meses e (d) 48 meses – Região da Chapada Diamantina. Valores positivos/negativos indicam precipitação acima/abaixo da normal

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na estação 01440017 (Gráfico 4), que representa a área do São Francisco, a série do SPI inicia no ano de 1918, com um período úmido seguido pela seca extrema na década de 1930. Na escala de 12 meses, ainda se destacam eventos de categoria extrema que ocorreram nas décadas de 1960 e 1970. Nas demais escalas, nos primeiros 60 anos, há secas nos períodos de maio/1934 a outubro/1944,

outubro/1951 a dezembro/1953 e março/1975 a outubro/1977. Dentre esses eventos, o mais intenso ocorre entre janeiro/1936 a fevereiro/1940. O período de 1980 a 2012 começa com uma época mais chuvosa, no entanto, depois de 1980, há uma redução de amplitude dos valores de SPI em todas as escalas de tempo, sendo observadas secas de curta duração nos períodos compreendidos entre outubro/1987 a dezembro/1990, março/1996 a setembro/1996, fevereiro/2003 a janeiro/2004 e janeiro/2008 a outubro/2010. Nas escalas de 24 e 36 meses observam-se ciclos de eventos secos e úmidos bem marcados.

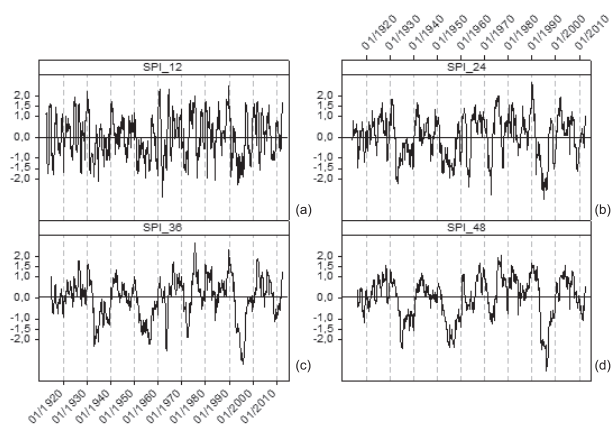


**Gráfico 4**  
SPI nas escalas de: (a) 12 meses, (b) 24 meses, (c) 36 meses e (d) 48 meses – Região do São Francisco. Valores positivos/negativos indicam precipitação acima/abaixo da normal

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores do SPI da estação 01039015 – Queimadas (Gráfico 5), que representa a Região Nordeste, iniciam em 1912. Para a maioria das escalas de tempo, principalmente as de 24, 36 e 48 meses, os períodos de secas (moderada, severa e extrema) ocorreram entre dezembro/1932 a dezembro/1935, novembro/1951 a março/1957, o ano de 1963, abril/1971 a fevereiro/1973, junho/1993 a novembro/1996, sendo este último evento o de maior intensidade (seca extrema). Na última década, embora com uma redução na amplitude em todas as escalas de tempo, o SPI mostra valores superiores a -1 (seca incipiente) entre 2002 e 2011, sendo que,

de 2011 a 2012, há um aumento, atingindo a categoria de “umidade incipiente”.

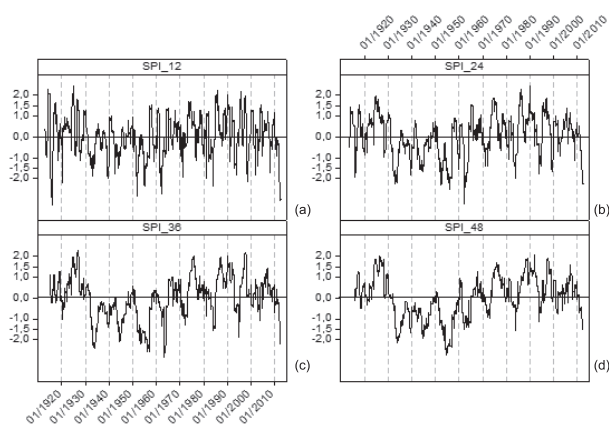


**Gráfico 5**  
SPI nas escalas de: (a) 12 meses, (b) 24 meses, (c) 36 meses e (d) 48 meses – Região Nordeste. Valores positivos/negativos indicam precipitação acima/abaixo da normal

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na estação 00940018 – Campo dos Cavalos, que representa a Região Norte, os valores do SPI iniciam em 1912 e, para todas as escalas de tempo analisadas, apresentam nos primeiros 50 anos uma maior incidência de eventos de seca em comparação com os 50 anos mais recentes, quando o predomínio é de maior umidade e de eventos de seca com pouca duração e menor intensidade (Gráfico 6). Os períodos mais extensos de seca moderada, severa ou extrema, na maioria das escalas de tempo utilizadas, nos primeiros 50 anos abrangem de janeiro/1933 a dezembro/1939, o ano de 1944, de outubro/1951 a janeiro/1957 e o ano de 1963. Nos últimos 50 anos, a seca de maior duração ocorreu na última década, entre março/2012 e setembro/2012, com intensidade próxima aos mínimos até então observados, sendo classificada como extrema nas escalas de 12 e 24 meses.

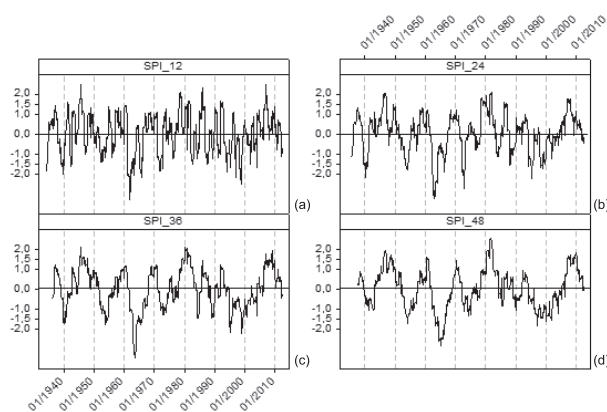
Na estação 01441000 – Santo Antonio, que representa a área do sudoeste baiano, a série do SPI inicia no ano de 1933. Na escala de 36 meses e, mais notadamente, na escala de 48 meses, há ciclos de seca com baixa frequência (decenais) até



**Gráfico 6**  
SPI nas escalas de: (a) 12 meses, (b) 24 meses, (c) 36 meses e (d) 48 meses – Região Norte. Valores positivos/negativos indicam precipitação acima/abaixo da normal

Fonte: Elaborado pelos autores.

início da década de 1980 (Gráfico 7). Estes ciclos são marcados por uma tendência de redução dos valores do SPI até a primeira metade da década de 1960, tendo os eventos de seca de maior duração ocorridos entre dezembro/1939 e fevereiro/1941, janeiro/1953 e outubro/1954 e de outubro/1962 a abril/1966, sendo a seca deste último período a de maior duração e intensidade. A partir da primeira metade da década de 1960 há uma mudança de comportamento dos valores do SPI, com uma

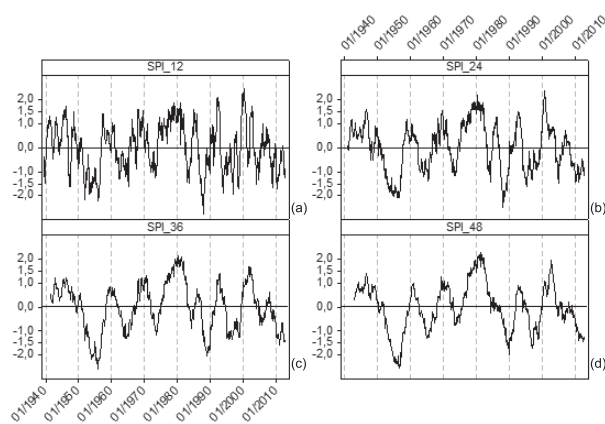


**Gráfico 7**  
SPI nas escalas de: (a) 12 meses, (b) 24 meses, (c) 36 meses e (d) 48 meses – Região Nordeste. Valores positivos/negativos indicam precipitação acima/abaixo da normal

Fonte: Elaborado pelos autores.

tendência de aumento até 1983. Após este ano, observam-se menor amplitude de variação dos valores do SPI e uma tendência de redução que culmina em uma seca no período de março/2000 a dezembro/2001. Este evento tem uma intensidade semelhante àquele dos anos de 1953 e 1954. No período 2001 a 2009 observa-se um período chuvoso, seguido por uma redução de precipitação até setembro/2012, porém não caracterizando um evento de seca.

Na estação 01439023 – Itajuípe, que representa a região sul – Latitude 14°S, os valores do SPI iniciam em 1939 e, para todas as escalas de tempo analisadas, apresentam comportamento de redução dos valores do SPI, culminando numa seca extrema entre dezembro/1949 e outubro/1957 (Gráfico 8). O período seguinte, entre a primeira metade da década de 1950 e a primeira metade da década de 1980, é marcado por ciclos decenais, notadamente nas escalas de 24, 36 e 48 meses, e por períodos mais chuvosos intercalados por secas, de incipientes a moderadas. Após este período, entre 1980 e 2012, observa-se maior variabilidade. A década de 1980 apresenta uma seca severa a extrema, enquanto a primeira metade da década seguinte é marcada por um ciclo chuvoso curto e a segunda metade por uma

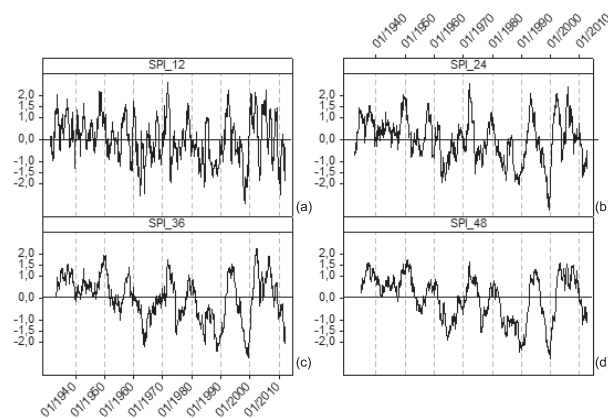


**Gráfico 8**  
SPI nas escalas de: (a) 12 meses, (b) 24 meses, (c) 36 meses e (d) 48 meses – Região Sul – Latitude 14°S. Valores positivos/negativos indicam precipitação acima/abaixo da normal

Fonte: Elaborado pelos autores.

estabilização dos valores do SPI (escalas de 12, 36 e 48 meses). Entre 2000 e 2005 ocorre um período com chuva severa, enquanto, nos últimos anos (2006 a 2012), o predomínio é de precipitação abaixo da média, configurando seca na categoria moderada nas escalas de 36 e 48 meses.

Na estação 01839001 – Conceição da Barra, que representa a região sul – Latitude 18°S, os valores do SPI iniciam na década de 1930 com predomínio de eventos chuvosos, mas, após a década de 1940, apresenta um período com eventos de seca cada vez mais intensos, culminando no seca extrema de 1997-99 (Gráfico 9). A partir desse período até o final de 2012, o SPI registra a maioria dos anos chuvosos, embora, nos três últimos anos, tenha se configurado uma seca de moderada a severa. As secas de maiores durações ocorrem nos períodos de janeiro/1983 a dezembro/1984, janeiro/1988 a outubro/1989, dezembro/1997 a outubro/1999 e dezembro/2009 a setembro/2012.



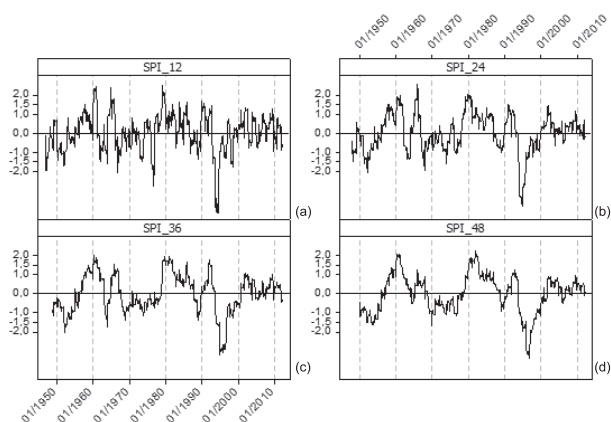
**Gráfico 9**  
SPI nas escalas de: (a) 12 meses, (b) 24 meses, (c) 36 meses e (d) 48 meses – Região Sul – Latitude 18°S. Valores positivos/negativos indicam precipitação acima/abaixo da normal

Fonte: Elaborado pelos autores.

A série do SPI da estação 01641001 – Itaobim, que representa uma área de Minas Gerais, inicia na segunda metade da década de 1940, sendo que, até a primeira metade da década de 1990, não são observadas secas extensas, somente eventos de



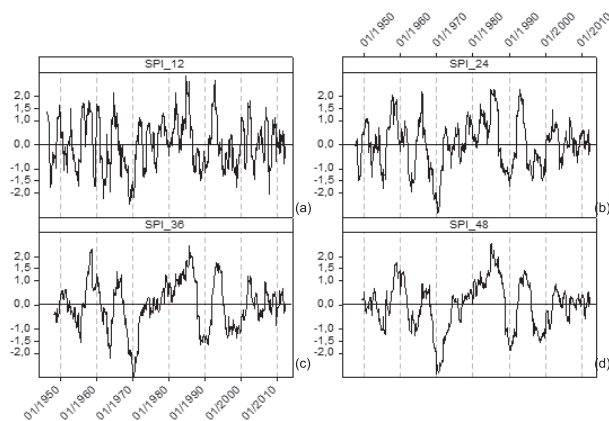
curta duração. Neste período, para a escala de 48 meses, parece haver ciclos de baixa frequência (multidécenais) (Gráfico 10). A série, em geral, tem valores do SPI que oscilam entre -1 e 2. A seca mais intensa e de maior duração é observada entre dezembro/1993 a outubro/1998.



**Gráfico 10**  
SPI nas escalas de: (a) 12 meses, (b) 24 meses, (c) 36 meses e (d) 48 meses – Região de Minas Gerais 16. Valores positivos/negativos indicam precipitação acima/abaixo da normal

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores do SPI da estação 01740000 – Carlos Chagas, que representa outra área de Minas Gerais, iniciam em 1945 (Gráfico 11). Os primeiros 30 anos são marcados por certa variabilidade e três períodos de seca, sendo estes compreendidos entre os anos de março/1953 a outubro/1955, outubro/1961 a dezembro/1963 e janeiro/1968 a março/1971, sendo este último o de maior intensidade. Os próximos 15 anos (entre 1980 e 1995) apresentam um comportamento crescente dos valores do SPI, sendo o período de maior sequência de valores positivos (escalas de 24, 36 e 48 meses). Entre 1985 e 2000 ocorrem dois períodos marcantes de seca, abrangendo o final da década de 1980 até o início da década seguinte e entre 1995 e o início de 2000. Após o ano 2000 há uma redução da amplitude de variação dos valores do SPI, mantendo-se entre -1 e 1 (seca incipiente a chuva incipiente).



**Gráfico 11**  
SPI nas escalas de: (a) 12 meses, (b) 24 meses, (c) 36 meses e (d) 48 meses – Região de Minas Gerais 17. Valores positivos/negativos indicam precipitação acima/abaixo da normal

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 3 apresenta os principais eventos de seca em cada uma das regiões em suas estações selecionadas, com as respectivas durações e categoria.

Marengo (2008) destaca que, na Região Nordeste, ocorreram grandes secas em 1710-11, 1723-27, 1736-57, 1744-45, 1777-78, 1808-09, 1824-25, 1835-37, 1844-45, 1877-79, 1982-83, 1997-98, assim como secas menores em 2003 e 2005. Segundo Souza Filho (2003) houve secas importantes também na região em 1900, 1903, 1915, 1919, 1932, 1942, 1951-53, 1958, 1966, 1970, 1993.

Na área de estudo desses eventos conhecidos, a seca em torno de 1953 foi observada na maioria das regiões e predominantemente da categoria moderada. A seca de 1963 ocorreu em seis das 11 estações, nas categorias severa e extrema. A seca de 1993 apareceu nas estações das regiões sul – Latitude 18°S e Nordeste, nas categorias severa e extrema, respectivamente. A seca de 1998, bastante conhecida por sua abrangência mundial e decorrente de uma condição de El-Niño, foi registrada em quatro estações, sendo três delas da categoria extrema. Destacou-se ainda a ocorrência de seca da categoria severa na década de 1930 nas regiões Norte, Nordeste e do São Francisco.

Em relação à variabilidade temporal, há indícios de ciclos de eventos de seca nas escalas de 36 e

Região	Estação	Nome	Eventos de seca	
			Duração	Categoria <sup>(1)</sup>
Chapada Diamantina	01241017	Porto	Dezembro/1946 a setembro/1947	Severa
			Junho/1952 a outubro/1952	Moderada
			Fevereiro/1959 a dezembro/1963	Severa
			Março/1995 a fevereiro/1997	Extrema
			Março/2012 a setembro/2012	Extrema
Oeste	01244009	Barreiras	Janeiro/1929 a maio/1932	Moderada
			Março/1941 a outubro/1942	Moderada
			Abril/1949 a outubro/1954	Severa
			Março/1961 a dezembro/1963	Moderada
São Francisco	01440017	Faz. Porto Alegre	Maior/1934 a outubro/1944	Severa
			(Janeiro/1936 a fevereiro/1940)	Extrema
			Outubro/1951 a dezembro/1953	Moderada
			Março/1975 a outubro/1977	Moderada
			Outubro/1987 a dezembro/1990	Moderada
			Janeiro/2008 a outubro/2010	Incipiente
Minas Gerais	01740000	Carlos Chagas	Março/1953 a outubro/1955	Moderada
			Outubro/1961 a dezembro/1963	Severa
			Janeiro/1968 a março/1971	Extrema
			Janeiro/1987 a dezembro/1992	Severa
			Janeiro/1995 a dezembro/2000	Moderada
	01641001	Itaobim	Janeiro/1993 a dezembro/1997	Extrema
Sul	01839001	Conceição da Barra	Janeiro/1983 a dezembro/1984	Severa
			Janeiro/1988 a outubro/1989	Moderada
			Dezembro/1997 a outubro/1999	Extrema
			Dezembro/2009 a setembro/2012	Moderada
	01439023	Itajuípe (Piranji)	Dezembro/1949 a outubro/1957	Moderada
			Agosto/1988 a julho/1989	Moderada
			Dezembro/2010 a julho/2011	Severa
Nordeste	01039015	Queimadas	Dezembro/1932 a dezembro/1935	Severa
			Novembro/1951 a março/1957	Moderada
			Janeiro/1963 a dezembro/1963	Extrema
			Abril/1971 a fevereiro/1973	Moderada
			Junho/1993 a novembro/1996	Extrema
Norte	00940018	Campo dos Cavalos	Janeiro/1933 a dezembro/1939	Severa
			Janeiro/1944 a dezembro/1944	Moderada
			Outubro/1951 a janeiro/1957	Severa
			Janeiro/1963 a dezembro/1963	Severa
			Março/2012 e setembro/2012	Moderada
Sudoeste	01441000	Santo Antônio	Dezembro/1939 a fevereiro/1941	Moderada
			Janeiro/1953 a outubro/1954	Moderada
			Outubro/1962 a abril/1966	Extrema
Recôncavo	01338004	Salvador-INMET	Abril/1932 a maio/1933	Moderada
			Abril/1953 a março/1956	Extrema
			Julho/1961 a novembro/1963	Extrema

**Quadro 3**  
**Principais eventos de seca com suas respectivas durações e intensidades**

(1) Classificação predominante entre as escalas de 12, 24, 36 e 48 meses durante o evento  
 Fonte: Elaborado pelos autores.

48 meses para as estações das regiões oeste, São Francisco, sudoeste, sul (Latitude 14°) e Minas Gerais (Latitude 16°). Genz e Tanajura (2012), através da análise espectral, identificaram ciclos de 11 anos bem marcados em estações localizadas na parte sul do estado, destacando boa correlação com índices de temperatura da superfície do mar do Pacífico e do Atlântico Tropical.

## CONCLUSÃO

O SPI foi utilizado para avaliar os eventos de seca ocorridos no estado da Bahia. Para isto, foram selecionadas 11 estações pluviométricas nas diferentes regiões climáticas, sendo duas localizadas no estado de Minas Gerais por abrangerem bacias hidrográficas da área do sul do estado da Bahia. As séries de SPI foram geradas para as escalas de 12, 24, 36 e 48 meses.

Os principais eventos de seca foram observados nas décadas de 1950, 1960 e 1990, sendo que especialmente a mais abrangente foi aquela em torno de 1953 e em maior intensidade a seca em torno de 1963 e 1998.

Em relação ao período mais recente, 2010 a 2012, foram observados valores negativos do SPI, ou seja, eventos de seca nas estações localizadas nas regiões norte e sul (Itajuípe e Conceição da Barra) e na Chapada Diamantina. Ressalta-se que o aumento de intensidade de seca nesta última região vem sendo acompanhada pelo aumento da demanda, o que poderá culminar em risco de seca hidrológica e socioeconômica. Vale lembrar que a região da Chapada Diamantina aporta a maior parte das águas do Rio Paraguaçu, as quais abastecem um percentual significativo da população do estado da Bahia, inclusive a Região Metropolitana de Salvador (RMS).

É importante destacar que existe uma grande variabilidade espacial na ocorrência da precipitação na Bahia e que as estações selecionadas para representar as regiões climáticas podem não sinalizar

situações de seca em todos os municípios abrangidos por cada região.

A avaliação e a análise de séries históricas longas são de extrema importância para a engenharia e o gerenciamento de recursos hídricos, pois séries curtas podem não abranger os períodos críticos de estiagem ou de cheia, induzindo a subestimativa da disponibilidade hídrica e de parâmetros de projeto.

Por fim, vale lembrar que o método do SPI tem sido usado não só para avaliar as condições passadas, mas principalmente para monitorar o desenvolvimento de eventos críticos, assim como para fazer prognósticos utilizando dados de previsão climática, o que o torna uma ferramenta importante para a política, o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos.

O clima no estado da Bahia está sujeito a vários sistemas meteorológicos, sendo reconhecido como complexo e como um desafio para a previsão meteorológica. A indicação de haver certa recorrência, em ciclos, nos eventos de seca/chuvosos, associada à possibilidade de correlação com índices climáticos de meso e macro escalas, deve ser um estímulo ao desenvolvimento de pesquisas para apoio da previsão sazonal e anual.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. A.; RODRIGUES, R. S. Regiões características do estado da Bahia para previsão de tempo e clima: relatório. Salvador: Superintendência de Recursos Hídricos, 2000. 14 p.

BLAIN, G. C. *Avaliação e adaptação do Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) e do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) às condições climáticas do estado de São Paulo*. 2005. 120 f. Dissertação Instituto Agrônomo, Campinas, SP, 2005.

BRAGA, C. C.; MELO, M. L. D. de; MELO, E. C. S. Análise de agrupamento aplicada à distribuição da precipitação no estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10.; CONGRESSO DA FLISMET, 8., 1998, Brasília. *Anais...* Rio de Janeiro: SBMet, 1998. 1 CD-ROM.

BRUNINI, O. et al. O uso do SPI para avaliação dos períodos de seca no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: [s.n.], v.1, p. 251-252, 2001.

- DRACUP, J. A.; LEE, K. S.; PAULSON, E. G. On the definitions of droughts. *Water Resurces Research*, Washington, v. 16, n. 2, p. 297–302, 1980.
- GENZ, F.; TANAJURA, C. A. S. Trends and variability of climate and river flow in the region of Costa das Baleias, Brazil. *Water Science and Technology*, [S.l.], v. 67, n. 1, p. 47-54, 2012.
- GUTTMAN, G. B. Accepting the “Standardized Precipitation Index: a calculation algorithm. *Journal of the American Water Resources*, Washington, v. 35, n. 2, p. 311-322, 1999.
- HAYES, M. J. et al. *Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. Bulletin of the American Meteorological Society*, Nebraska, v. 80, n. 3, p. 429-438, 1999.
- MACEDO, M. J. H. et al. Análise do Índice Padronizado de Precipitação para o estado da Paraíba, Brasil. *Ambi-Água*, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 204-214, 2010.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: CONFERENCE ON APPIED CLIMATOLOGY, 1993, Boston. *Anais...* Boston: [s.n.], 1993. p. 179–184.
- MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. In: \_\_\_\_\_. *Mudança do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação. Parcerias Estratégicas*, Brasília, n. 27, 149-176, 2008.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão das dinâmicas das chuvas no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, SP, v. 17, n. 1, 1-10, 2002.
- SANTOS, F. A. S.; ANJOS, R. J. Utilização do Índice de Precipitação Padronizada (SPI) no monitoramento da seca no estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2001. p. 121-122.
- SOUZA FILHO, F. A. Variabilidade e mudança climática nos semiáridos brasileiros. In: TUCCI, Carlos E. M.; BRAGA, Benedito (Org.). *Clima e recursos hídricos no Brasil*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 77-116.

Artigo recebido em 23 de maio de 2013  
e aprovado em 3 de junho de 2013.





# Interface entre desertificação e mudança do clima e os efeitos sobre a gestão de recursos hídricos: levantamento bibliográfico e abordagem conceitual

*Bruna Mendonça\**

*Dalvino Franca\*\**

*Joaquim Gondim\*\*\**

*Luis Preto\*\*\*\**

\* Mestranda em Engenharia do Meio Ambiente e graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Católica de Goiás (UCG). Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA). [bruna.mendonca@ana.gov.br](mailto:bruna.mendonca@ana.gov.br)

\*\* Graduado em Arquitetura pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Diretor de Planejamento da Agência Nacional de Águas (ANA).

[dalvino.franca@ana.gov.br](mailto:dalvino.franca@ana.gov.br)  
\*\*\* Mestre em Engenharia Civil e em Economia Rural pela Universidade Federal do Ceará (UFC), engenheiro civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Superintendente de Usos Múltiplos e Eventos Críticos da Agência Nacional de Águas (ANA). [joaquim@ana.gov.br](mailto:joaquim@ana.gov.br)

\*\*\*\* Graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Especialista em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA). [luis.preto@ana.gov.br](mailto:luis.preto@ana.gov.br)

## Resumo

Com objetivo de realizar levantamento bibliográfico abordando a mudança do clima e a desertificação e os efeitos deste fenômeno sobre o processo de gestão de recursos hídricos, este trabalho reuniu informações sobre as áreas suscetíveis à desertificação no Brasil, os planos nacional e estaduais de combate à desertificação e a disponibilidade hídrica nessas áreas. Em seguida, foram apresentadas, ainda que de forma incipiente, ponderações com a finalidade de favorecer o enfrentamento dos problemas atuais relacionados aos recursos hídricos, considerando a desertificação e a mudança do clima. **Palavras-chave:** Recursos hídricos. Desertificação. Semiárido. Mudança do clima.

## Abstract

*With the objective of producing a bibliographic survey approaching climate change and desertification and the effects that this phenomenon has over the process of water resource management, this work gathered information on areas vulnerable to desertification in Brazil, national and state plans to combat desertification and water availability in these areas. After this, recommendations were presented, albeit in a rudimentary way, with the end of favoring addressing the current problems related to water resources, considering desertification and climate change.*

**Keywords:** Water resources. Desertification. Semi-arid. Climate change.

## OBJETIVO

Este artigo tem como objetivos realizar um levantamento bibliográfico referente aos temas mudança do clima e desertificação e verificar a articulação e os campos de intersecção desses temas com a gestão dos recursos hídricos no semiárido brasileiro.

Pretende-se como isso ampliar o nível de conhecimento acerca dos efeitos da mudança do clima e da desertificação sobre os recursos hídricos, identificar lacunas e necessidades de estudos, bem como indicar diretrizes para a gestão de recursos hídricos que possam aumentar a resiliência e reduzir a vulnerabilidade do semiárido brasileiro aos efeitos da mudança do clima e da desertificação.

## DESERTIFICAÇÃO – CAUSAS E EFEITOS

De acordo com a Organização das Nações Unidas (2011), desertificação é a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas. Por combate à desertificação entendem-se as atividades que fazem parte do aproveitamento integrado da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, com vistas ao seu desenvolvimento sustentável, e que têm por objetivo:

- a prevenção ou a redução da degradação das terras;
- a reabilitação de terras parcialmente degradadas; e
- a recuperação de terras degradadas.

Associada à degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, está a degradação dos recursos hídricos. Os processos desencadeantes da desertificação, com o devido tempo de persistência, resultam em escassez hídrica, decorrente de desequilíbrios entre oferta e demanda, e em perda de solo, resultado do comprometimento de estrutura e da perda de matéria orgânica,

reduzindo, assim, sua capacidade de infiltração e retenção de umidade. Os corpos de água doce são afetados pela menor infiltração e menor recarga de água subterrânea que, por sua vez, darão menor suporte à vegetação natural que promove a proteção da camada superficial do solo, reforçando o ciclo de degradação e prejudicando a capacidade de o sistema se reestabelecer ante um fato perturbador de seu equilíbrio.

As zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas têm suprimento de água doce limitado, com possibilidade de grande variação de chuvas ao longo do ano. Adicionalmente à variabilidade interanual, grandes variações ocorrem durante anos e décadas, frequentemente caminhando para uma seca. Não raramente associa-se seca à degradação de terras, entretanto, seca é um fenômeno natural<sup>1</sup> que ocorre quando são verificados valores de precipitação abaixo do normal, perdurando por um longo período de tempo, com abrangência regional.

Segundo a Organização das Nações Unidas (2012), o processo de desertificação envolve a perda da produtividade, biológica e econômica, em plantações, pastagens e vegetação natural. Deve-se principalmente à variabilidade climática e à falta de sustentabilidade nas atividades humanas. As formas mais comuns de uso insustentável da terra são pastejo e cultivo excessivos e práticas equivocadas na agricultura irrigada.

No Cartograma 1 é possível observar a relação entre seca e perda de produtividade primária líquida, que é o montante líquido de carbono fixado pela vegetação por meio da fotossíntese durante o ano. Estima-se que aproximadamente 2% da produtividade primária líquida é perdida anualmente devido à degradação das terras secas (regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas).

<sup>1</sup> UNCCD, art. 1º, letra "c": "Por "seca" entende-se o fenômeno que ocorre naturalmente quando a precipitação registrada é significativamente inferior aos valores normais, provocando um sério desequilíbrio hídrico que afeta negativamente os sistemas de produção dependentes dos recursos da terra" (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1992a).

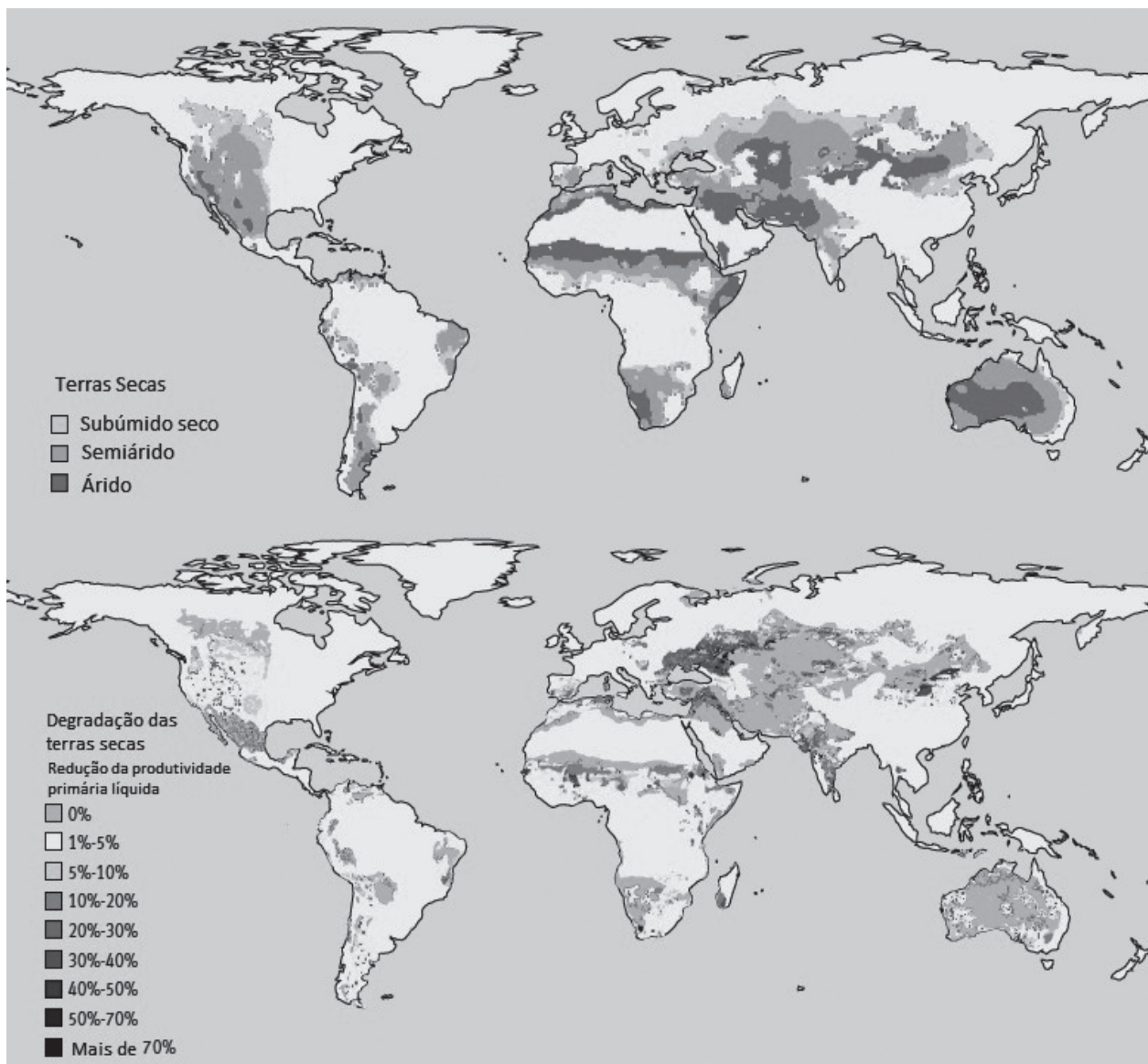
## Áreas suscetíveis à desertificação no semiárido brasileiro

Três anos após a elaboração do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), foi lançado, em 2007, o Atlas de Áreas Susceptíveis à Desertificação do Brasil (ASD), com o intuito de diminuir as lacunas de conhecimento sobre o tema. Este atlas constitui uma compilação das principais variáveis e

de alguns indicadores relacionados direta ou indiretamente aos processos de desertificação.

No Brasil, as ASD, conforme o Cartograma 2, abrangem o trópico semiárido, o subúmido seco e as áreas de entorno, ocupando cerca de 1.340.000 km<sup>2</sup> e atingindo diretamente 30 milhões de pessoas (BRASIL, 2007a).

Pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Semiárido (Embrapa Semiárido) chamam a atenção para o fato de que parte



**Cartograma 1**  
Degradção das terras secas – modificado de Organização das Nações Unidas – 2012

Fonte: ONU, 2012.

significativa das áreas mais devastadas pela desertificação, conforme demonstrado por pesquisas de campo e imagens de satélites, comporta solos de alta fertilidade que foram ou estão sendo intensivamente explorados. Os mesmos pesquisadores apontam que, no Nordeste, 200 mil km<sup>2</sup>, área maior que o estado do Ceará, já foram atingidos pela desertificação de forma grave ou muito grave. Em outros 400 mil km<sup>2</sup>, ocorre a desertificação de forma moderada. Portanto, em um terço do território nordestino observa-se a ocorrência de desertificação de intensidade muito grave, grave ou moderada (SÁ et al., 2010).

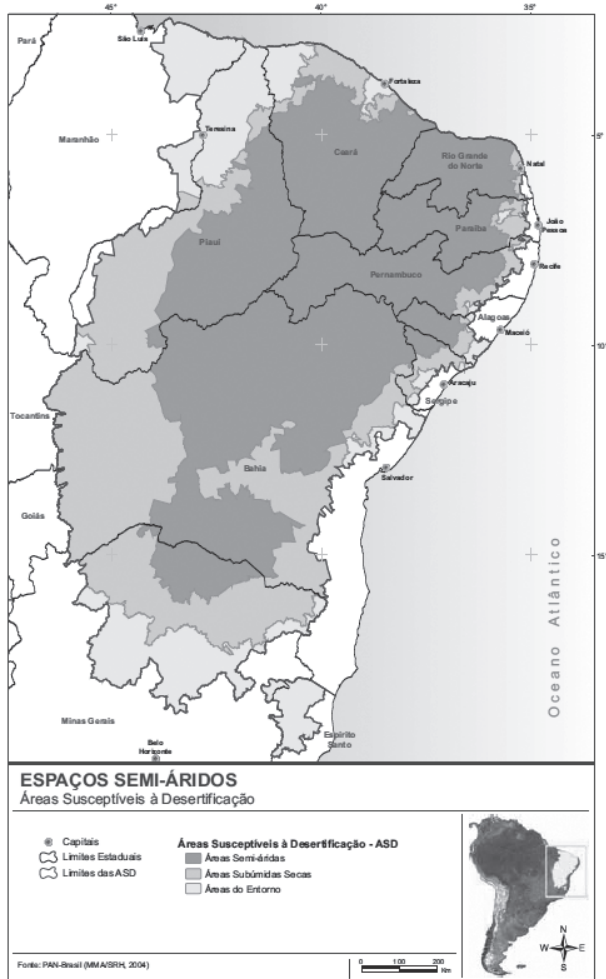
### O Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (Pan-Brasil)

De acordo com a Organização das Nações Unidas (1992a), no art. 9º, inciso 1 da Convenção Internacional de Combate à Desertificação, os países partes “[...] elaborarão, darão conhecimento público e implementarão, conforme for apropriado, o Programa de Ações Nacionais [...]”.

A elaboração do PAN-Brasil (BRASIL, 2004) teve início em 2003 e foi finalizada em 2004, com a participação de entidades governamentais e não governamentais. Além de atender a um compromisso assumido pelo governo brasileiro quando da ratificação da Convenção de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (CCD), reflete também um compromisso com o processo de transformação da sociedade brasileira centrado na busca da erradicação da pobreza e desigualdade, tendo como paradigma a busca pelo desenvolvimento sustentável, conceito explicitado na Agenda 21.

O PAN-Brasil está pautado no desenvolvimento de ações e programas articulados em torno de quatro eixos temáticos:

- redução da pobreza e desigualdade: desdobrado em subtemas como reforma agrária, educação e segurança alimentar;
- ampliação sustentável da capacidade produtiva: abrange os subtemas desenvolvimento econômico, questão energética, recursos hídricos e saneamento ambiental e irrigação/salinização;
- conservação, preservação e manejo sustentável dos recursos naturais: compreende os subtemas: melhoria dos instrumentos de gestão ambiental; zoneamento ecológico-econômico; áreas protegidas; manejo sustentável dos recursos florestais e revitalização da Bacia Hidrográfica do São Francisco; e
- gestão democrática e fortalecimento institucional: compreende subtemas referentes à



**Cartograma 2**  
**Áreas Susceptíveis a Desertificação no Brasil**  
**2007**

Fonte: BRASIL, 2007a.



capacitação de recursos humanos e à criação de novas institucionalidades para cuidar da gestão das iniciativas de combate à desertificação.

O eixo que trata da ampliação sustentável da capacidade produtiva destaca a necessidade de fortalecer a gestão dos recursos hídricos para garantir a alocação eficiente para os diferentes usos.

### **Núcleos de desertificação**

Os impactos causados na paisagem pela desertificação são divididos entre difusos e concentrados. Os difusos caracterizam-se especialmente pela ocorrência de processos de degradação extensivos, cujos efeitos implicam alguma redução da qualidade de vida da população. Os impactos considerados concentrados abrangem os danos ambientais mais evidentes, gerando eventos de profunda gravidade e aparente irreversibilidade, onde os prejuízos sociais evidenciam-se, especialmente, pelos movimentos migratórios e pelas determinantes mudanças na estrutura familiar. As áreas afetadas pelos impactos concentrados são denominadas Núcleos de Desertificação (MMA, 2007).

De acordo com o PAN-Brasil, a princípio, foram identificados quatro núcleos de desertificação no Nordeste (Cartograma 3): Seridó, Irauçuba, Gilbués e Cabrobó. Estes núcleos apresentam em comum apenas a ocorrência dos processos de desertificação. Eles são caracterizados individualmente por aspectos bastante distintos entre si, seja com relação às suas características geoambientais, à atividade antrópica responsável pelo desencadeamento do processo de degradação, ou às consequências ambientais apresentadas pela desertificação.

O Núcleo de Seridó (nos Estados de Rio Grande do Norte e Paraíba) possui 244 mil habitantes, em 2.341 km<sup>2</sup>, afetados pela desertificação causada, principalmente, pela associação entre processos

naturais (forte incidência solar que acarreta acentuados níveis de evaporação e consequente ressecamento do solo) e processos antrópicos, onde se destacam a intensa prática de queimadas, os des-

matamentos, a utilização de culturas e técnicas inadequadas de plantio, a retirada de material para a construção de estradas e produção em olarias, além da mineração intensa. Os solos nessa região são rasos e pedregosos

e, em alguns locais, há afloramento de rochas. Os municípios atingidos são: Currais Novos, Cruzeta, Equador, Carnaúba dos Dantas, Acaraí, Parelhas, Caicó, Jardim do Seridó, Ouro Branco, Santana do Seridó e São José do Sabuji (Sá e outros, 2010).

No Estado do Ceará, há o Núcleo de Irauçuba, com 34 mil habitantes em 4.000 km<sup>2</sup>. Este núcleo está inserido na área em que são registrados os menores índices pluviométricos do semiárido, englobando os municípios de Irauçuba, Sobral, Tejuçuoca, Itapagé, Canindé Mirafima. Sua ocupação é antiga e marcada por práticas inadequadas de uso do solo e pela pecuária. São observados graves problemas de erosão, perda de fertilidade e exposição dos solos, redução na produção agrícola e emigração (Sá e outros, 2010).

O Núcleo de Gilbués, no extremo sul do Estado de Piauí, envolve os municípios de Gilbués, Monte Alegre do Piauí, Barreiras do Piauí, São Gonçalo do Gurgueia, Santa Filomena, Alto Parnaíba, totalizando 6.131 km<sup>2</sup> e 20 mil habitantes (Sá e outros, 2010). Entre latossolos, areias quartzosas, solos litólicos e lateríticos, a cobertura vegetal é predominantemente caracterizada como Cerrado, com restritas áreas de caatinga e características zonas de transição. Sua ocupação e uso foram marcados pelo garimpo de diamantes e pela pecuária extensiva. O assoreamento dos rios, o desmoronamento de encostas, o surgimento e a movimentação de dunas, a presença maciça de voçorocas e a exposição de solo são alguns dos aspectos que evidenciam o processo de



remodelamento da paisagem em que se encontra a região. Pelo nível acelerado de erosão, Gilbués é tido como um dos casos mais graves do mundo.

O Núcleo de Cabrobó compreende os municípios pernambucanos de Cabrobó, Orocó, Santa Maria da Boa Vista, Belém do São Francisco e Floresta, em uma área de 4.960 km<sup>2</sup> e 24 mil habitantes (Sá e outros, 2010). Este núcleo está dentro do bioma caatinga, com relevo pouco acidentado e os solos férteis, sendo o regime pluviométrico o principal fator restritivo à sua ocupação. O sobrepastejo, o desmatamento e o manejo inadequado dos solos são apontados como causas da desertificação. Na região, são observadas grandes

crateras abertas pela erosão e um grave processo de salinização do solo.

### Programas estaduais de combate à desertificação e de mitigação dos efeitos da seca

Do Nordeste brasileiro, os estados de Rio Grande do Norte, Alagoas, Paraíba, Piauí, Ceará, Pernambuco e Sergipe formularam suas estratégias de combate à desertificação baseadas nas diretrizes do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), em parceria com o Ministério do Meio Ambiente. Os programas estaduais partiram de metodologias bastante similares, envolvendo forte mobilização social e articulação com agentes públicos federais, estaduais e municipais. Também realizaram a caracterização física e social dos estados, apresentando o mapeamento e a classificação das áreas suscetíveis à desertificação, além de uma contextualização a respeito do tema, com enfoque sobre a identificação das origens dos processos de desertificação. Nesse ponto, ressaltaram-se os modos de produção e a forma de ocupação do território como fatores desencadeantes da desertificação.

A questão da escassez hídrica foi, de modo geral, abordada com vistas à ampliação sustentável da capacidade produtiva. Assim, com o viés de insumo aos processos produtivos, foram delineadas ações em recursos hídricos e saneamento ambiental.

A Bahia instituiu o Programa Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca por meio do Decreto 11.573, de 4 de junho de 2009. Este decreto estabeleceu que o Plano Estadual de Combate à Desertificação deverá ser elaborado com o objetivo de criar medidas para o combate à desertificação e a minimização dos efeitos da seca.

Da análise dos programas estaduais de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca pode-se inferir que os estados possuem um bom nível de conhecimento acerca do problema a ser



Fonte: BRASIL, 2007a.

enfrentado, mas dependem muito da articulação com outros atores para implementar soluções eficazes.

### Os recursos hídricos nas áreas susceptíveis à desertificação no semiárido

No semiárido estão inseridas partes de quatro regiões hidrográficas: Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco e Parnaíba. Nestas regiões, verificam-se baixos índices de precipitação e elevada evapotranspiração, baixa disponibilidade hídrica subterrânea em função da ocorrência de rochas cristalinas<sup>2</sup> e disponibilidade superficial bastante problemática: os rios são quase todos intermitentes e com a qualidade da água comprometida pelas baixas vazões.

No Quadro 1 são apresentados dados referentes à disponibilidade hídrica das regiões hidrográficas do semiárido em comparação com as médias brasileiras. A região mais crítica do país é a Atlântico Nordeste Oriental, que, a despeito da baixa disponibilidade hídrica, possui alta demanda representada, principalmente, pela irrigação, responsável por quase 70% da demanda total. Esta região concentra a terceira maior área irrigada do Brasil (cerca de 540 mil ha).

solo necessárias à implementação de projetos de produção agrícola irrigada. Estas modificações frequentemente implicam na movimentação de grandes volumes de terra (para a construção das obras de infraestrutura necessárias ou para o terraceamento ou nivelamento da área cultivada) e na conseqüente exposição do solo à erosão, com efeitos potenciais para os corpos d'água adjacentes (CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL, 2011).

Além dos cuidados de controle de erosão, é necessário avaliar a lixiviação de nutrientes e substâncias com a percolação no perfil do solo irrigado, cujo efeito local pode ser a salinização do solo cultivado ou o arraste de nutrientes. Estes impactos normalmente são evitados e corrigidos com práticas adequadas de manejo da agricultura irrigada, principalmente a aplicação de volumes corretos de água e a drenagem eficiente (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2011).

No semiárido, boa parte do abastecimento da população é realizada por meio dos açudes que cumprem o papel de armazenar água para o período seco e também de regularizar a vazão dos corpos d'água na região. Entretanto, são ambientes bastante suscetíveis à ocorrência de eutrofização,

Regiões hidrográficas	Precipitação média (mm)	Disponibilidade hídrica (m <sup>3</sup> /s)	Vazão média regularizada (m <sup>3</sup> /s)	Vazão específica (L/s/km <sup>2</sup> )	Capacidade de armazenamento (m <sup>3</sup> /s)
Atlântico Leste	1.018	305	1.484	3,8	939
Atlântico Nordeste Oriental	1.052	91,5	774	2,7	1.075
São Francisco	1.003	1886	2.846	4,5	5.183
Parnaíba	1.064	379	767	2,3	1.804
<b>Brasil</b>	<b>1.761</b>	<b>91.071</b>	<b>159.516</b>	<b>20,9</b>	<b>3.596</b>

**Quadro 1**  
**Disponibilidade hídrica nas Regiões Hidrográficas do Semiárido**

Fonte: ANA, 2012.

Sobre a irrigação, é importante destacar os impactos e os potenciais conflitos que podem ser causados devido às modificações no manejo do

que acaba por prejudicar, ou impossibilitar, o uso da água de parte do reservatório (CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL, 2012).

A eutrofização ocorre principalmente em ambientes aquáticos de fluxo reduzido, como lagos, açudes e reservatórios, que recebem aporte

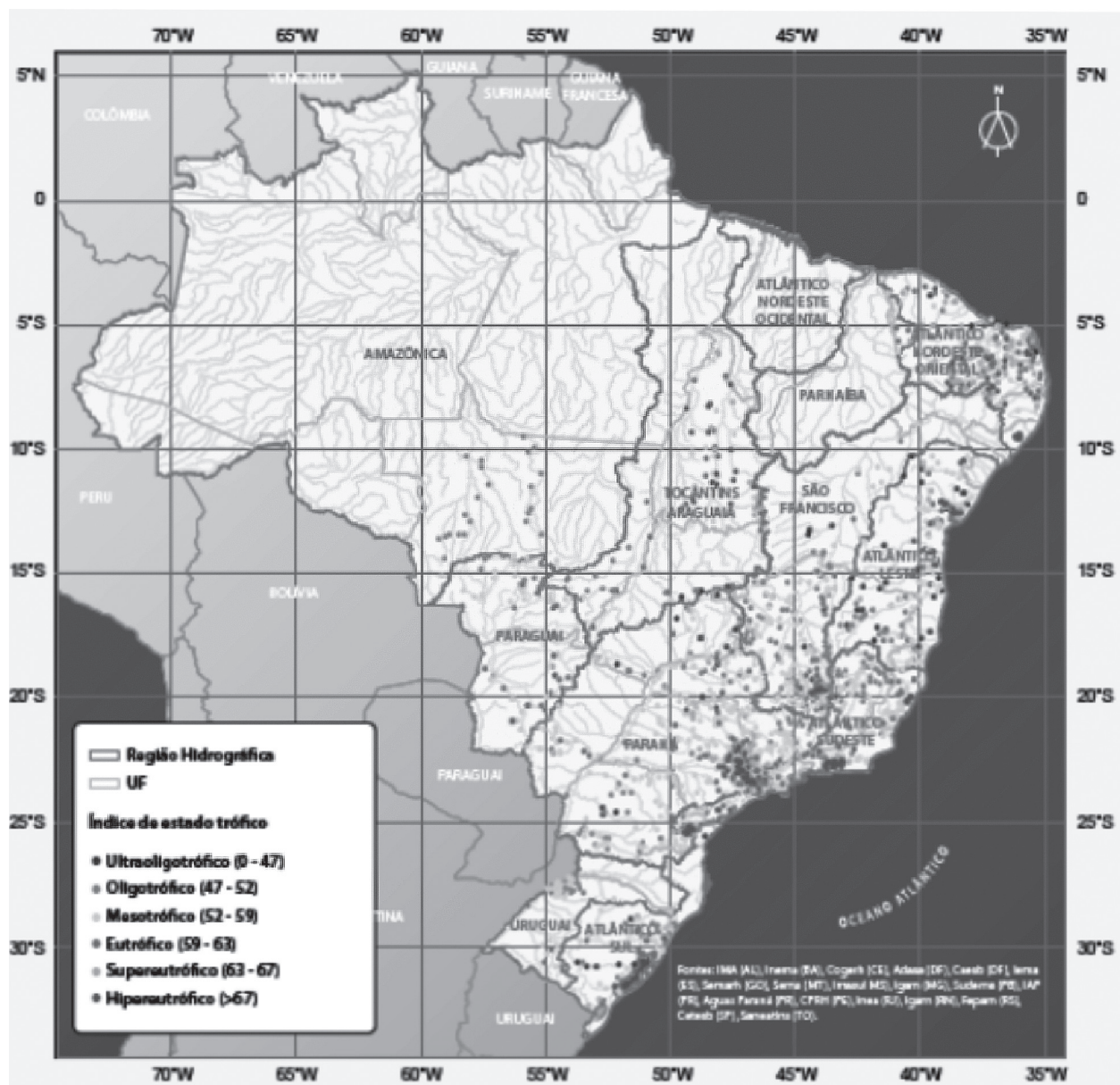
<sup>2</sup> Mesmo apresentando baixas vazões e elevada salinidade, em muitas comunidades, a água subterrânea configura-se como a única fonte de abastecimento disponível.

excessivo de nutrientes (fósforo e nitrogênio, principalmente), cujas maiores fontes são o lançamento de efluentes domésticos e industriais sem o devido tratamento e o uso descontrolado de fertilizantes na agricultura. A partir do monitoramento do fósforo total, obtém-se o Índice de Estado Trófico (IET). Estudo realizado em 2010 mostrou que muitos açudes do Nordeste são classificados como eutróficos ou hipereutróficos (Cartograma 4), o que eleva a

criticidade da disponibilidade hídrica na região (CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL, 2012)

### Desertificação e mudança do clima

O ciclo hidrológico está diretamente vinculado às mudanças de temperatura da atmosfera e ao balanço de radiação. Com o aquecimento da atmosfera,





de acordo com o que sinalizam os modelos de previsão climática, esperam-se, entre outras consequências, mudanças nos padrões da precipitação, o que poderá afetar significativamente a disponibilidade e a distribuição temporal da vazão nos rios. Em resumo, estudos mostram que os eventos hidrológicos críticos, secas e enchentes, poderão tornar-se mais frequentes e mais intensos.

Somadas aos impactos esperados no regime hidrológico, estão as prováveis mudanças na demanda de diversos setores usuários, que possivelmente aumentará acima das previsões realizadas a partir da expectativa de crescimento populacional e desenvolvimento do país. A elevação da temperatura e da evapotranspiração poderá acarretar, entre outros efeitos, maior necessidade de irrigação, refrigeração, consumo humano e dessedentação de animais em determinados períodos e regiões, além de afetar a capacidade de reservação e o balanço hídrico.

Uma decorrência importante da mudança climática e, por consequência, do aumento da variabilidade natural dos eventos hidrológicos é a possível aquisição de não estacionariedade pelas séries hidrológicas, que afeta o planejamento e a operação da infraestrutura hídrica para atendimento dos usos múltiplos, já que seu dimensionamento é realizado com base na premissa de que as estatísticas das séries observadas são representativas do futuro.

O próprio sistema de gestão dos recursos hídricos e a alocação destes entre os diferentes usos e usuários estão sujeitos aos impactos da mudança do clima por estarem baseados na hipótese de que se pode prever o comportamento hidrológico futuro a partir de registros do passado.

Para fazer frente aos impactos da mudança do clima, as medidas de adaptação podem ser adotadas em resposta a um efeito já percebido ou em resposta a um cenário previamente estabelecido.

**Os modelos climáticos colocam o semiárido como uma das regiões do país mais vulneráveis aos efeitos da mudança do clima**

A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima define a adaptação aos efeitos da mudança do clima como uma série de respostas aos impactos atuais e potenciais da mudança climática, com objetivo de minimizar possíveis danos e aproveitar as oportunidades (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1992b). A capacidade de adaptação de um sistema depende basicamente de duas variáveis: vulnerabilidade e resiliência.

A vulnerabilidade pode ser entendida como sendo o grau de suscetibilidade do sistema para lidar com os efeitos adversos da mudança do clima. Já a resiliência é a habilidade do sistema em absorver impactos e, simultaneamente, preservar a sua estrutura básica e os mesmos meios de funcionamento (BRASIL, 2007b). De forma geral, as populações mais pobres e com piores índices de desenvolvimento são as mais vulneráveis aos efeitos da mudança do clima.

A região semiárida brasileira engloba características bastante específicas de clima, solo e vegetação que, associadas ao tipo de uso e ocupação do solo e com os aspectos sociais ali presentes, acabam por conferir à região um elevado nível de vulnerabilidade e de exposição aos efeitos da mudança do clima e uma baixa capacidade de adaptação aos seus impactos.

Os modelos climáticos colocam o semiárido como uma das regiões do país mais vulneráveis aos efeitos da mudança do clima. O Quarto Relatório de Avaliação do *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, lançado em 2007, destacou em suas conclusões o aumento de ocorrência de eventos extremos no Nordeste e a substituição da vegetação típica do semiárido por vegetação de região árida.

Em 2012, o *IPCC* lançou o Relatório Especial de Eventos Extremos. Em seguida, a Rede de Conhecimento de Clima e Desenvolvimento compilou os resultados desse relatório referentes à América Latina e ao Caribe no documento *Gerenciando*

*Extremos Climáticos e Desastres na América Latina e no Caribe: lições do relatório SREX IPCC.*

Neste relatório, constam dados sobre o Nordeste brasileiro que mostram que, desde 1950, houve um aumento no número de dias e noites quentes. Referente às mudanças projetadas de temperatura e extremos de precipitação até o

final do século XXI, para essa mesma região, os modelos mostram, com alta confiança<sup>3</sup>, tendências de aumento no número de dias e noites quentes e a de redução de noites e dias frios, bem como a ocorrência de ondas de calor mais longas e mais frequentes. Além disso, os dados revelam, com média confiança, tendência de aumento no número de dias com aridez máxima e estiagem<sup>4</sup>.

Caso as projeções se confirmem, como efeitos da mudança do clima na região, estudiosos alertam para a diminuição da frequência de chuvas e a ocorrência de secas mais prolongadas e frequentes. Por consequência, relacionados a esses efeitos, podem ser identificados os seguintes impactos: empobrecimento do solo por erosão; intensificação do processo de desertificação; diminuição da diversidade biológica; comprometimento da produção agrícola e energética; disseminação de doença e desencadeamento de ondas migratórias, além do aumento do número de mortes vinculadas aos calores extremos<sup>5</sup>.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

<sup>3</sup> De acordo com a Nota de Orientação do IPCC, os níveis de confiança são obtidos a partir da relação entre concordância e evidência. O nível de confiança é alto quando se tem alta concordância e evidência robusta.

<sup>4</sup> Aridez refere-se a um déficit meteorológico, enquanto estiagem, à escassez de água estendida e contínua.

<sup>5</sup> Estudo que relacionou dados de mortalidade, em países de baixa e média rendas, com a temperatura, observou que, em dias muito quentes, houve maior mortalidade na maioria das cidades, inclusive em Salvador (REDE DE CONHECIMENTO DE CLIMA E DESENVOLVIMENTO, 2012).

Ainda não há condições seguras para determinar o grau, a extensão e o momento dos efeitos previstos da mudança do clima no semiárido brasileiro,

o que dificulta a implementação de medidas de adaptação. Entretanto, o conhecimento já construído permite a adoção de uma estratégia de adaptação à mudança do clima que tenha como foco

vulnerabilidades já identificadas e o aumento da resiliência dos sistemas afetados.

Nesse contexto, encaixam-se as medidas ditas “sem arrependimento”. Essas medidas se referem àquelas que, mesmo em um cenário sem mudança do clima, são necessárias para enfrentar problemas atuais, e, ao mesmo tempo, resultam no aumento da capacidade dos sistemas naturais e humanos de lidar com as alterações esperadas.

Levando-se em conta os impactos da mudança do clima e da desertificação, especialmente no semiárido brasileiro, considera-se razoável a adoção das seguintes medidas referentes à gestão de recursos hídricos: 1) aprimorar o monitoramento hidrometeorológico e o sistema de previsão de eventos hidrológicos críticos; 2) contar com planos de bacias que ofereçam as ferramentas necessárias para a tomada de decisões quanto ao modelo de desenvolvimento pretendido para cada região, tendo em mente os efeitos da mudança do clima e da desertificação sobre a disponibilidade hídrica; 3) apontar fontes seguras de abastecimento, bem como estabelecer medidas que convirjam para a manutenção dessas fontes; 4) estabelecer estratégia de regulação que assegure os usos múltiplos da água; e 5) promover capacitação de gestores locais a respeito dos temas abordados.

Além disso, é preciso considerar de forma mais sistemática os possíveis efeitos da mudança do clima nos processos de desertificação. Conforme comentado, os estudos demonstram que as áreas afetadas pela desertificação tendem a aumentar. Assim, sugere-se que as políticas de combate



à desertificação considerem a mudança do clima como mais um vetor desse processo.

Nos fóruns internacionais, fica evidente a transversalidade entre as agendas de desertificação e mudança do clima, indicando a necessidade de serem trabalhadas de forma integrada. Ambas passam necessariamente por promover medidas com vistas ao aumento da resiliência e à redução da vulnerabilidade.

## CONCLUSÃO

Embora não seja possível determinar de forma assertiva o modo pelo qual a mudança do clima se fará sentir no semiárido brasileiro, há indicações de que seus efeitos promoverão a progressão da desertificação e a redução da disponibilidade hídrica, que são vulnerabilidades já identificadas e sobre as quais é possível trabalhar no sentido de estabelecer “medidas sem arrependimento”. Estas medidas, de forma geral, para o semiárido, são focadas em: prevenir ou atenuar a degradação das áreas susceptíveis à desertificação; recuperar as áreas susceptíveis à desertificação e os solos já degradados; garantir o acesso à água; informar constantemente e sensibilizar a população diretamente afetada sobre os problemas da desertificação em todos os níveis; melhorar o contexto social; combater a pobreza; melhorar a educação e as condições de saúde e desenvolver a educação sobre a gestão sustentável dos recursos naturais.

Apesar de existirem dados que indiquem tendências de mudança de padrão de precipitação, o que afeta a vazão dos rios e a taxa de abastecimento dos aquíferos, fica latente a necessidade de se obterem estudos mais regionalizados, uma vez que os impactos da mudança do clima, inclusive para o processo de desertificação, se farão presentes de forma peculiar para cada região ou bacia hidrográfica. Recomenda-se, portanto, a realização de estudos no âmbito de bacias hidrográficas que demonstrem as tendências de alteração do padrão de precipitação, da disponibilidade hídrica e da

demanda, de modo a orientar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Panorama e perspectiva da agricultura irrigada no Brasil*. Brasília: ANA, 2011.

ALAGOAS. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca de Alagoas – PAE-AL*. Maceió: SEMARH, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - PAN-Brasil*. Brasília: MMA, 2004.

\_\_\_\_\_. *Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil*. Brasília: MMA 2007a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=908&idMenu=374>>. Acesso em: 21 fev. 2011.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Quarto Relatório de Avaliação do IPCC. In: PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. *Mudança do clima 2007: impactos, adaptação e vulnerabilidade*. Genebra: OMM, 2007b. 30 p. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0015/15131.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0015/15131.pdf)>. Acesso em: 18 fev. 2011.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. *Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca do Ceará – PAE-CE*. Fortaleza: SRH, 2010.

CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL: Informe 2009. Brasília: ANA, 2009.

CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL: Informe 2012. Brasília: ANA 2012.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado Extraordinária para o Desenvolvimento dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e do Norte de Minas. *Plano de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca de Minas Gerais – PAE-MG*. Belo Horizonte: MMA; SEDVAN, 2010.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação – UNCCD*. Rio de Janeiro: ONU, 1992a.

\_\_\_\_\_. *Fact Sheets – Basic facts about desertification and the Convention*. Brasília: ONU, . Disponível em: <<http://www.unccd.int/knowledge/menu.php>>. Acesso em: 18 fev. 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Convenção Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima – UNFCCC*. Rio de Janeiro: ONU, 1992b.

INTERFACE ENTRE DESERTIFICAÇÃO E MUDANÇA DO CLIMA E OS EFEITOS SOBRE A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS:  
LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E ABORDAGEM CONCEITUAL

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – UNEP. *Global Environment Outlook (GEO-5) – Environment for the future we want*, 2012.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. *Relatório especial sobre eventos extremos* [Genebra: OMM], 2012.

PARAÍBA. Secretaria dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e Ciência e Tecnologia. Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca da Paraíba – PAE-PB. João Pessoa: SERHMACT, 2010.

PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência e Tecnologia e de Meio Ambiente de Pernambuco. Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca de Pernambuco – PAE-PE. Recife: Secretaria de Ciência e Tecnologia e de Meio Ambiente, 2009.

PIAUÍ. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca do Rio Grande do Norte – PAE-PI. Teresina: SEMAR, 2010.

REDE DE CONHECIMENTO DE CLIMA E DESENVOLVIMENTO. Gerenciando extremos climáticos e desastres na América Latina e no Caribe: lições do SREX IPCC. 2012.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca do Rio Grande do Norte – PAE-RN. Natal: SEMARH, 2010.

SÁ, I. B. et al. *Desertificação no semiárido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

SERGIPE. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca de Sergipe – PAE-SE. Aracaju: SEMARH, 2011.

Artigo recebido em 15 de maio de 2013.

e aprovado em 28 de maio de 2013.

# Normas para publicação

## Os artigos devem:

- Ser enviados por e-mail, preferencialmente, desde que não excedam o limite de dois megabytes. Acima desse limite, em mídia de CD-ROM, acompanhada de cópia impressa.
- Ser apresentados em editor de texto de maior difusão (Word), formatados com entrelinhas de 1,5, margem esquerda de 3 cm, direita e inferior de 2 cm, superior de 2,5 cm, fonte Times New Roman, tamanho 12.
- Preferencialmente, ser assinados por, no máximo, três autores.
- Ser apenas um por autor, exceto no caso de participação como coautor.
- Incluir, em nota de rodapé, os créditos institucionais do autor, referência à atual atividade profissional, titulação, endereço para correspondência, telefone, e-mail.
- Ter, no mínimo, 15 páginas e, no máximo, 25.
- Vir acompanhados de resumo e *abstract* com, no máximo, 10 linhas, entrelinha simples, contendo, quando cabível, tema, objetivos, metodologia, principais resultados e conclusões. Abaixo do resumo e do *abstract*, incluir até cinco palavras-chave e *keywords*, separadas entre si por ponto e finalizadas também por ponto.
- Apresentar padronização de título, de forma a ficar claro o que é título e subtítulo. O título deve se constituir de palavra, expressão ou frase que designe o assunto ou conteúdo do texto. O subtítulo, apresentado em seguida ao título e dele separado por dois pontos, visa esclarecê-lo ou complementá-lo.
- Contar com tabelas e demais tipos de ilustrações (desenhos, esquemas, figuras, fluxogramas, fotos, gráficos, mapas etc.) numerados consecutivamente com algarismos arábicos, na ordem em que forem citados no texto, com os títulos, legendas e fontes completas, e serem localizados o mais próximo possível do trecho a que se referem.
- Conter todo e qualquer tipo de ilustração acompanhado dos originais, de forma a garantir fidelidade e qualidade na reprodução, observando que a publicação é impressa em preto e branco. Se as fotografias forem digitalizadas, devem ser escaneadas em 300 dpi (CMYK), com cor real e salvas com a extensão TIFF. Se forem em preto e branco, devem ser escaneadas em 300 dpi, em tons de cinza. Se for usada máquina digital, deve-se utilizar o mesmo procedimento com relação a dpi e extensão, de acordo com o item “Ilustrações” do *Manual de Redação e Estilo da SEI*, disponibilizado em [www.sei.ba.gov.br](http://www.sei.ba.gov.br), no menu “Publicações”.
- Destacar citações diretas que ultrapassem três linhas, apresentando-as em outro parágrafo, com recuo de 4 cm à esquerda, tamanho de fonte 10 e sem aspas (NBR 10520:2002 da ABNT).
- Quando da inclusão de depoimentos dos sujeitos, apresentá-los em parágrafo distinto do texto, entre aspas, com letra e espaçamento igual ao do texto e recuo esquerdo, de todas as linhas, igual ao do parágrafo.
- Evitar as notas, sobretudo extensas, usando-as apenas quando outras considerações ou explicações forem necessárias ao texto, para não interromper a sequência lógica da leitura e não cansar o leitor.
- Indicar as notas de rodapé por números arábicos, aparecendo, preferencialmente, de forma integral na mesma página em que forem inseridas.
- Conter referências completas e precisas, adotando-se o procedimento informado a seguir.

## Referências

No transcorrer do texto, a fonte da citação direta ou da paráfrase deve ser indicada pelo sobrenome do autor, pela instituição responsável ou, no caso de autoria desconhecida, pela primeira palavra do título da obra seguida de reticências, ano e página. Quando incluída na sentença, deve ser grafada em letras maiúsculas e minúsculas, e quando estiver entre parênteses, deve ter todas as letras maiúsculas.

Exemplos:

- A estruturação produtiva deveria se voltar para a exploração econômica de suas riquezas naturais, conforme esclarece Castro (1980, p. 152).
- “O outro lado da medalha dessa contraposição da Inglaterra civil e adulta às raças selvagens e de menoridade é o processo pelo qual a barreira, que na metrópole divide os servos dos senhores, tende a sua rigidez de casta” (LOSURDO, 2006, p. 240).

No final do artigo, deve aparecer a lista de referências, em ordem alfabética, em conformidade com a norma NBR 6023:2002 da ABNT.

Exemplos:

Para livros:

- BORGES, Jafé; LEMOS, Gláucia. *Comércio baiano: depoimentos para sua história*. Salvador: Associação Comercial da Bahia, 2002.

Para artigos e/ou matéria de revista, boletim etc.:

- SOUZA, Laumar Neves de. Essência x aparência: o fenômeno da globalização. *Bahia Análise & Dados*, Salvador, v. 12, n. 3, p. 51-60, dez. 2002.

Para partes de livros:

- MATOS, Ralfo. Das grandes divisões do Brasil à ideia do urbano em rede tripartite. In: \_\_\_\_\_ (Org.). *Espacialidades em rede: população, urbanização e migração no Brasil contemporâneo*. Belo Horizonte: C/Arte, 2005. p. 17-56.

Na lista de referências, os títulos dos livros devem aparecer sempre em itálico. Os subtítulos, apesar de citados, não recebem o mesmo tratamento. No caso de artigo/matéria de revista ou jornal, o itálico deve ser colocado no título da publicação. A lista de referências deve ser alinhada à esquerda e conter apenas os trabalhos efetivamente utilizados na elaboração do artigo.

## Originais

Os originais apresentados serão considerados definitivos. Caso sejam aprovados, as provas só serão submetidas ao autor quando solicitadas previamente, cabendo ao mesmo fornecer informações adicionais, se necessário. Serão também considerados como autorizados para publicação por sua simples remessa à revista, não implicando pagamento de direitos autorais. A editoria-geral da SEI e a coordenação editorial do volume, em caso de aceitação do texto, reservam-se o direito de sugerir ou modificar títulos, formatar tabelas e ilustrações, entre outras intervenções, a fim de atender ao padrão editorial e ortográfico adotado pela instituição e expresso no *Manual de Redação e Estilo da SEI*, disponibilizado em [www.sei.ba.gov.br](http://www.sei.ba.gov.br), no menu “Publicações”. Comprometem-se ainda a responder por escrito aos autores e, em caso de recusa, a enviar-lhes os resumos dos pareceres.







## COLABORARAM NESSE NÚMERO:

*Alessandro Coelho Marques*

*Ana Paula Garcia*

*Anderson Paulo Rudke*

*André de Goes Paternostro*

*Angela Machado Rocha*

*Asher Kiperstok*

*Bruna Mendonça*

*Dalvino Franca*

*Delfran Batista dos Santos*

*Dilson Henrique Ramos Evangelista*

*Diógenes Marcelino Barbosa Santos*

*Elisabete Santos*

*Elizabeth Siqueira Juliatto*

*Élvia Fadul*

*Fabio Konishi*

*Fernando Genz*

*Geane Silva de Almeida*

*Grace Benfica Matos*

*Iara Brandão de Oliveira*

*J. P. S. Azevedo*

*João Carlos de Pádua Andrade*

*Joaquim Gondim*

*Karla Patrícia Oliveira Esquerre*

*Letícia Lemos de Moraes*

*Lindomar Pinto da Silva*

*Lucas Santos Cerqueira*

*Luis Preto*

*Luiz Roberto Santos Moraes*

*Manuel Dias da Silva Neto*

*Marcelo Santana Silva*

*Mariza Mello*

*Nara de Melo Dantas da Silva*

*Nara Luisa Reis Andrade*

*Paula Meyer Soares*

*Paulo Sérgio Vila Nova Souza*

*Rafael Ranconi Bezerra*

*Renata Alvarez Rossi*

*Salomão de Sousa Medeiros*

*Samara Fernanda da Silva*

*Sérgio R. Ayrimoraes Soares*

*Telma Teixeira*

*Vicente Adreu*

*Victor Nathan Lima da Rocha*

*Wesley de Souza*

*Wilton Aguiar*

