

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA EM CIDADES: O CASO DE FORTALEZA

Samíria Maria Oliveira da Silva^{1}; Daniel Antônio Camelo Cid²; Francisco de Assis de Souza Filho³; Sandra Helena Silva de Aquino⁴; Louise Caroline Peixoto Xavier⁵*

RESUMO

Este artigo avalia a segurança hídrica quantitativa em cidades no intuito de propiciar o desenvolvimento de métodos e práticas de gerenciamento de secas. Para isso, ele foi dividido em duas etapas: análise das vulnerabilidades do sistema de abastecimento e a discussão sobre as formas de promover a segurança hídrica. A vulnerabilidade foi analisada pelos critérios de frequência de falha das demandas e a acumulação dos reservatórios utilizando um modelo de rede de fluxo para a simulação do sistema hídrico. Para promover a segurança hídrica aponta-se a utilização de modelo de gestão integrada de águas urbanas pautado em uma matriz de fontes alternativas de abastecimento e na gestão da demanda hídrica. Isto possibilitaria a redução da dependência estrutural do centro urbano de importar água de outras regiões e, assim, a diminuição dos custos de transporte e de bombeamento. Além disso, esta nova abordagem integraria os sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana modificando a gestão de águas tradicional, fragmentada em seus componentes para uma gestão integradora que possibilita a flexibilização dos sistemas.

Palavras-chave: Seca, Urbano e Gestão.

EVALUATION OF WATER SECURITY IN CITIES: THE CASE OF FORTALEZA

ABSTRACT

This article evaluates the quantitative water security in cities in order to promote the development of methods and practices of drought management. For this, it was divided in two steps: analysis of the vulnerabilities of the supply system and the discussion on the ways to promote water security. The vulnerability was analyzed by the failure frequency criteria of the demands and the accumulation of the reservoirs using a flow network model for the simulation of the water system. To promote water security is suggested an application of an integrated urban water management model based on an array of alternative sources of supply and water demand management. This would make it possible to reduce the structural dependency of the urban center for the importation of water from other regions and thus reduce transport and pumping costs. In addition, this new approach would integrate water supply, sewage and urban drainage systems, modifying traditional water management, fragmented into its components for an integrated management that allows flexibility in systems.

Key-words: Drought, Urban and Management.

¹ Professora Adjunta I do Curso de Engenharia Civil do Campus da Universidade Federal do Ceará em Russas. samiriamaria@hotmail.com

² Doutorando em Recursos Hídricos na Universidade Federal do Ceará – UFC. danielcamelocid@gmail.com

³ Professor Adjunto IV do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental – UFC. assissouzafilho@gmail.com

⁴ Doutoranda em Sociologia na Universidade Federal do Ceará – UFC. sandrahaquino@hotmail.com

⁵ Graduanda em Engenharia Civil no Campus da UFC em Russas. louise090995@gmail.com

INTRODUÇÃO

As discussões sobre a água, em termos quantitativos e qualitativos, despontam como uma das urgências da contemporaneidade. É a denominada segurança hídrica que passou a ser difundida a partir da Declaração Ministerial do 2º Fórum Mundial da Água, ocorrido na cidade de Haia no ano de 2000 como a: “... capacidade de uma população para garantir o acesso sustentável a quantidades adequadas de água, com qualidade aceitável para a subsistência, o bem-estar humano e o desenvolvimento socioeconômico, assegurando a proteção dos recursos hídricos contra a poluição e os desastres relacionados com a água, bem como a preservação dos ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política” (UN-WATER, 2013).

A segurança hídrica associa-se as categorias segurança alimentar e ambiental, evidenciando a necessidade de uma gestão pautada na incerteza, na adaptação e nos riscos de falha do sistema hídrico. Um desses riscos é a seca, fenômeno recorrente do clima em algumas regiões. Nesse sentido, os impactos das secas ocorrem em diferentes setores socioeconômicos e requerem medidas no âmbito de diferentes políticas setoriais. O planejamento deve ser consistente e considerar as especificidades locais estando em sintonia com objetivos do desenvolvimento sustentável.

Especificamente, planejar repostas às secas em centros urbanos requer o desenvolvimento de uma abordagem holística e proativa que propicie a visão e análise dos diversos riscos, seja capaz de propor ações sistemáticas e antecipadas. Assim, novas políticas, regulamentos, modelos, técnicas e investimentos sempre serão necessários para gerir impactos decorrentes do crescimento populacional, da infraestrutura que se deteriora, do crescimento urbano, das mudanças climáticas e de muitas outras pressões atuais e futuras que acometem o sistema hídrico (PHILIP e SALIAN, 2011).

Nesse sentido, este estudo propõe avaliar a segurança hídrica quantitativa em cidades no intuito de propiciar o desenvolvimento de métodos e práticas de gerenciamento de secas. Para isso, ele foi dividido em duas etapas: análise das vulnerabilidades do sistema de abastecimento e a discussão sobre a gestão integrada de águas urbanas. A primeira etapa visa identificar as falhas de abastecimento do sistema hídrico. Enquanto que a segunda expõe a necessidade de integrar a utilização de novas fontes de abastecimento e de ações de gestão da demanda para a promoção da segurança hídrica.

A área de estudo é a cidade de Fortaleza, localizada no estado do Ceará, Brasil, a qual perpassou por um período de quatro anos de seca 2012-2015 e apresenta problemas de drenagem urbana, inundações e poluição de seus corpos hídricos configurando-se como um laboratório para o aprimoramento e desenvolvimento de métodos e práticas de gerenciamento de recursos hídricos.

Em termos de planejamento, Fortaleza está inserida na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) compartilhando o abastecimento de água com os outros municípios dessa região. O suprimento superficial para abastecimento de Fortaleza é consolidado por oito reservatórios: cinco reservatórios situados na Região Metropolitana de Fortaleza (Gavião, Pacoti, Riachão, Pacajus e Aracoiaba) e três reservatórios na Bacia do Jaguaribe (Orós, Castanhão e Banabuiú) formando o sistema Jaguaribe-Metropolitano, principal sistema de reservatório do estado do Ceará.

A porção metropolitana, sistema local, soma uma capacidade de acumulação de 871 hm³. Enquanto que, a porção do Jaguaribe soma uma capacidade de acumulação de 10.241 hm³ ficando o Orós com 1.940 hm³, o Banabuiú com 1.601 hm³ e o Castanhão com 6.700 hm³, que, descontado o volume de espera de cheia do Castanhão, o volume útil deste sistema para usos urbanos, irrigação e industrial totaliza 8.002 hm³.

As duas regiões hidrográficas, Jaguaribe e Metropolitana, são interligadas por duas obras de transferência hídrica: o Canal do Trabalhador e o Eixão das Águas. Em Fortaleza, a captação de água bruta é realizada no açude Gavião por meio de torre de tomada, galeria e canal e transferida para as Estações de Tratamento de Água denominadas ETA - Oeste e ETA - Gavião. Saindo da ETA's, a água é transportada e distribuída por meio de estações elevatórias, centros de reservação (sendo o principal o reservatório Ancuri), conjunto de conexões, peças especiais e condutos até os lotes urbanos.

Este estudo tem o intuito de propiciar o desenvolvimento de métodos e práticas de gerenciamento de secas para a cidade de Fortaleza, podendo ser readaptado para outros centros urbanos. Para isso, compreende a análise das vulnerabilidades do sistema de abastecimento e a discussão sobre a gestão integrada de águas urbanas para esta localidade.

AValiação da Vulnerabilidade Hídrica

A vulnerabilidade hídrica foi avaliada pelos critérios de frequência de falha das demandas e acumulação dos reservatórios durante o período de 1912 a 2012. Foi realizada a operação e simulação do Sistema Jaguaribe-Metropolitano por meio do modelo Acquanet desenvolvido pelo laboratório de Sistema de Apoio à Decisão da Escola Politécnica da USP (LABSID, 2002).

O Acquanet permite a análise integrada do balanço hídrico mensal considerando todos os reservatórios, canais, adutoras e demandas hídricas da região do Jaguaribe e Metropolitana.

Operação e simulação do sistema hídrico

A operação da rede de abastecimento e a alocação de água foi efetivada pela aplicação de um sistema de prioridades e custos otimizados pelo algoritmo Out-of-Kilter, utilizando a simulação tipo contínua. O modelo utilizado requer como dados de entrada: as vazões afluentes aos reservatórios, os volumes iniciais, volumes máximos e mínimos, a curva cota-área-volume, a evaporação do lago e as demandas hídricas.

As séries de vazões afluentes foram obtidas no relatório de estudos de regionalização para as bacias dos reservatórios do Estado do Ceará, publicado por UFC/COGERH (2013). Neste relatório, as séries de vazões foram geradas utilizando-se o modelo SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure) com discretização mensal. Essas vazões compõem uma série para o período entre janeiro de 1912 e dezembro de 2012, o qual representa o período de análise do estudo.

Foram utilizados os dados de evaporação disponível no banco de dados das normais climatológicas do INMET. Esses dados são observados em evaporímetros de pichê com distribuição mensal. As curvas cota-área-volume foram obtidas junto à Companhia de Gestão de Recursos Hídricos - COGERH.

A capacidade de acumulação de cada reservatório é imposta no modelo como volume máximo. Os volumes mínimos representam a parcela do volume total que estão estocados abaixo da cota de tomada d'água do reservatório necessitando de alguma medida estrutural para serem utilizados como oferta hídrica.

Resultado

A simulação foi realizada considerando as limitações operacionais existentes em Fortaleza, isto é, a capacidade do transporte de água no Eixão (canal de transposição) de $9\text{m}^3/\text{s}$ e a cota do reservatório necessária para o bombeamento das águas estocadas (cota mínima).

Observou-se que o Castanhão, principal reservatório para abastecimento de Fortaleza, em 29,2% do tempo atingiu um volume menor que 25% de sua capacidade máxima, implicando no volume mínimo operacional de 220hm^3 em 11% do período simulado. Com esses níveis, seria necessário um plano de ação para a utilização do volume ainda estocado, obrigando a imposição de restrição severa para a utilização deste manancial. As simulações indicam ainda, o esvaziamento completo do Castanhão em 6,52% dos meses do período simulado (Figura 1. a).

O reservatório Orós foi inserido no sistema com a finalidade de atender às demandas locais e funcionar como reserva estratégica para o Castanhão. No entanto, a simulação realizada expôs que ele atende somente as demandas da sua bacia hidrográfica, apresentando falha em 14% do período simulado (Figura 1. b).

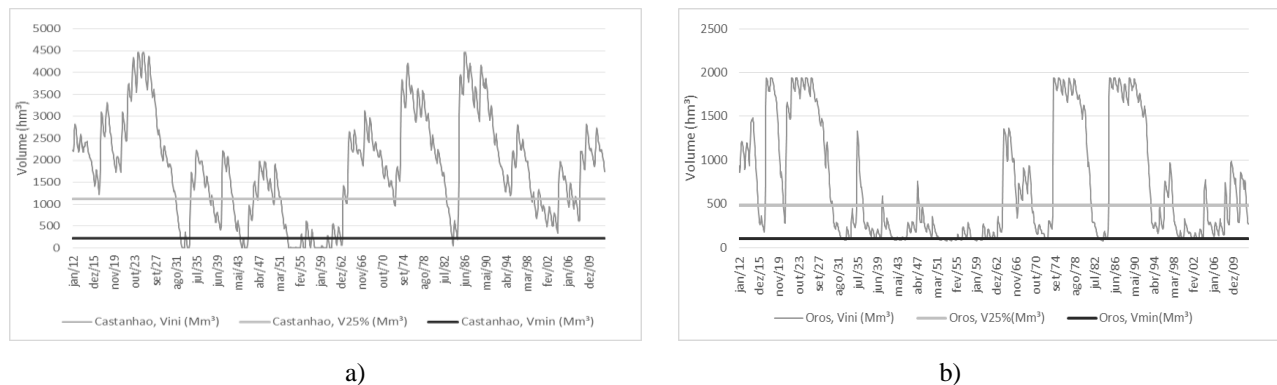


Figura 1 – Comportamento do armazenamento dos reservatórios: a) Castanhão; b) Orós.

Ainda na Região Metropolitana Fortaleza, o reservatório Pacoti-Riachão funciona como o principal reservatório de regularização. A Figura 2 expõe o comportamento desse reservatório no período simulado. Nesta operação, utilizou-se o gatilho de transferência da região do Jaguaribe para a RMF quando este reservatório atinge a metade de sua capacidade máxima de acumulação.

As simulações indicaram que o Pacoti-Riachão atingiu seu volume mínimo operacional em 1,6% do tempo aproximadamente, impondo déficit de atendimento das demandas de Fortaleza e do CIPP em aproximadamente 3% do tempo. A severidade desta falha apresenta uma vazão máxima de $6\text{m}^3/\text{s}$ para Fortaleza e $1,44\text{m}^3/\text{s}$ para o CIPP.

Os açudes Pacoti e Riachão possuem uma ligação na cota 36m. Acima dessa cota, os dois reservatórios unem-se naturalmente atuando como único reservatório. Abaixo dela, os reservatórios tornam-se isolados sendo necessária a utilização de uma estação de bombeamento (EB Pacoti auxiliar) para que aconteça a transferência de água do açude Pacoti para o açude Riachão. Assim, consideraram-se na simulação os dois reservatórios como único, permitindo o aumento da evaporação do lago em detrimento do menor custo de energia elétrica para operação do sistema de bombeamento auxiliar.

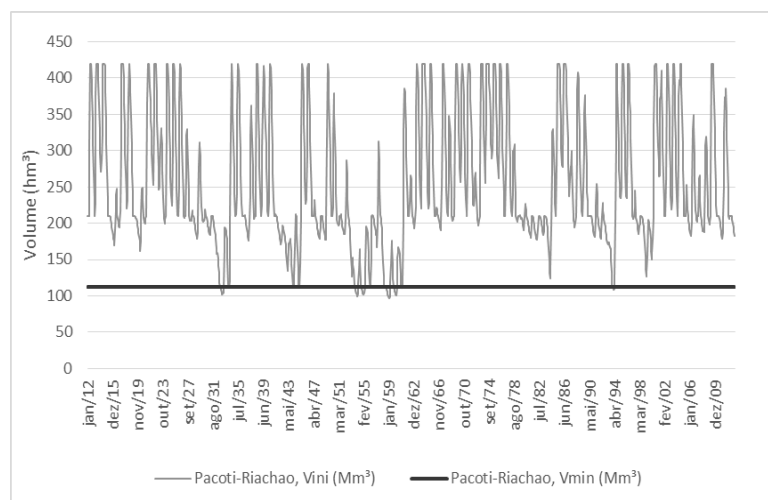


Figura 2 - Simulação da operação do reservatório Pacoti-Riachão.

Verificou-se uma elevada perda de água por vertimento e por evaporação na bacia metropolitana. Esta perda deu-se, em grande parte, pelo excedente de água transferida da região do Jaguaribe. Assim, faz-se necessário a criação de política de transferência entre as duas regiões de forma a minimizar as perdas (evaporação e vertimento) e maximizar os benefícios da utilização da água, tornando o sistema eficiente nos múltiplos usos. Esta política de transferência pode ser baseada em gatilhos operacionais, que, quando acionados, disparam a ordem de transferência entre as bacias envolvidas.

As falhas em 2% do tempo da demanda de Fortaleza (Gavião) apontam a vulnerabilidade hídrica desse centro urbano (Tabela 1). Porém, o fator mais preocupante está localizado no esvaziamento dos reservatórios estratégicos nos períodos críticos de seca (décadas de 1930 e 1950) em que estes se apresentam abaixo do seu volume morto, chegando a secar. Isto indica que secas um pouco mais prolongadas ou mais intensas, passíveis de ocorrer, levariam ao colapso total do sistema.

DISCUSSÃO

As falhas no abastecimento de Fortaleza apresentadas na seção anterior ressaltam a necessidade de utilização de novas fontes de abastecimento e do desenvolvimento de um gerenciamento integrado das águas composto de ações de gestão da oferta e da demanda.

Desta forma observa-se que o abastecimento da cidade pode ser realizado por quatro meios: por águas interestaduais (oriundas da transposição do São Francisco), por águas inter-regionais (provenientes da bacia do Jaguaribe), por águas locais do sistema atual de abastecimento e por águas locais de fontes alternativas (reuso, águas pluviais, águas subterrâneas e dessalinização). Com isso, tem-se um novo sistema de abastecimento denominado Sistema São Francisco-Jaguaribe-Metropolitano que funcionaria conforme descrito a seguir:

As águas oriundas do sistema de abastecimento de água bruta futuro (Sistema São Francisco-Jaguaribe-Metropolitano) são direcionadas para o açude Gavião a qual é feita a captação para as Estações de Tratamento de Água (ETA-Gavião e ETA-Oeste). Após a água ser tratada, ela passa por adutoras, estações elevatórias e por unidades de reservação para ser, em seguida distribuída para os

lotes urbanos. A partir das ETA's até a rede de distribuição podem ocorrer perdas que necessitam ser gerenciadas para aumentar a confiabilidade do abastecimento e evitar desperdícios.

No lote urbano, a água pode ser utilizada e transformada em esgoto. Este é direcionado para as Estações de Tratamento - ETE ou para o emissário submarino. Neste caso, o esgoto passa a ser um recurso aproveitável por meio de três alternativas: (i) reuso de águas cinza (água das torneiras, duchas, chuveiros) no lote urbano, (ii) reuso nas estações de tratamento de esgoto e (iii) reuso da parcela do volume de esgotamento direcionado ao emissário submarino.

Tabela 2 - Frequência de falhas de cada centro de demanda hídrica.

Centros de Demanda	Frequência de tempo com falhas (%)
Orós	13,78
Castanhão	5,69
Banabuiú	0,33
Distar	0,41
Canal Trabalhador	5,94
Eixão	4,87
Pacoti-Riachão	0,74
Gavião	2,56
CIPP	2,81

O reuso de água no contexto da gestão integrada de águas urbanas tem dois papéis, o primeiro de aumentar a oferta hídrica e o segundo de reduzir o volume de esgoto. Para fins urbanos, o reuso já é realizado em algumas companhias do setor de saneamento brasileiro que utilizam a água proveniente das estações de tratamento de esgotos (ETE Penha/CEDAE e ETE ABC/Sabesp), principalmente no consumo interno, na lavagem de centrífugas das próprias estações de tratamento ou na desobstrução e desentupimento de redes de esgotos sanitários e galerias pluviais (SANTOS, 2003).

No caso da utilização interna nas edificações, o reuso de águas cinza é o mais recomendável, já que essas águas possuem qualidade superior aos esgotos comuns. Nessas, as águas cinza e as águas negras são coletadas por tubulações distintas e conduzidas a tratamento diferenciado. Esse processo de separação de efluentes por diferentes aparelhos hidro sanitários foi denominado Saneamento Ecológico por Bazzarella (2005). A reutilização de águas cinza tende a contribuir com a redução do consumo de água potável, do volume de contaminantes do solo e do volume de esgoto gerado apresentando-se como uma alternativa atrativa em termos econômicos e ambientais.

Outros mananciais aproveitáveis em Fortaleza são as águas pluviais e subterrâneas. Para as águas pluviais, faz-se necessário a implantação de sistemas de captação e utilização dessas nos lotes urbanos e de técnicas estruturais de drenagem compensatória como: bacias de retenção, retenção e infiltração; trincheiras, valas, valetas e pavimentos permeáveis. No caso das águas subterrâneas

propõe-se a captação delas por meio de poços tubulares perfurados no domínio hidrogeológico de dunas/paleo-dunas.

Ressalta-se que o esgoto e as águas pluviais têm ocasionado problemas sistemáticos para Fortaleza como inundações, cheias e contaminação de corpos hídricos. Esta cidade possui seu solo quase que totalmente impermeabilizado impedindo que uma grande parcela de águas da chuva seja absorvida e armazenada no subsolo. Portanto, toda a água de chuva escoada superficialmente e se infiltra na rede coletora pelos poços de visita e caixas de ligações domiciliares.

O uso de águas pluviais e reuso de águas de esgoto tem seus benefícios tanto na gestão de secas sendo fontes alternativas de abastecimento para uso não potável quanto na gestão de cheias urbanas por meio da redução do volume de esgoto e das águas pluviais.

O reuso do esgoto e as águas pluviais possuem um risco de falha devido a sua correlação com o total de precipitação, isto é, em anos secos, o volume de água bruta destinado a ETA é reduzido ocasionando a diminuição da vazão destinada aos lotes urbanos e, por consequência a menor produção de esgoto. Além disso, o volume de água de chuva que poderia ser aproveitamento também se reduz. Assim, o reuso e a utilização e água de chuva deixam de ser eficazes enfatizando a necessidade de um manancial complementar para o abastecimento de Fortaleza. Nesse modelo propõe-se como fonte complementar a dessalinização da água do mar. Sendo possível para Fortaleza, devido sua localização situar-se no litoral Atlântico.

A dessalinização da água do mar para produção de água potável vem se difundido em vários países do mundo. De acordo com Souza (2006), muitos países no Oriente Médio identificaram a dessalinização da água do mar como a solução disponível para o problema da escassez de água.

Sugere-se, também, incorporar ações de gestão da demanda para promover a segurança hídrica. Existem três formas de gerenciar a demanda por água: via instrumentos econômicos e financeiros; via políticas públicas, como conscientização da população e a restrição de uso; e, por mudanças tecnológicas, desenvolvendo novos processos e equipamentos que aumentem a eficiência no uso da água, e consequentemente, reduzem seu consumo.

Uma forma de contribuir com o uso racional da água é utilizar aparelhos sanitários economizadores de água. Eles destacam-se na busca pela eficiência do uso da água por reduzir o consumo independentemente da ação do usuário ou da sua disposição em mudar de comportamento. Dentre os aparelhos sanitários que mais vem sendo utilizados para o uso racional da água pode-se citar as torneiras economizadoras, mictórios sem água e com dispositivos de redução e volume, e, as bacias sanitárias de volume reduzido

Propõe-se assim, o desenvolvimento de políticas que promovam a troca ou a instalação desse tipo de aparelho nos lotes urbanos bem como, que propiciem incentivos para empresas de inovação tecnológica dessa temática.

CONCLUSÃO

O artigo discutiu sobre a segurança hídrica quantitativa em cidades. A análise do sistema de abastecimento aponta para a dependência da cidade de Fortaleza das águas da bacia do Jaguaribe.

Para a preparação às secas foi discutido a utilização da gestão integrada de águas urbanas com foco na oferta e na demanda hídrica. Por este modelo, o abastecimento ocorre tanto por fontes

tradicionais (águas armazenadas em reservatórios) como por mananciais alternativos como, as águas subterrâneas, as águas pluviais, a dessalinização de água do mar bem como, discutiu-se o esgoto com recurso aproveitável.

Com esta abordagem, o abastecimento da cidade passaria da tradicional gestão de águas, fragmentada em seus componentes (abastecimento, esgotamento e manejo de águas pluviais) para uma gestão integradora que possibilita a flexibilização dos sistemas hídricos por meio de diversas fontes de oferta hídrica.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura - FCPC, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e ao Instituto de Planejamento de Fortaleza – IPLANFOR.

REFERÊNCIAS

BAZZARELLA, B. B. *Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações*. 165f. 2005. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade federal do Espírito Santo, 2005.

LABSID. *Modelo de Rede de Fluxo - Acquanet*. 2002. Universidade de São Paulo: Laboratório de Sistema de Suporte a Decisão. Disponível:<<http://www.labsid.eng.br/Programas.aspx>>Acesso em: 09. jan. 2013.

PHILIP, R; SALIAN, P. *Kit de Treinamento SWITCH: Gestão Integrada das Águas na Cidade do Futuro*. Alemanha: ICLEI European Secretariat GmbH, Módulo 6: Auxílio à decisão escolhendo um caminho sustentável, 49p, 2011.

SANTOS, G. J. Sistema de reúso de água: projetos e estudos de casos”. In: Mancuso, P.C.S., Santos, H.F, *Reúso de Água*, 1.ed. cap. 14, Barueri, SP, Editora Manole, pp.501-511. 2003.

SOUZA. L. F. Dessalinização como fonte alternativa de água potável. *Norte Científico*, v.1, n.1, 2006.

UFC/COGERH. *Relatório dos Estudos de regionalização de parâmetros de modelo hidrológico chuva-vazão, para as bacias totais e incrementais dos reservatórios monitorados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos*. Convênio UFC/COGERH/FCPC, Fortaleza, 24p. 2013.

UN-WATER. *Un-Water Analytical Brief on Water security and the Global Water Agenda*. Canadá: Institute for Water, Environment & Health (UNU-INWEH), 47p. 2013.