



Prefeitura de
Fortaleza

Secretaria Municipal de
Urbanismo e Meio Ambiente



**PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE FORTALEZA
CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA ENTRE COMPANHIA DE
ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ – CAGECE E AGÊNCIA REGULADORA
DE FORTALEZA – ACFOR**

NORMAS DE REGULAÇÃO E MECANISMOS DE COOPERAÇÃO

Julho / 2014

APRESENTAÇÃO

No presente relatório (Relatório P5 - Caracterização Geral do Município Parte II) apresentam-se as normas de regulação e fiscalização e os mecanismos de cooperação entre os diferentes entes federados e diferentes instâncias públicas e privadas, no que diz respeito aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

A área de saneamento básico encontrava-se desvalida de marco regulatório desde a década de 90 quando se extinguiu o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA).

Instituído em 1969, o PLANASA começou a funcionar em 1971 quando passou a destinar recursos para os estados criarem suas próprias companhias de saneamento.

As Companhias Estaduais de Saneamento Básico são empresas de economia mista, com controle acionário de cada estado da federação. Estas empresas detêm, mediante concessão municipal, o monopólio da administração, operação, manutenção, construção e comercialização dos serviços de água e esgoto.

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (Abes), estas empresas eram responsáveis, em 1992, por 64% dos serviços de água no país (4.753 localidades, entre as 7.237 que dispõem destes serviços) e por 44% dos serviços de esgoto sanitário (686 localidades, das 1.544 que contam com o serviço). Em termos populacionais, estes índices representam respectivamente 78% e 64% da população coberta.

Operando em escala estadual, as CESB's funcionam segundo o princípio do caixa único. Isto significa que, na maioria dos estados, a tarifa é a mesma para todos os municípios atendidos.

Atualmente, este modelo homogêneo de prestação de serviços vem sendo reformado. Vários governos estaduais têm tomado iniciativas no sentido de reestruturar as operadoras estaduais. A Cagece ampliou seus mercados de operação no interior do estado e sub concedeu parte de suas operações na capital Fortaleza para um operador privado.

Na década de 90 houve uma drástica redução dos investimentos por parte do Governo Federal e criou-se o Programa de Modernização do Setor de Saneamento – PMSS.

Em 1997 constatou-se que 22,3% dos domicílios não eram atendidos pelo abastecimento de água e que 57,1% dos domicílios não estavam ligados à rede de esgoto.

A partir de 2003, foram retomados os investimentos nos serviços de saneamento para as empresas públicas e prefeituras municipais. No âmbito do Ministério das Cidades foi criada a Secretária de Saneamento Ambiental, responsável pela formulação e articulação dessa política no conjunto do Governo Federal.

Em 2007 foi aprovado o novo marco regulatório do Saneamento Básico, estabelecendo, pela primeira vez, diretrizes e orientações para uma nova Política Nacional de Saneamento, regulando o papel dos municípios, estados e do setor privado na prestação e operação dos serviços de água e esgotamento sanitário.

Na nova lei da Política Nacional de Saneamento, o conceito de saneamento básico foi ampliado, passando a ter a mesma conotação do saneamento ambiental, ou seja, incorporando o manejo das águas pluviais, de resíduos sólidos e controle de vetores.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	2
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	6
1. NORMAS DE REGULAÇÃO E FISCALIZAÇÃO.....	7
2. MECANISMOS DE COOPERAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES ENTES FEDERADOS	23
Bibliografia:	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Mapa hidrológico das Bacias Metropolitanas.....	27
Figura 2.2. Mapa da infraestrutura de aporte hídrico à Região Metropolitana de Fortaleza	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Estrutura Tarifária de Água e Esgoto (valores válidos a partir de junho de 2013)..	17
Tabela 1.2. Demanda de 25m ³ de água de 01 unidade residencial normal popular.	17
Tabela 1.3. Demanda de 23m ³ de água para 01 unidade residencial (categoria : Residencial popular) e que também tenha esgoto.	18
Tabela 1.4. Demanda de 25m ³ de água de 01 unidade residencial normal.....	20
Tabela 1.5. Demanda de água de 01 unidade comercial II de 23m ³	21
Tabela 1.6. Demanda de água de 01 unidade comercial II de 60m ³	21
Tabela 1.7. Demanda de 300m ³ de água para 15 apartamentos residenciais (categoria: normal).	21
Tabela 1.8. Demanda de 01 Condomínio de 460m ³ de água para 15 apartamentos residenciais (categoria : normal) e 5 unidades comerciais.	21
Tabela 1.9. Demanda por unidade comercial = 23m ³ (10m ³ demanda mínima + 13m ³ do excesso).	22
Tabela 2.1 - Bacias pertencentes à Região Hidrográfica Metropolitana de Fortaleza	25
Tabela 2.2 - Municípios da Região Hidrográfica Metropolitana de Fortaleza, incluídos na RMF	26
Tabela 2.3 - Demais Municípios da Região Hidrográfica Metropolitana de Fortaleza	26
Tabela 2.4. Lista dos principais reservatórios presentes no conjunto das Bacias Metropolitanas e	28
suas capacidades de acumulação	28
Tabela 2.5. Dados hidrológicos básicos e valores de vazões regularizadas para os principais reservatórios das bacias hidrográficas metropolitanas	35
Tabela 2.6. Dados hidrológicos básicos e valores de vazões regularizadas para os reservatórios Castanhão, Orós, Banabuiú e Pedras Brancas.....	36
Tabela 2.7 -. Escala do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA).....	49

1. NORMAS DE REGULAÇÃO E FISCALIZAÇÃO

1. NORMAS DE REGULAÇÃO E FISCALIZAÇÃO

Dentre as normas de regularização e fiscalização destaca-se a legislação citada e outros instrumentos que serão objeto de análise específica neste relatório.

A Lei Nacional do Saneamento Básico, nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, é um dos instrumentos legais deste novo marco regulatório e traz as diretrizes para as funções de regulação e fiscalização da prestação dos serviços de saneamento básico.

A Lei nº 11.445/07 separa as funções de planejamento, regulação e fiscalização e prestação dos serviços públicos de saneamento básico, e condiciona a validade dos contratos à existência de entidade específica de regulação e fiscalização.

No Art. 11 São condições de validade dos contratos que tenham por objeto a prestação de serviços públicos de saneamento básico:

I - a existência de plano de saneamento básico;

II - a existência de estudo comprovando a viabilidade técnica e econômico-financeira da prestação universal e integral dos serviços, nos termos do respectivo plano de saneamento básico;

III - a existência de normas de regulação que prevejam os meios para o cumprimento das diretrizes desta Lei, incluindo a designação da entidade de regulação e de fiscalização;

IV - a realização prévia de audiência e de consulta públicas sobre o edital de licitação, no caso de concessão, e sobre a minuta do contrato.

No Art. 9º, a lei estabelece que o titular dos serviços deva formular a política pública de saneamento básico, devendo, para tanto:

I - **elaborar os planos de saneamento básico**, nos termos desta Lei;

II- prestar diretamente ou autorizar a delegação dos serviços e definir o ente responsável pela sua regulação e fiscalização, bem como os procedimentos de sua atuação;

III- adotar parâmetros para a garantia do atendimento essencial à saúde pública, inclusive quanto ao volume mínimo per capita de água para abastecimento público, observada as normas nacionais relativas à potabilidade da água;

IV - fixar os direitos e deveres dos usuários;

V - estabelecer mecanismos de controle social, nos termos do inciso IV do caput do art. 3º da Lei;

VI - estabelecer sistema de informações sobre os serviços, articulado com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento;

VII - intervir e retomar a operação dos serviços delegados, por indicação da entidade reguladora, nos casos e condições previstos em lei e nos documentos contratuais.

Da mesma forma, permite que o titular opte entre exercer a atividade regulatória ou delegá-la ao Estado. Segundo o Art. 23, as atividades administrativas de regulação, inclusive organização, e de fiscalização dos serviços de saneamento básico poderão ser executadas pelo titular. Porém, o exercício da função de regulação deverá atender ao princípio da independência decisória, incluindo a autonomia administrativa, orçamentária e financeira da entidade de regulação; e aos princípios da transparência, tecnicidade, celeridade e objetividade das decisões. Consolidaram-se, assim, as autarquias para a regulação dos serviços de saneamento.

Neste sentido, cabe ao município prestar e organizar os serviços de saneamento ambiental, sendo então o seu titular. O município pode fazê-lo diretamente, associado com outros municípios ou não, através de:

- Autarquia Municipal como, por exemplo, o SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto, em vários municípios do Estado do Ceará;
- Empresa municipal; ou
- Concessão da operação dos serviços pelo município, sob o regime de concessão ou permissão a Empresa Estadual, concessionária estadual, a exemplo da Cagece, que é uma empresa de economia mista onde o maior acionista é o Governo do Estado; ou à Iniciativa privada.

A Lei é regulamentada pelo Decreto 7.217 de 21 de junho de 2010 que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. No Art.2 são definidos os seguintes conceitos:

- planejamento: as atividades atinentes à identificação, qualificação, quantificação, organização e orientação de todas as ações, públicas e privadas, por

meio das quais o serviço público deve ser prestado ou colocado à disposição de forma adequada;

- regulação: todo e qualquer ato que discipline ou organize determinado serviço público, incluindo suas características, padrões de qualidade, impacto socioambiental, direitos e obrigações dos usuários e dos responsáveis por sua oferta ou prestação e fixação e revisão do valor de tarifas e outros preços públicos, para atingir os objetivos do art. 27;

- fiscalização: atividades de acompanhamento, monitoramento, controle ou avaliação, no sentido de garantir o cumprimento de normas e regulamentos editados pelo poder público e a utilização, efetiva ou potencial, do serviço público;

- entidade de regulação: entidade reguladora ou regulador: agência reguladora, consórcio público de regulação, autoridade regulatória, ente regulador, ou qualquer outro órgão ou entidade de direito público que possua competências próprias de natureza regulatória, independência decisória e não acumule funções de prestador dos serviços regulados;

- prestação de serviço público de saneamento básico: atividade, acompanhada ou não de execução de obra, com objetivo de permitir aos usuários acesso a serviço público de saneamento básico com características e padrões de qualidade determinados pela legislação, planejamento ou regulação;

- controle social: conjunto de mecanismos e procedimentos que garantem à sociedade informações, representações técnicas e participação nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento básico;

- titular: o ente da Federação que possua por competência a prestação de serviço público de saneamento básico;

- prestador de serviço público: o órgão ou entidade, inclusive empresa:

- a) do titular, ao qual a lei tenha atribuído competência de prestar serviço público;

ou

- b) ao qual o titular tenha delegado a prestação dos serviços, observado o disposto no art. 10 da Lei no 11.445, de 2007;

- gestão associada: associação voluntária de entes federados, por convênio de cooperação ou consórcio público, conforme disposto no art. 241 da Constituição;
- prestação regionalizada: aquela em que um único prestador atende a dois ou mais titulares, com uniformidade de fiscalização e regulação dos serviços, inclusive de sua remuneração, e com compatibilidade de planejamento;
- serviços públicos de saneamento básico: conjunto dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos, de limpeza urbana, de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e de drenagem e manejo de águas pluviais, bem como infraestruturas destinadas exclusivamente a cada um destes serviços;
- universalização: ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico;
- subsídios: instrumento econômico de política social para viabilizar manutenção e continuidade de serviço público com objetivo de universalizar acesso ao saneamento básico, especialmente para populações e localidades de baixa renda;
 - subsídios diretos: quando destinados a determinados usuários;
 - subsídios indiretos: quando destinados a prestador de serviços públicos;
 - subsídios internos: aqueles concedidos no âmbito territorial de cada titular;
 - subsídios entre localidades: aqueles concedidos nas hipóteses de gestão associada e prestação regional;
 - subsídios tarifários: quando integrarem a estrutura tarifária;
 - subsídios fiscais: quando decorrerem da alocação de recursos orçamentários, inclusive por meio de subvenções;
- localidade de pequeno porte: vilas, aglomerados rurais, povoados, núcleos, lugarejos e aldeias, assim definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE;
- aviso: informação dirigida a usuário pelo prestador dos serviços, com comprovação de recebimento, que tenha como objetivo notificar a interrupção da prestação dos serviços;
- comunicação: informação dirigida a usuários e ao regulador, inclusive por meio de veiculação em mídia impressa ou eletrônica;

- água potável: água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos e químicos atendam ao padrão de potabilidade estabelecido pelas normas do Ministério da Saúde;

- sistema de abastecimento de água: instalação composta por conjunto de infraestruturas, obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do Poder Público;

- soluções individuais: todas e quaisquer soluções alternativas de saneamento básico que atendam a apenas uma unidade de consumo;

- edificação permanente urbana: construção de caráter não transitório, destinada a abrigar atividade humana;

- ligação predial: derivação da água da rede de distribuição ou interligação com o sistema de coleta de esgotos por meio de instalações assentadas na via pública ou em propriedade privada até a instalação predial;

- etapas de eficiência: parâmetros de qualidade de efluentes, a fim de se alcançar progressivamente, por meio do aperfeiçoamento dos sistemas e processos de tratamento, o atendimento às classes dos corpos hídricos; e,

- metas progressivas de corpos hídricos: desdobramento do enquadramento em objetivos de qualidade de água intermediários para corpos receptores, com cronograma pré-estabelecido, a fim de atingir a meta final de enquadramento.

No Art. 23. do mesmo decreto, dispõe-se que o titular dos serviços formulará a respectiva política pública de saneamento básico, como anteriormente destacado.

No Art.24. dispõe-se sobre o processo de planejamento do saneamento básico que envolve: o plano de saneamento básico, elaborado pelo titular; o Plano Nacional de Saneamento Básico - PNSB, elaborado pela União; e os planos regionais de saneamento básico elaborados pela União nos termos do inciso II do art. 52 da Lei no11.445, de 2007.

O planejamento dos serviços públicos de saneamento básico atenderá ao princípio da solidariedade entre os entes da Federação, podendo desenvolver-se mediante cooperação federativa.

Segundo o Art.27 são objetivos da regulação:

- estabelecer padrões e normas para a adequada prestação dos serviços e para a satisfação dos usuários;
- garantir o cumprimento das condições e metas estabelecidas;
- prevenir e reprimir o abuso do poder econômico, ressalvada a competência dos órgãos integrantes do sistema nacional de defesa da concorrência; e
- definir tarifas e outros preços públicos que assegurem tanto o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos, quanto à modicidade tarifária e de outros preços públicos, mediante mecanismos que induzam a eficiência e eficácia dos serviços e que permitam a apropriação social dos ganhos de produtividade.

Compreendem-se nas atividades de regulação dos serviços de saneamento básico a interpretação e a fixação de critérios para execução dos contratos e dos serviços e para correta administração de subsídios.

Cada um dos serviços públicos de saneamento básico pode possuir regulação específica, e as normas de regulação dos serviços serão editadas:

- por legislação do titular, no que se refere aos direitos e obrigações dos usuários e prestadores, bem como às penalidades a que estarão sujeitos; e aos procedimentos e critérios para a atuação das entidades de regulação e de fiscalização;
- por norma da entidade de regulação, no que se refere às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços, que abrangerão, pelo menos padrões e indicadores de qualidade da prestação dos serviços; prazo para os prestadores de serviços comunicarem aos usuários as providências adotadas em face de queixas ou de reclamações relativas aos serviços; requisitos operacionais e de manutenção dos sistemas; metas progressivas de expansão e de qualidade dos serviços e respectivos prazos; regime, estrutura e níveis tarifários, bem como procedimentos e prazos de sua fixação, reajuste e revisão; medição, faturamento e cobrança de serviços; monitoramento dos custos; avaliação da eficiência e eficácia dos serviços prestados; plano de contas e mecanismos de informação, auditoria e certificação; subsídios tarifários e não tarifários; padrões de atendimento ao público e mecanismos de participação e informação; e medidas de contingências e de emergências, inclusive racionamento.

Em caso de gestão associada ou prestação regionalizada dos serviços, os titulares poderão adotar os mesmos critérios econômicos, sociais e técnicos da regulação em toda a área de abrangência da associação ou da prestação.

Assim, as atividades administrativas de regulação, inclusive organização, e de fiscalização dos serviços de saneamento básico poderão ser executadas pelo titular diretamente, mediante órgão ou entidade de sua administração direta ou indireta; ou mediante delegação, por meio de convênio de cooperação, a órgão ou entidade de outro ente da Federação ou a consórcio público do qual não participe, instituído para gestão associada de serviços públicos.

Estabelece também a legislação vigente que os prestadores de serviços públicos de saneamento básico devem fornecer à entidade de regulação todos os dados e informações necessários para desempenho de suas atividades. Deve ser assegurada publicidade aos relatórios, estudos, decisões e instrumentos equivalentes que se refiram à regulação ou à fiscalização dos serviços, bem como aos direitos e deveres dos usuários e prestadores.

O Controle social dos serviços públicos é também garantido pela legislação vigente, cabendo a realização de debates, audiências públicas, consultas, conferências e a participação de órgãos colegiados na formulação de políticas públicas de saneamento básico.

São condições de validade dos contratos que tenham por objeto a prestação de serviços públicos de saneamento básico, além de outras questões já abordadas, a existência de estudo comprovando a viabilidade técnica e econômico-financeira da prestação universal e integral dos serviços e a existência de normas de regulação que prevejam os meios para o cumprimento das diretrizes da Lei no 11.445, de 2007.

A celebração de contratos de concessão e de programa cujos objetos sejam a prestação de serviços de saneamento básico devem prever: prazos e a área a ser atendida, metas progressivas e graduais de expansão dos serviços, de qualidade, de eficiência e de uso racional da água, da energia e de outros recursos naturais, em conformidade com os serviços a serem prestados, prioridades de ação compatíveis com as metas estabelecidas.

No que diz respeito à remuneração pelos serviços prestados, a instituição de taxas ou tarifas e outros preços públicos observará as seguintes diretrizes:

- prioridade para atendimento das funções essenciais relacionadas à saúde pública;
- ampliação do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda aos serviços;
- geração dos recursos necessários para realização dos investimentos, visando o cumprimento das metas e objetivos do planejamento;
- inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos;
- recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência;
- remuneração adequada do capital investido pelos prestadores dos serviços contratados;
- estímulo ao uso de tecnologias modernas e eficientes, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços; e
- incentivo à eficiência dos prestadores dos serviços.

Poderão ser adotados subsídios tarifários e não tarifários para os usuários e localidades que não tenham capacidade de pagamento ou escala econômica suficiente para cobrir o custo integral dos serviços.

A estrutura de remuneração e de cobrança dos serviços poderá levar em consideração os seguintes fatores: capacidade de pagamento dos consumidores; quantidade mínima de consumo ou de utilização do serviço, visando à garantia de objetivos sociais, como a preservação da saúde pública, o adequado atendimento dos usuários de menor renda e a proteção do meio ambiente; custo mínimo necessário para disponibilidade do serviço em quantidade e qualidade adequadas; categorias de usuários, distribuída por faixas ou quantidades crescentes de utilização ou de consumo; ciclos significativos de aumento da demanda dos serviços, em períodos distintos; e padrões de uso ou de qualidade definidos pela regulação.

O modelo tarifário da Cagece leva em consideração o custo dos serviços de água e esgoto, e uma parcela destinada a investimentos. Este custo é representado pelas despesas de pessoal, energia elétrica, material de manutenção, produtos de tratamento, combustíveis, depreciação e uma parcela para fazer frente aos juros e amortizações de financiamentos realizados para implantação de sistemas de água e esgoto.

A estrutura tarifária da Cagece, após aprovada pela Diretoria da Companhia é submetida à aprovação da Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE) e da Autarquia de Serviços Delegados de Fortaleza (ACFOR).

A estrutura tarifária da Cagece adota várias categorias de consumo, com a finalidade principal de subsidiar a tarifa paga pelos clientes com menor poder aquisitivo e de incentivar o consumo consciente, evitando assim o desperdício da água tratada, numa demonstração de preocupação com o meio ambiente.

Atualmente a Companhia conta com 08 categorias, distribuídas por faixas de consumo: Residencial Social; Residencial Popular; Residencial Normal; Comercial Popular; Comercial II; Industrial; Pública; e Entidades Filantrópicas.

O volume faturado de esgoto é correspondente a 80% do volume faturado de água. Isto é, o consumidor usuário da rede de esgoto paga 80% do volume faturado de água pelo serviço de coleta e tratamento do esgoto.

Tabela 1.1. Estrutura Tarifária de Água e Esgoto (valores válidos a partir de junho de 2013)

Categoria	Faixa de Consumo (m³)	Tarifa Água (R\$/m³)	Tarifa Esgoto (R\$/m³)
Residencial Social – Demanda máxima de 10m³	0 a 10	0,74	0,74
Residencial Popular - Demanda mínima de 10m³	0 a 10	1,51	1,51
	11 a 15	2,54	2,54
	16 a 20	2,73	2,73
	21 a 50	4,67	4,67
	> 50	8,24	8,24
Residencial Normal – Demanda mínima de 10m³	0 a 10	2,00	2,21
	11 a 15	2,56	2,82
	16 a 20	2,74	3,01
	21 a 50	4,68	5,15
	> 50	8,24	9,07
Comercial Popular – Demanda mínima de 7m³	0 a 13	2,41	2,65
Comercial II - Demanda mínima de 10m³	0 a 50	5,04	5,55
	> 50	7,72	8,49
Industrial – Demanda mínima de 15m³	0 a 15	4,68	5,15
	16 a 50	5,42	5,96
	> 50	8,24	9,07
Pública – Demanda mínima de 15m³	0 a 15	2,89	3,19
	16 a 50	4,25	4,67
	> 50	6,78	7,46
Entidades Filantrópicas - Demanda mínima de 10m³	0 a 10	1,51	1,51
	11 a 15	2,54	2,54
	16 a 20	2,73	2,73
	21 a 50	4,67	4,67
	> 50	8,24	8,24

Fonte: Cagece, 2013.

A demanda mínima serve para estimular o cliente a consumir um mínimo diário de água, necessário para sua sobrevivência, conforme cálculos da Organização Mundial de Saúde (OMS) para uma família de 05 pessoas.

A seguir apresentam-se exemplos de cálculo do Faturamento.

Tabela 1.2. Demanda de 25m³ de água de 01 unidade residencial normal popular.

Faixa de Demanda	Vazão (m³)	Custo por m³	Custo Total	
00 - 10	10	R\$ 1,51	R\$	15,10
11 - 15	05	R\$ 2,54	R\$	12,70
16 - 20	05	R\$ 2,73	R\$	13,65
21 - 50	05	R\$ 4,67	R\$	23,35
Total	25	-	R\$	64,80

Fonte: Cagece, 2013.

O valor da conta é calculado através de uma tabela progressiva e os valores são definidos por faixa de demanda. Os 25m³ são divididos por faixas de demanda que são calculados considerando os valores correspondentes para cada faixa:

Os primeiros 10m³ são calculados considerando a primeira faixa de demanda no valor de R\$ 1,51 conforme exemplo abaixo:

$$- 10\text{m}^3 \times \text{R\$ } 1,51 = \text{R\$ } 15,10$$

Os 5m³ seguintes são calculados considerando a segunda faixa de demanda no valor de R\$ 2,54:

$$- 5\text{m}^3 \times \text{R\$ } 2,54 = \text{R\$ } 12,70$$

Os próximos 5m³ serão calculados na terceira faixa de demanda no valor de R\$ 2,73:

$$- 5\text{m}^3 \times \text{R\$ } 2,73 = \text{R\$ } 13,65$$

Os 5m³ restantes serão calculados na quarta faixa de demanda no valor de R\$4,31 :

- 5m³ x R\$ 4,67= R\$ 23,35. O total será o somatório dos valores das quatro faixas: TOTAL R\$ (15,10+ 12,70+ 13,65+ 23,35) = 64,80

Tabela 1.3. Demanda de 23m³ de água para 01 unidade residencial (categoria : Residencial popular) e que também tenha esgoto.

Faixa de demanda de água	Volume de água (m ³)	Volume de esgoto - 80% do volume de água (m ³)	Valor por m ³ de água		Valor da fatura de água		Valor por m ³ de esgoto		Valor da fatura de esgoto		Total	
00 a 10	10	10	R\$	1,51	R\$	15,10	R\$	1,51	R\$	15,10	R\$	30,20
11 a 15	5	5	R\$	2,54	R\$	12,70	R\$	2,54	R\$	12,70	R\$	25,40
16 a 20	5	3	R\$	2,73	R\$	13,65	R\$	2,73	R\$	8,19	R\$	21,84
21 a 50	3	0	R\$	4,67	R\$	14,01	R\$	4,67	R\$	-	R\$	14,01
Total	23	18	-		R\$	55,46			R\$	35,99	R\$	91,45

Obs: O volume faturado de esgoto corresponde a 80% do volume faturado de água.

Fonte: Cagece, 2013.

O valor da fatura de água é calculado através de uma tabela progressiva e os valores são definidos por faixa de demanda.

Os 23m³ são divididos por faixas de demanda que são calculados considerando os valores correspondentes para cada faixa.

Os primeiros 10m³ são calculados considerando a primeira faixa de demanda no valor de R\$ 1,51 conforme exemplo abaixo:

$$- 10\text{m}^3 \times \text{R\$ } 1,51 = \text{R\$ } 15,10$$

Os 5m³ seguintes são calculados considerando a segunda faixa de demanda no valor de R\$ 2,54:

$$- 5\text{m}^3 \times \text{R\$ } 2,54 = \text{R\$ } 12,70$$

Os próximos 5m³ serão calculados na terceira faixa de demanda no valor de R\$ 2,73:

$$- 5\text{m}^3 \times \text{R\$ } 2,73 = \text{R\$ } 13,65$$

Os 3m³ restantes serão calculados na quarta faixa de demanda no valor de R\$4,67:

$$- 3\text{m}^3 \times \text{R\$ } 4,67 = \text{R\$ } 14,01.$$

O total da fatura de água será o somatório dos valores das quatro faixas:

$$\text{TOTAL R\$ } (15,10 + 12,70 + 13,65 + 14,01) = 55,46$$

O valor da fatura de esgoto é calculado através de uma tabela progressiva e os valores são definidos por faixa de demanda. O volume faturado de esgoto será correspondente a 80% do volume faturado de água. Vale ressaltar que para o serviço de esgoto a demanda mínima também será reduzida para 80% da demanda mínima de água.

Os 23m³ faturados de água são multiplicados pelo fator 0,80, gerando um volume faturado de esgoto de 18m³ que serão enquadrados nas faixas de demanda existentes, conforme abaixo:

$$23\text{m}^3 \text{ de água} \times 0,80 = 18\text{m}^3 \text{ faturados de esgoto}$$

Os primeiros 10m³ são calculados considerando a primeira faixa de demanda no valor de R\$ 1,51 conforme exemplo abaixo:

$$- 10\text{m}^3 \times \text{R\$ } 1,51 = \text{R\$ } 15,10$$

Os 5m³ seguintes são calculados considerando a segunda faixa de demanda no valor de R\$ 2,54:

$$- 5\text{m}^3 \times \text{R\$ } 2,54 = \text{R\$ } 12,70$$

Os 3m³ restantes serão calculados na terceira faixa de demanda no valor de R\$ 2,73 :

$$- 3\text{m}^3 \times \text{R\$ } 2,73 = \text{R\$ } 8,19.$$

O total da fatura de esgoto será o somatório dos valores das três faixas:

$$\text{TOTAL R\$ } (15,10 + 12,70 + 8,19) = 35,99$$

O valor faturado total dos dois serviços (água + esgoto) será: R\$ 55,46 + R\$ 35,99 = R\$91,45.

Tabela 1.4. Demanda de 25m³ de água de 01 unidade residencial normal.

Faixa de Demanda	Volume (m ³)	Valor por m ³	Total	
00 - 10	10	R\$ 2,00	R\$	20,00
11 - 15	05	R\$ 2,56	R\$	12,80
16 - 20	05	R\$ 2,74	R\$	13,70
21 - 50	05	R\$ 4,68	R\$	23,40
Total	25	-	R\$	69,90

Fonte: Cagece, 2013.

O valor da conta é calculado através de uma tabela progressiva e os valores são definidos por faixa de demanda:

Os 25m³ são divididos por faixas de demanda que são calculados considerando os valores correspondentes para cada faixa:

Os primeiros 10m³ são calculados considerando a primeira faixa de demanda no valor de R\$ 2,00 conforme exemplo abaixo:

$$- 10\text{m}^3 \times \text{R\$ } 2,00 = \text{R\$ } 20,00$$

Os 5m³ seguintes são calculados considerando a segunda faixa de demanda no valor de R\$ 2,56:

$$- 5\text{m}^3 \times \text{R\$ } 2,56 = \text{R\$ } 12,80$$

Os próximos 5m³ serão calculados na terceira faixa de demanda no valor de R\$ 2,74:

$$- 5\text{m}^3 \times \text{R\$ } 2,74 = \text{R\$ } 13,70$$

Os 5m³ restantes serão calculados na quarta faixa de demanda no valor de R\$ 4,68 :

- $5\text{m}^3 \times \text{R\$ } 4,68 = \text{R\$ } 23,40$. O total será o somatório dos valores das quatro faixas:

$$\text{TOTAL R\$ } (20,00 + 12,80 + 13,70 + 23,40) = 69,90$$

Tabela 1.5. Demanda de água de 01 unidade comercial II de 23m^3

Faixa de Demanda	Volume (m^3)	Valor por m^3	Total	
00 - 50	23	R\$ 5,04	R\$	115,92
Total	23	-	R\$	115,92

Fonte: Cagece, 2013.

Tabela 1.6. Demanda de água de 01 unidade comercial II de 60m^3

Faixa de Demanda	Volume (m^3)	Valor por m^3	Total
00 - 50	50	R\$ 5,04	R\$ 252,00
Acima de 50	10	R\$ 7,72	R\$ 77,20
Total	60	-	R\$ 329,20

Fonte: Cagece, 2013.

Tabela 1.7. Demanda de 300m^3 de água para 15 apartamentos residenciais (categoria: normal).

Faixa de Demanda	Volume (m^3)	Valor por (m^3)	Total	
00 - 10	10	R\$ 2,00	R\$	20,00
11 - 15	05	R\$ 2,56	R\$	12,80
16 - 20	05	R\$ 2,74	R\$	13,70
Total	20	-	R\$	46,50

Fonte: Cagece, 2013.

Para saber a demanda por unidade divide-se o valor total consumido pela quantidade de unidades residenciais. No exemplo abaixo considera-se 300m^3 a serem divididos entre os 15 apartamentos, resultando em um consumo de 20m^3 por unidade. Consumo por unidade: $300 / 15 = 20\text{m}^3$.

Valor Total da conta: $\text{R\$ } 46,50 \times 15 = \text{R\$ } 697,50$.

Tabela 1.8. Demanda de 01 Condomínio de 460m^3 de água para 15 apartamentos residenciais (categoria : normal) e 5 unidades comerciais.

Categoria	Min. m^3	Unidades	Total m^3
Residencial	10	15	150
Comercial	10	05	50
Total	20	-	200

Fonte: Cagece, 2013.

Neste caso devemos subtrair da demanda total o equivalente à demanda mínima da categoria e o restante dividir pelo total de unidades.

A demanda total foi de 460m³ menos a demanda mínima de 200m³ temos uma diferença de 260m³ que dividido por 20 unidades resulta em 13m³ de excesso para cada unidade.

Demanda por unidade residencial = 23m³ (10m³ demanda mínima + 13m³do excesso).

Tabela 1.9. Demanda por unidade comercial = 23m³ (10m³ demanda mínima + 13m³ do excesso).

Valor por unidade Residencial normal.			
Faixa de Demanda	Volume (m ³)	Valor m ³	Total
00 - 10	10	R\$ 2,00	R\$ 20,00
11 - 15	05	R\$ 2,56	R\$ 12,80
16 - 20	05	R\$ 2,74	R\$ 13,70
R\$ 14,04			
Total	23	-	R\$ 60,54

Fonte: Cagece, 2013.

Tabela 10. Valor das unidades residenciais: R\$ 60,54 x 15 unidades residenciais = R\$ 908,10

Valor por unidade Comercial.			
Faixa de Demanda	Volume (m ³)	Valor por m ³	Total
00 - 50	23	R\$ 5,04	R\$ 115,92
Total	23	-	R\$ 115,92

Fonte: Cagece, 2013.

Valor das unidades comerciais: R\$ 115,92 x 5 unidades comerciais = R\$ 579,60

Valor Total da conta: R\$ 908,10 + 579,60 = R\$ 1.487,70

2. MECANISMOS DE COOPERAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES ENTES FEDERADOS

2. MECANISMOS DE COOPERAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES ENTES FEDERADOS

Dentre os mecanismos de cooperação entre os diferentes entes federados destaca-se o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e outros instrumentos que serão objeto de análise específica neste relatório.

Antes de abordar os mecanismos de cooperação, é preciso destacar que os serviços públicos de saneamento básico, entre os quais estão o abastecimento público de água e o esgotamento sanitário são considerados de interesse local.

Cada vez mais frequentemente, estabelecem-se interligações entre Municípios das regiões metropolitanas, formando consórcios ou sistemas integrados, sendo que na RMF a adução das águas brutas é realizada pelo Estado, através da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) e a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH).

Cabe destacar que a RMF se insere numa paisagem litorânea composta por um conjunto de Bacias de pequeno e médio porte.

Estas bacias representam a principal fonte oferta hídrica superficial. O conjunto é formado por 16 unidades hidrográficas (conforme Tabela 2.1), distribuídas por 31 municípios cearenses localizados na RMF e suas vizinhanças, conforme Tabelas 2.2 e 2.3, na porção nordeste do Estado do Ceará.

Tabela 2.1 - Bacias pertencentes à Região Hidrográfica Metropolitana de Fortaleza

Bacias pertencentes à Região Hidrográfica Metropolitana de Fortaleza	
1	São Gonçalo
2	Gereraú
3	Cahuípe
4	Juá
5	Ceará
6	Maranguape
7	Cocó
8	Coaçu
9	Pacoti
10	Catu
11	Caponga Funda
12	Caponga Roseira
13	Malcozinhado
14	Uruaú
15	Pirangi
16	Faixas Litorâneas de Escoamento Difuso (FLED)

Fonte: SRH / COGER, 2010.

As bacias encontram-se posicionadas no sentido oeste-leste, constituídas pelos rios: São Gonçalo, Gereraú, Cahuípe, Juá, Ceará / Maranguape, Cocó / Coaçu, Pacoti, Catu, Caponga Funda, Caponga Roseira, Malcozinhado, Uruaú, Pirangi e o Fluxo de Escoamento Difuso (FLED). Destas, apenas as bacias do Pirangi, Choró, Pacoti, São Gonçalo e os Sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu são hidrologicamente mais representativos, sendo os demais restritos a zona costeira.

A área total ocupada por este conjunto de unidades hidrográficas é de pouco mais de 15.000km², correspondente a cerca de 10% do território cearense, sendo que é nesta área que se encontra o mais importante centro consumidor de água - a Região Metropolitana de Fortaleza.

Historicamente, o abastecimento de água da RMF sofre crises, onde a disponibilidade hídrica foi insuficiente para o atendimento da população, necessitando importar água de outras bacias hidrográficas do Estado do Ceará.

A última grande crise de abastecimento ocorreu em 1993, quando foi necessário transpor águas da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, através do Canal do Trabalhador, última grande obra executada sob emergência hídrica no estado.

Atualmente este tipo de transposição é usual e, como se verá mais adiante, as soluções encontradas conferiram grande segurança hídrica à região que, secularmente sofria déficits hídricos.

Tabela 2.2 - Municípios da Região Hidrográfica Metropolitana de Fortaleza, incluídos na RMF

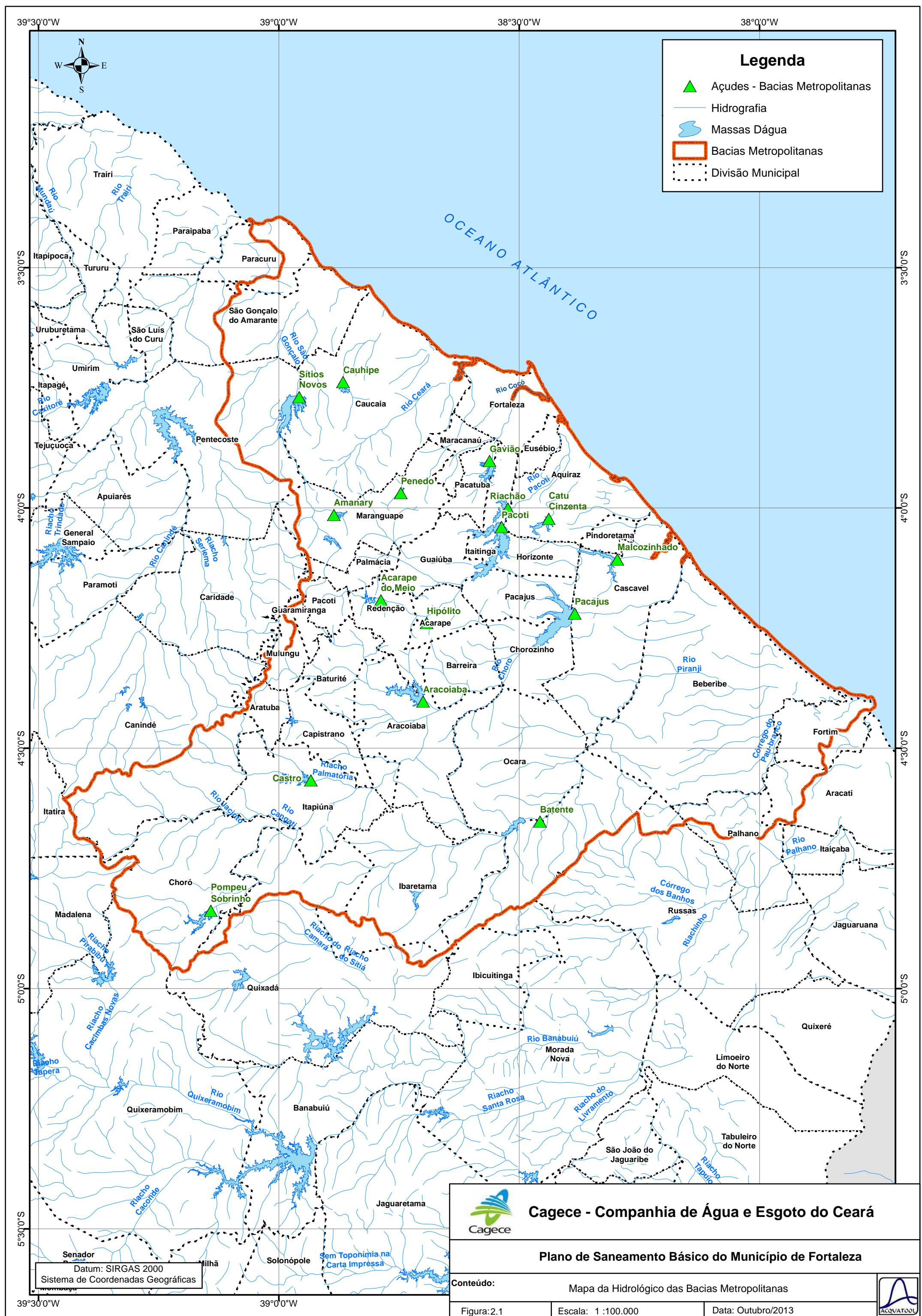
Municípios Região Hidrográfica Metropolitana de Fortaleza, incluídos na RMF	
1	Fortaleza
2	Caucaia
3	Maranguape
4	Aquiraz
5	Pacatuba
6	Maracanaú
7	Eusébio
8	Guaiúba
9	Itaitinga
10	Pacajús
11	Horizonte
12	São Gonçalo do Amarante
13	Chorozinho
14	Pindoretama
15	Cascavel

Tabela 2.3 - Demais Municípios da Região Hidrográfica Metropolitana de Fortaleza

Demais Municípios da Região Hidrográfica Metropolitana de Fortaleza	
1	Barreira
2	Acarape
3	Redenção
4	Baturité
5	Pacoti
6	Palmácia
7	Guaramiranga
8	Mulungu
9	Aratuba
10	Capistrano
11	Aracoiaba
12	Itapiúna
13	Choró
14	Ocara
15	Ibaretama
16	Beberibe

Fonte: SRH / COGER, 2010.

As Bacias Metropolitanas englobam 18 reservatórios, dos quais 14 se destacam por apresentar capacidade de acumulação maior que 10 milhões de metros cúbicos. Os demais reservatórios, com capacidade de acumulação inferior aos 10 hm³, têm como principal função a acumulação de volumes de água que ficam estocados após a estação chuvosa (de fevereiro a maio), para serem depois utilizados na estação seca (demais meses) do mesmo ano. Não apresentam, portanto, porte suficiente de reservas interanuais, pois, quando da ocorrência de anos consecutivos de estiagem, tais reservatórios não apresentam volumes para o atendimento às demandas.



A Tabela 2.4 lista os principais reservatórios localizados no conjunto de Bacias Metropolitanas, juntamente com suas capacidades de acumulação de água. Já a Figura 2.1 mostra um mapa da Região Hidrográfica Metropolitana, indicando rede hidrográfica e principais reservatórios. O monitoramento destes reservatórios é realizado pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará – COGERH.

Tabela 2.4. Lista dos principais reservatórios presentes no conjunto das Bacias Metropolitanas e suas capacidades de acumulação

Reservatório	Município	Capacidade de Acumulação (m³)	Reservatório	Município	Capacidade de Acumulação (m³)
Acarape do Meio	Redenção	31.500.000	Malcozinhado	Cascavel	37.800.000
Amanary	Maranguape	11.300.000	Pacajus	Pacajus	240.000.000
Aracoiaba	Aracoiaba	175.000.000	Pacoti	Horizonte	380.000.000
Batente	Ocara	52.692.750	Penedo	Maranguape	2.414.000
Castro	Itapiúna	63.900.000	Pesqueiro	Capistrano	9.030.688
Catucinzenta	Aquiraz	27.100.000	Pompeu Sobrinho	Choró	143.000.000
Cauhipe	Caucaia	12.000.000	Riachão	Itaitinga	40.600.000
Gavião	Pacatuba	29.500.000	Sítios Novos	Caucaia	123.240.000
Itapebussu	Maranguape	8.800.000	Tijuquinha	Baturité	881.235

Fonte: SRH / COGER, 2010.

A avaliação da disponibilidade hídrica de um dado reservatório pode ser realizada mediante a resolução da chamada equação do balanço hídrico, a qual contabiliza todas as afluições ou aportes aos reservatórios, bem como todas as retiradas ou eventuais vertimentos / evaporações. Essa equação tem, em geral, a seguinte formulação:

$$V_{r_i} = V_{r_{i-1}} + V_{a_i} + V_{p_i} - V_{e_i} - V_{v_i} - Q_{ab_i}$$

com:

V_{r_i} = volume armazenado no mês i

$V_{r_{i-1}}$ = volume armazenado no mês i-1

V_{a_i} = volume afluyente ao reservatório no mês i

V_{p_i} = volume precipitado diretamente sobre o espelho d'água no mês i

V_{e_i} = volume evaporado no reservatório no mês i

V_{v_i} = volume vertido no mês i

Q_{ab_i} = volume regularizado ou retirado no mês i

No caso de simulação integrada do sistema, onde a topologia dos reservatórios é considerada, os eventuais volumes vertidos por um dado reservatório, geralmente se constituem em volumes afluentes a reservatórios localizados a jusante. Nesse caso, a equação do balanço hídrico adquire a seguinte forma:

$$V_{r_i} = V_{r_{i-1}} + V_{a_i} + V_{p_i} + V_{vm_i} - V_{e_i} - V_{v_i} - Q_{ab_i}$$

onde:

V_{vm_i} = volume vertido a montante no mês i;

O procedimento de simulação da operação de um reservatório consiste, portanto, na solução da equação apresentada acima para cada um dos períodos (meses) da simulação. Durante a solução das referidas equações podem ser consideradas, ainda, as seguintes hipóteses:

Quando V_{r_i} ultrapassa a capacidade máxima do reservatório:

$V_{v_i} > Q_{ab_i}$, tem-se que $Q_{ab_i} = 0$

$V_{v_i} < Q_{ab_i}$, tem-se que $Q_{ab_i} = Q_{ab_i} - V_{v_i}$

Quando o reservatório em um dado mês não conseguir suprir a vazão retirada, vale então para esses meses:

$$Q_{ab_i}' < Q_{ab_i}$$

Com:

Q_{ab_i}' = vazão retirada nos meses secos extremos

Quando ocorre o segundo caso, denomina-se falha do reservatório no suprimento. A garantia de abastecimento (g) para certa vazão regularizada pré-fixada é dada pela relação entre o número de falhas anotadas no período de simulação (nv) e o número de períodos simulados (n):

$$g = \left(1 - \frac{nv}{n}\right) * 100$$

A solução da equação do balanço hídrico e o correspondente cálculo de “g” para uma faixa de valores de vazão regularizada permitem o estabelecimento da chamada curva de garantia, curva esta que relaciona vazão regularizada com níveis de garantia.

O nível de garantia adotado usualmente em estudos hidrológicos para fins hidroagrícolas no Brasil é de 90%, sendo de 95% para fins energéticos, e de 99 a 100% para fins de abastecimento humano e industrial.

Deve-se ficar claro que o conceito de vazão regularizada com garantia de 100% é controverso, uma vez que o cálculo da vazão regularizada está diretamente associado a uma série cronológica de eventos (no caso, vazões afluentes). Assim, um simples incremento temporal nas séries, como por exemplo, a inclusão ou exclusão de mais uma década de dados, ou até mesmo de um ano atípico, provavelmente modificará o valor de vazão regularizada dito como de garantia de 100%.

Neste sentido, recomenda-se utilizar o conceito de vazão regularizada firme, como aquela associada a uma garantia de 99% que, para um passo de tempo de simulação mensal, significaria assumir um risco de que em dez anos de operação do reservatório, ou sistema integrado de reservatórios, aproximadamente em apenas 1,2 meses não se conseguiria ofertar toda a vazão regularizada, previamente determinada. Ainda assim, dado ao curto período de tempo que o sistema falharia, seria bem possível ajustar-se uma regra de operação momentânea, por parte dos órgãos gestores do sistema, a fim de se evitar o colapso no abastecimento.

Esta recomendação decorre de observações empíricas de que as vazões regularizadas com 100% de garantia podem ser, em alguns casos, sensivelmente inferiores aos valores das vazões regularizadas, calculadas para garantias de 99%. Estes resultados são fortemente influenciados pelo fato de que as vazões regularizadas com garantia de 100% são pontos atípicos da curva *Vazão versus Garantia*.

Uma outra forma de operar os reservatórios é considerando o conceito de “volume de alerta”, que corresponde ao volume a partir do qual apenas um percentual da vazão regularizada pode ser retirado. A introdução desse conceito na regra de operação resulta em:

$$Q_{ab_i} = \begin{cases} Q_r \Leftrightarrow V_{i+1} \geq V_a \\ \%Q_r \Leftrightarrow V_a \geq V_i \geq V_{\min} \\ 0 \Leftrightarrow \left[V_i + Q_a - E_i \left(\frac{A_i + A_{i+1}}{2} \right) \right] \leq V_{\min} \\ Q_v < \%Q_r \Leftrightarrow V_{i+1} \geq V_{\min} \end{cases}$$

$$V_{i+1} \leq V_{\max} \rightarrow i=1,2,\dots,n$$

Onde:

V_{i+1} , V_i , A_{i+1} , A_i são, respectivamente, os volumes e as áreas do espelho d'água do reservatório para os instantes de tempo i e $i+1$ da simulação; Q_{ab_i} é a vazão retirada; E_i é a parcela de evaporação; Q_{a_i} é a vazão afluente ao reservatório, todas respectivamente no intervalo de tempo i da simulação, V_{\min} e V_{\max} , respectivamente o volume mínimo operacional e a capacidade máxima do reservatório; Q_v , a vazão de falhas e “ n ” o número de intervalos de tempo simulados.

No presente trabalho, será utilizado o conceito de volume de alerta para a determinação de vazão regularizada associada aos reservatórios de forma que essa vazão possa ser garantida em 90% e 95% dos meses simulados, sendo aos 10% e 5% restantes, fornecida 50% dessa vazão com, praticamente, nenhuma falhas.

Modelo de Simulação Adotado: O Programa Acqua

O software ACQUA – Módulo de Análise e Previsão, desenvolvido pela equipe de engenheiros da Acquatool Consultoria, foi elaborado na Linguagem de Programação Visual Basic 6.0, linguagem esta desenvolvida a partir da linguagem BASIC (Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code). Tal linguagem caracteriza-se por sua boa interface gráfica e eficiência computacional, sendo a linguagem de programação de apoio adotada pelos mais variados programas de uso corriqueiro em engenharia (AutoCad, Access, Excel, Word, dentre outros).

O programa ACQUA foi desenvolvido objetivando auxiliar a tomada de decisão, por parte dos órgãos gestores dos recursos hídricos, no tocante ao uso das águas armazenadas nos reservatórios. Para tanto, fez-se necessário:

- Desenvolvimento de rotinas para a determinação do Binômio Vazão Regularizada x Garantia e sub-rotinas para a análise de volumes de alerta;

- Desenvolvimento de rotinas para a determinação do esgotamento dos reservatórios, considerando um determinado padrão de afluência e de retirada, e o volume inicial do reservatório;
- Desenvolvimento de uma eficiente máscara gráfica capaz de se sobrepor às pesadas rotinas de banco de dados e de análise, tornando simples e intuitiva a utilização do programa;

As rotinas matemáticas e de programação foram desenvolvidas objetivando minimizar o tempo computacional, associado à obtenção de bons resultados do ponto de vista da engenharia.

Determinação do Binômio Vazão Regularizada x Garantia

O módulo de determinação do Binômio Vazão Regularizada x Garantia do programa ACQUA é capaz de determinar, para um dado reservatório:

1 - Vazão regularizada em função de uma determinada garantia.

2 - Garantia em função de uma determinada vazão regularizada.

De acordo com as considerações de simulação dos reservatórios, onde o reservatório ativo e os montantes do mesmo, determina-se quais serão simulados, a garantia ou vazão regularizada esperada, e a existência ou não de volume de alerta.

Para a determinação da garantia em função da vazão regularizada, sem volume de alerta, aplicou-se diretamente os conceitos sobre a Equação do Balanço Hídrico.

Para os demais casos, aplicou-se um processo iterativo onde, adota-se um valor inicial para a vazão regularizada e para o volume de alerta, quando necessário, e determina-se a garantia. Se a garantia obtida não for satisfatória, altera-se a vazão regularizada e o volume de alerta, quando necessário. Repete-se o procedimento acima até que a garantia obtida seja admissível.

O programa ACQUA inicia o procedimento de cálculo a partir do reservatório mais a montante, simulando-o de acordo com as configurações pré-determinadas, gerando vazões vertidas que são acrescidas aos reservatórios de jusante.

Deve-se, ainda, observar as seguintes considerações de cálculo:

a) Caso se opte por desabilitar um reservatório, a área de contribuição controlada pelo mesmo é acrescida automaticamente à área de contribuição do reservatório imediatamente à jusante.

b) Para efeito de cálculo, adota-se o volume inicial para a simulação igual à metade do volume útil acrescida do volume mínimo do reservatório como se segue:

$$V_{ini} = \left(\frac{V_{máx} - V_{mín}}{2} \right) + V_{mín}$$

Onde:

V_{ini} = Volume inicial de cálculo

V_{max} = Volume máximo do reservatório

V_{min} = Volume mínimo do reservatório

c) Na determinação da vazão regularizada em função de uma determinada garantia deve-se observar, em geral, que não é possível chegar ao exato valor especificado da garantia, sendo, portanto, necessária à introdução de uma faixa de solução admissível. Quanto maior a faixa de solução mais rápida é a convergência, porém, os resultados se tornam menos acurados. Após intensivos estudos limitou-se o resultado a uma diferença máxima de 0,3% para mais e para menos.

Máscara Gráfica

A máscara gráfica desenvolvida para o programa ACQUA tem como principais características:

- a) Desenvolvido em ambiente Windows;
- b) Uso simples e intuitivo;
- c) Utilização de bases gráficas representativas da Bacia hidrográfica estudada;
- d) Banco de dados dos reservatórios;
- e) Apresentação dos resultados das simulações na tela do computador (numérico e gráfico);
- f) Geração de arquivos texto com dados dos reservatórios e das análises realizadas.

Vazões Regularizadas

Como fonte de informação das Vazões Regularizadas reservatórios foi utilizado o “Estudo de Atualização e Detalhamento do Cálculo do Custo da Água Bruta Disponibilizada por Reservatórios Localizados no Nordeste Setentrional”, de autoria da equipe técnica da empresa Acquatool Consultoria, sob contrato com a Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE).

O referido estudo abrangeu as bacias hidrográficas sujeitas a receber as águas da Transposição do Rio São Francisco, através dos eixos Norte e Leste, quais sejam: bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, conjunto de bacias da região metropolitana de Fortaleza / CE, bacias hidrográficas dos rios Apodi, Piranhas-Açu e Paraíba, conjunto de bacias litorâneas dos Estados da Paraíba e Pernambuco (região de zona da mata), conjunto de bacias hidrográficas do agreste e sertão pernambucano, inclusive margem esquerda do rio São Francisco.

Ao todo, no “Estudo de Atualização e Detalhamento do Cálculo do Custo da Água Bruta Disponibilizada por Reservatórios Localizados no Nordeste Setentrional” foram contemplados 331 reservatórios, sendo 300 existentes e 31 projetados ou com eixo identificado. Destas, 92 situam-se no Estado do Ceará, 130 reservatórios estão na Paraíba, 62 reservatórios em Pernambuco e 47 localizam-se no Estado do Rio Grande do Norte.

Este conjunto de reservatórios tem capacidade de acumular um volume de 28.385hm³, sendo 90% deste total referente a barragens existentes, e os 10% restantes correspondentes a barragens em implantação, projetadas ou com EVTEA¹ favorável.

A Tabela 2.5 apresenta os dados hidrológicos básicos e valores de vazões regularizadas para os principais reservatórios que abastecem a RMF.

Observa-se que, levando em conta o conceito de “vazão firme”, conforme já explicado anteriormente, os principais reservatórios das bacias metropolitanas apresentam uma capacidade de oferta hídrica de 8,6 m³/s, aproximadamente, com 99% de garantia.

Entretanto, este potencial hídrico local se encontra totalmente comprometido com o abastecimento da Região Metropolitana (RMF), sendo as bacias de Pacoti, Choró e Cocó as que mais contribuem para o abastecimento de água de Fortaleza.

¹ Estudo de Viabilidade Técnico Econômica e Ambiental

Tabela 2.5. Dados hidrológicos básicos e valores de vazões regularizadas para os principais reservatórios das bacias hidrográficas metropolitanas

Reservatório	Sub-Bacia Hidrográfica	Capacidade (1.000m³)	Área da bacia ã controlada (Km²)	Prec. Média (mm)	Deflúvio Médio (mm)	C.E.	C.V. dos Deflúvios	Vazão Regularizada (L/s)				
								90%, Sem Vol. de Alerta	90%, Com Vol. de Alerta	95%, Sem Vol. de Alerta	95%, Com Vol. de Alerta	99%, Sem Vol. de Alerta
Acarape do Meio	Pacoti	31.500,0	205,8	1.255,8	339,1	27,0%	0,83	810	482	612	440	464
Amanary	São Gonçalo	11.300,0	30,6	991,9	132,1	13,3%	1,07	85	66	73	62	62
Aracoiaba	Choró	175.000,0	587,5	1.003,6	171,6	17,1%	1,05	1.524	591	992	652	632
Batente	Pirangi	52.692,8	1.444,5	784,6	55,2	7,0%	1,75	124	-	63	-	22
Castro	Choró	63.900,0	361,5	818,5	78,5	9,6%	1,13	158	84	114	78	85
Catu Cinzento	Catu	27.100,0	70,2	1.067,7	120,4	11,3%	1,04	224	180	191	162	155
Cauhipe	Cauhipe	12.000,0	92,3	1.158,3	210,8	18,2%	1,16	257	189	216	166	175
Gavião	Cocó	29.500,0	95,5	1.279,7	355,1	27,7%	0,89	547	404	464	357	362
Malcozinhado	Malcozinhado	37.800,0	251,4	1.096,1	196,7	17,9%	0,94	632	436	525	406	386
Pacajus	Choró	240.000,0	3.231,4	822,0	79,7	9,7%	1,31	3.408	2.544	2.977	2.328	2.284
Pacoti-Riachão	Pacoti	420.600,0	881,6	1.081,8	191,7	17,7%	1,01	4.727	3.725	4.042	3.455	3.261
Pompeu Sobrinho	Choró	143.000,0	320,6	740,1	50,6	6,8%	1,46	211	77	155	59	85
Sítios Novos	São Gonçalo	123.240,0	411,6	956,5	121,6	12,7%	1,10	1.062	727	927	694	673
TOTAL BACIAS METROPOLITANAS		1.367.632,8	7.984,5	892,8	111,1	12,4%	1,29	13.770	9.505	11.350	8.859	8.646

Fonte: SRH / COGERH, 2013



Transposição das Águas do Rio Jaguaribe

Como alternativa à exaustão da oferta hídrica das bacias metropolitanas, recorreu-se às águas disponíveis em bacias hidrográficas vizinhas, encontrando-se na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe a principal fonte de oferta hídrica para as crescentes demandas da RMF.

A oferta hídrica advinda do rio Jaguaribe foi suprida até recente com base no reservatório Orós, sendo que a partir da construção do reservatório Castanhão, este último passou a desenvolver a função de complementar a oferta hídrica necessária para atender a demanda hídrica da RMF.

Além destes dois reservatórios, que são os dois maiores do Estado do Ceará, onde o Orós apresenta uma capacidade de acumulação de 1.940 hm³ e o Castanhão uma capacidade de acumulação de 4.452 hm³ para regularizar vazões (a capacidade total do reservatório Castanhão é de 6.700 hm³, sendo que cerca de 2.200 hm³ são alocados como volume de espera para controle de cheias), a RMF pode contar ainda com as vazões regularizadas dos reservatórios Banabuiú (1.601 hm³ de capacidade de acumulação) e Pedras Brancas (434 hm³ de capacidade de acumulação), ambos localizados, também, na bacia do rio Jaguaribe.

A Tabela 2.6 apresenta as principais características hidrológicas e vazões regularizadas destes quatro reservatórios.

Tabela 2.6. Dados hidrológicos básicos e valores de vazões regularizadas para os reservatórios Castanhão, Orós, Banabuiú e Pedras Brancas

Reservatório	Sub-Bacia Hidrográfica	Capacidade (1.000m ³)	Área da bacia ñ controlada (Km ²)	Prec. Média (mm)	Deflúvio Médio (mm)	C.E.	C.V. dos Deflúvios	Vazão Regularizada (L/s)				
								90% Sem Vol. de Alerta	90% Com Vol. de Alerta	95% Sem Vol. de Alerta	95% Com Vol. de Alerta	99% Sem Vol. de Alerta
Castanhão	Médio/Baixo Jaguaribe	4.451.600,0	14.474,7	823,8	59,7	7,3%	1,31	24.509	19.697	21.161	18.408	18.165
Orós	Alto Jaguaribe	1.940.000,0	10.179,0	701,8	43,3	6,2%	1,28	16.426	12.139	14.182	11.800	11.073
Banabuiú	Banabuiú	1.601.000,0	4.422,5	680,1	51,4	7,6%	1,28	7.290	6.031	6.125	5.444	5.029
Pedras Brancas	Banabuiú	434.051,0	1.706,4	724,5	75,8	10,5%	1,29	2.284	1.650	1.836	1.484	1.481
TOTAL		8.426.651,0	30.782,6	757,3	54,0	7,1%	1,29	50.509	39.517	43.304	37.136	35.748

Fonte: SRH / COGERH, 2013

Como se pode observar, a oferta hídrica “firme” disponível no Jaguaribe chega a mais de 35 m³/s, ou seja, é mais quatro (4) vezes superior a “vazão firme” local dos reservatórios das bacias metropolitanas.

Transposição das Águas do Rio São Francisco

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional é um empreendimento do Governo Federal, sob a responsabilidade do Ministério da Integração Nacional. Tem como objetivo assegurar a oferta hídrica para 12 milhões de habitantes de 391 municípios do Agreste e do Sertão dos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte.

A integração do rio São Francisco às bacias dos rios temporários do Semiárido será possível com uma retirada mínima contínua de 26,4 m³/s de água, o equivalente a apenas 1,42% da vazão garantida pela barragem de Sobradinho (1.850 m³/s), sendo que 16,4 m³/s (0,88%) seguirão para o Eixo Norte e 10 m³/s (0,54%) para o Eixo Leste.

Nos períodos em que o reservatório de Sobradinho estiver vertendo, a captação máxima captado poderá ser ampliado para até 127 m³/s, aumentando a oferta de água para múltiplos usos.

As bacias que receberão as águas do rio São Francisco no Ceará, inicialmente, as do Jaguaribe e Metropolitanas, recebidas de forma gravitatoria nos reservatórios de Atalho e Castanhão e mediante novos bombeamentos para praticamente todos os reservatórios do sistema metropolitano.

A Integração do rio São Francisco também levará água para os sertões de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, se constituindo numa das obras hídricas de adução mais importantes já projetadas no país, com mais de 700 km, de desenvolvimento linear entre os pontos de captação de águas, no Rio São Francisco e os principais centros de demanda, como a Região Metropolitana de Fortaleza.

O projeto de Integração do rio São Francisco prevê, para o Eixo Norte, que atenderá o Ceará, uma vazão máxima de 99 m³ /s e uma vazão mínima de operação de 16,4 m³/s.

A engenharia do Projeto de Integração consiste em canais trapezoidais, revestidos internamente por concreto de fase assente numa membrana plástica impermeável. As travessias de rios serão feitas mediante aquedutos e túneis, as quais foram projetadas para transpor locais onde as escavações superariam os 30m de profundidade, como também a ultrapassagem de áreas com altitude mais elevadas. Já para vencer o desnível do terreno, quando este for desfavorável, ao longo dos

percursos dos canais, e nos locais de captação estão sendo implantadas 9 estações de bombeamento: 3 (três) no Eixo Norte, com elevação geométrica total de 180m, e 6 (seis) no Eixo Leste, vencendo uma diferença geométrica de 300m.

Ao longo dos eixos principais e dos ramais foram previstas 30 novas barragens para desempenharem a função de reservatórios de compensação, o que permitirá que o fluxo de água nos canais, mesmo durante as horas do dia em que as estações de bombeamento estiverem desligadas, permitindo que as bombas fiquem desligadas durante várias horas do dia reduzir os custos com energia.

Nos anos de 2011 e 2012 as obras de transposição do Rio São Francisco ficaram paralisadas durante longos períodos, sendo recentemente retomadas com ritmo normal na maioria dos lotes em construção, inclusive no contempla a entrada das águas no Ceará: município de Jati, localizado no extremo sul do Estado.

A conclusão das obras que aduzirão águas para o Ceará é considerado estratégico pelo governo federal sendo muito provavelmente o primeiro a entrar em operação. As obras, que com previsão de entrega em 2012 tiveram seus prazos de execução aditados em três anos e o valor das obras aumentou em 80%. De acordo com o Ministério da Integração Nacional, as obras devem estar prontas entre setembro de 2014 e janeiro de 2015.

Com o Projeto de Integração do Rio São Francisco, os grandes reservatórios, como é o caso do Castanhão no Ceará, passarão a oferecer maior garantia para o fornecimento de água aos diversos usos das populações. Nos Estados beneficiados com o projeto, vários sistemas de distribuição estão operando, encontram-se em obras ou estão em fase de estudos, com o objetivo de levar água destes reservatórios estratégicos para suprir cidades e perímetros de agricultura irrigada.

No Estado do Ceará, o sistema de reservatórios que abastece a Região Metropolitana de Fortaleza - RMF (reservatórios Pacajus, Pacoti, Riachão e Gavião) já está interligado ao rio Jaguaribe através do Canal do Trabalhador (capacidade de 5 m³/s). Em função da necessidade de se levar mais água da bacia do Jaguaribe para a RMF, o Governo do Estado já construiu um Canal da Integração (capacidade de 22 m³/s), interligando o reservatório Castanhão às bacias do Banabuiú (maior afluente do rio Jaguaribe) e as Bacias Metropolitanas.

No Estado do Ceará, os principais benefícios serão:

- o aumento da garantia da oferta hídrica proporcionada pelos maiores reservatórios estaduais (Castanhão, Orós e Banabuiú) que operados de forma integrada com os reservatórios Pacajus, Pacoti, Riachão e Gavião fornecem água para os diversos usos da maior parte da população das bacias do Jaguaribe e Metropolitanas (5 milhões de habitantes de 56 municípios, em 2025);
- a redução do conflito existente entre a bacia do Jaguaribe e as bacias Metropolitanas, em função do progressivo aumento das transferências de água para o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza que possui uma disponibilidade hídrica per capita de apenas 90 m³/hab/ano;
- uma melhor e mais justa distribuição espacial da água ofertada pelos reservatórios Orós e Banabuiú, beneficiando populações do Sertão Cearense, uma vez que com o Projeto de Integração do São Francisco estes reservatórios estariam aliviados do atendimento de parte das demandas do Médio e Baixo Jaguaribe e da Região Metropolitana de Fortaleza;
- a perenização do rio Salgado, estabelecendo uma fonte hídrica permanente para o abastecimento da segunda região mais povoada do Estado, o Cariri Cearense (cerca de 500 mil habitantes).

INFRAESTRUTURA EXISTENTE E PROJETADA PARA ADUÇÃO

Canal do Trabalhador

Trata-se de um canal artificial construído de forma emergencial, com 113km de extensão. Sua finalidade foi evitar, em 1993, o iminente e sério risco de colapso do abastecimento de água na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). No município de Itaiçaba, o canal capta águas que escoam pelo leito do rio Jaguaribe, no seu trecho inferior, à época provenientes do Reservatório Orós, conduzindo as mesmas até o Reservatório Gavião, passando pelos reservatórios de Pacajus, Ereré, Pacoti e Riachão.

A capacidade nominal do canal é de 5 m³/s, atravessando os municípios de Itaiçaba, Palhano, Cascavel e Pacajus.

Conforme a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), responsável pela operação do Canal do Trabalhador, a estrutura opera hoje com

apenas um conjunto eletrobomba, recalcando uma vazão de até 0,5 m³/s. O canal atende a uma população com cerca de 24 mil pessoas que habita distritos localizados ao longo do canal, além de servir para irrigar uma área de aproximadamente 1.500 ha de pequenas propriedades e agricultura familiar.

Ao longo do tempo ocorreu assoreamento do leito do canal, o que dificulta constantemente a adução do bombeamento máximo previsto.

Atualmente o canal não aporta águas para abastecimento da RMF, sendo aproveitado para irrigação de unidades de pequeno e médio porte. A empresa Itaueira, por exemplo, emprega 700 pessoas diretamente para produzir frutas como melão, melancia, coco e manga.

Atualmente, em condições normais, a adução das águas do rio Jaguaribe para as bacias metropolitanas de Fortaleza ocorre mediante o denominado Canal da Integração ou "Eixão das Águas" a ser descrito a seguir.

Canal da Integração – "Eixão das Águas"

O "Eixão", como é usualmente denominada esta obra, é um complexo de estações de bombeamento, canais, sifões, adutoras e túneis que permitem aduzir as águas do Reservatório Castanhão (bacia hidrográfica do rio Jaguaribe) para reforçar o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza, inclusive com pontos de entrega de vazões expressivas ao longo de todos os distritos industriais da região e, particularmente, abastecendo o Complexo Portuário e Industrial do Pecém.

Sua construção possibilitou o surgimento de um pólo de desenvolvimento hidroagrícola nas áreas de tabuleiro da bacia do Rio Jaguaribe, promovendo o atendimento a projetos de irrigação no decorrer de seu traçado, como o Projeto Tabuleiros de Russas, já em operação, beneficiando mais de 10.000 ha de terrenos férteis e favoráveis à agricultura irrigada nas chapadas localizadas na margem esquerda do rio Jaguaribe.

As dimensões com que a obra foi implantada também garante o abastecimento de água da RMF por, pelo menos, 30 anos, bem como de todas as comunidades ao longo de seu trajeto, beneficiando e potencializando o desenvolvimento local dos municípios de Alto Santo, Jaguaribara, Morada Nova, Ibicuitinga, Russas, Limoeiro do

Norte, Ocara, Cascavel, Chorozinho, Pacajus, Horizonte, Itaitinga, Pacatuba, Maranguape, Maracanaú, Caucaia, Fortaleza e São Gonçalo do Amarante.

O "Eixão" tem seu início imediatamente a jusante do Reservatório Castanhão, derivando uma vazão máxima de 22 m³/s, utilizando para este fim diretamente a tubulação da tomada d'água do respectivo reservatório.

O percurso desta obra se estende ao longo de aproximadamente 255 km. O trecho I do Eixão, que vai do Reservatório Castanhão até o Reservatório Curral Velho, tem 55km de extensão. Este trecho possui uma estação de bombeamento, situada na margem esquerda do rio Jaguaribe, com a capacidade máxima de vazão de 22 m³/s. Ao longo desta parte do Canal, adutoras gravitárias (sifões) fazem a travessia das águas nos talwegues dos riachos do Livramento, Novo, Formoso e Santa Rosa, do córrego Corcunda e do rio Banabuiú.

O Trecho II começa no Reservatório Curral Velho e estende-se ao longo de 46,1 km, até a Serra do Félix, em Morada Nova. Ele é constituído por cinco segmentos de canais a céu aberto, intercalados por quatro subtrechos com tubulações. No seu trecho inicial, transpõe-se o rio Palhano através de um sifão com 6,4 km, e deflete na direção sul/norte até atingir as imediações de um ponto de sela topográfico da Serra do Félix. Como obras principais figuram, ainda, mais três sifões para travessia dos riachos Boa Vista, Mão Ruiva e Melancias, que juntos perfazem mais 4,4 km de tubulação.

Já o trecho III compreende 66,3 km de adução e está localizado entre a Serra do Félix e a ombreira do Reservatório Pacajus. A obra tem como principal característica um conjunto complexo de canais e sifões, cujo objetivo principal é permitir a transposição de água desde a Serra do Félix, final do Trecho II, até o início do trecho IV.

O trecho IV totaliza 33,89 km de aqueduto, canais, sifões e túnel, tendo sido dividido em três subtrechos.

O primeiro sub - trecho apresenta uma extensão total de 27,51 km, iniciando-se com um aqueduto de 109,70 m, que transpõe o Canal do Trabalhador próximo ao seu deságue no Reservatório Pacajus. No final desse aqueduto, inicia-se o sifão 1, sob o rio Choró, com extensão total de 2.658,79m, onde inicia um canal, com extensão total de 24.619,36 m, terminado no Reservatório Pacoti.

O segundo sub - trecho é composto por um canal com extensão de 0,8 km, que interliga os reservatórios Pacoti e Riachão e, o terceiro e último sub - trecho, tem uma extensão de 5.580km, interligando os reservatórios Riachão e Gavião - ele se inicia com um túnel de 1.075m de extensão executado paralelamente ao túnel já existente e seguido por um trecho em canal, também paralelo ao existente, com extensão de 4.505m. Os canais são todos de seção hidráulica trapezoidal e a estanqueidade é assegurada por uma manta em PVC protegida por uma laje de concreto não armado,bo de reduzida espessura.

O sistema adutor Gavião/Pecém, o trecho V do Eixão das Águas, é constituído por tubulações em recalque ou gravitário com extensão de 53,97 km. O traçado estende-se paralelo ao litoral, sendo o único trecho ainda não concluído.

Cinturão das Águas

O Cinturão das Águas do Ceará (CAC) é um grande sistema gravitário de canais para a condução das águas do São Francisco para a 93% do território cearense, inclusive para as regiões mais secas do Estado, bem como para aquelas de potencial turístico e econômico restringidos pela indisponibilidade de fontes de água confiáveis.

De acordo com o projeto, o Cinturão de Águas começa no Município de Jati, onde as águas do Rio São Francisco entrariam em território cearense e seu traçado segue pela meia encosta da Chapada do Araripe, no sentido leste-oeste, para depois, com diretriz sul-norte, atravessar as bacias do Alto Jaguaribe e Poti-Parnaíba, vindo a atingir a bacia hidrográfica do Rio Acaraú, totalizando cerca de 545 quilômetros de obras de adução.

No seu percurso permitirá derivações de porte para a Bacia do rio Banabuiú, com a construção de túneis.

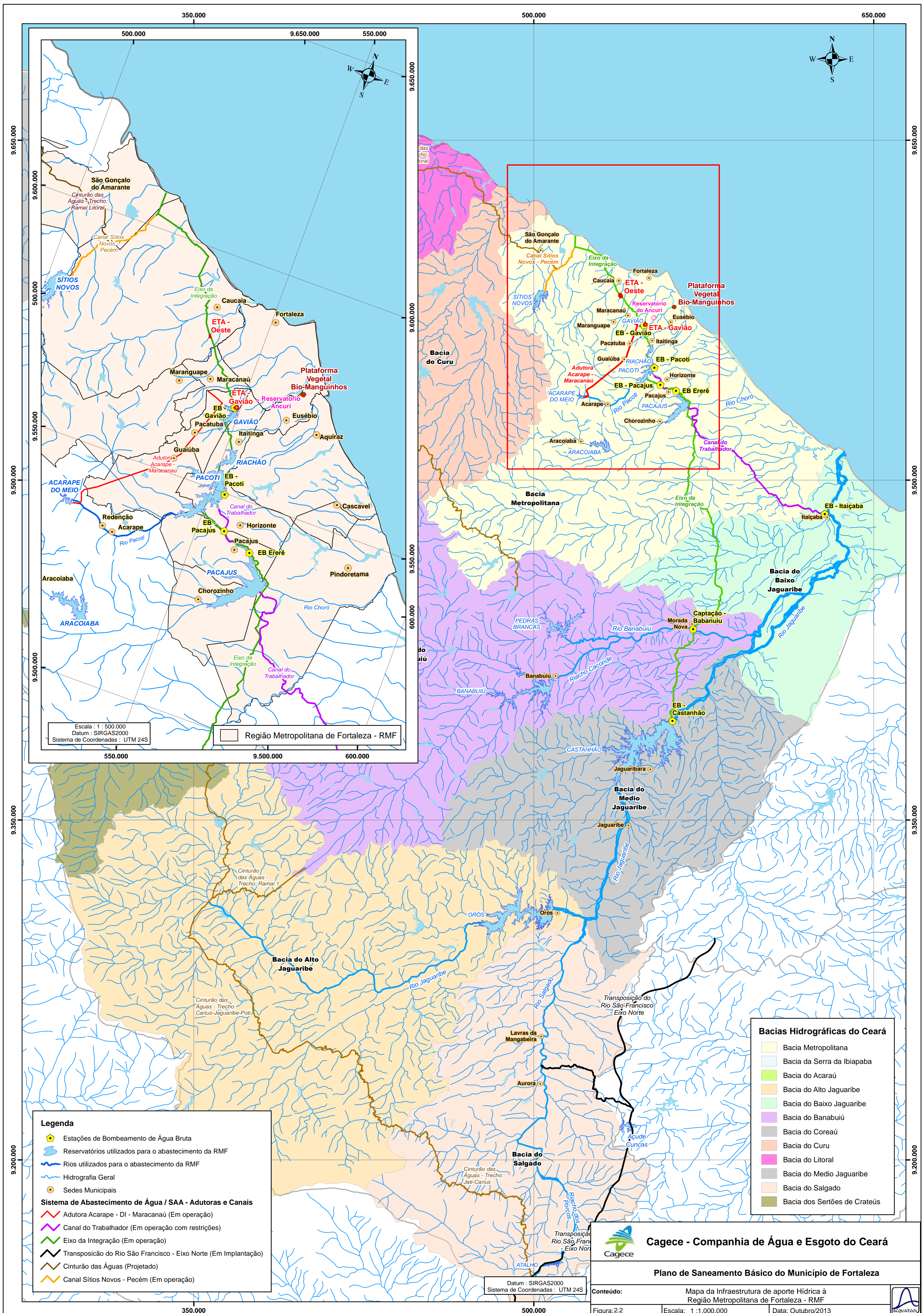
As águas de perenização do Rio Acaraú atingirão a barragem já existente de Santa Rosa, onde se localiza a atual tomada d'água do Projeto de Irrigação Baixo Acaraú. Aproveitando parcialmente as instalações dessa tomada, será implantado o único bombeamento de todo o CAC, a fim de transpor as águas para um canal de diretriz paralela à linha litorânea (direção aproximada noroeste-sudeste), que se desenvolverá por toda a Bacia Litoral e extremo norte da Bacia do Curu, até se unir ao ponto final do Eixo de Integração Castanhão - Pecém.

Este Canal Litoral poderá ter duas alternativas: uma convencional, por um traçado médio entre 25km (extremo oeste) a 10km (leste), distante da linha da costa e uma segunda de perfil mais favorável a grandes empreendimentos turísticos, de configuração larga e da ordem de 5 a 10km dessa linha de costa (praias).

Os trechos e vazões de nominais planejadas para o CAC são as seguintes:

- Trecho Jati - Cariús: extensão de 160km e vazão pré-estimada em 25 a 30 m³/s;
- Trecho Cariús - Acaraú: extensão de 380km e vazão de 25 m³/s;
- Trecho Canal Litoral - 1ª alternativa: tem extensão de 140km e vazão pré-estimada em 5m³/s;
- Trecho ligação com Eixo de Integração: extensão da ordem de 40km e vazão pré-estimada em 5m³/s;
- 1ª derivação para Banabuiú: extensão da ordem de 20km, com túnel, e vazão pré-estimada em 2m³/s;
- 2ª derivação para Banabuiú: extensão da ordem de 10km, com túnel, e vazão pré-estimada em 2m³/s;
- Trecho Canal Acaraú-Curu-Metropolitanas: extensão da ordem de 260km e vazão pré-estimada em 5m³/s;
- Trecho Acaraú-Coreaú: extensão da ordem de 155km e vazão pré-estimada em 2m³/s.

As três obras de adução acima descritas: Canal do Trabalhador; "Eixo das Águas e CAC disseminarão as vantagens de se dispor de uma oferta hídrica importada, abrangendo grande parte do Estado. A Figura 2.2 mostra um mapa com a distribuição espacial dos mananciais alternativos de abastecimento da RMF, bem como com a estrutura de transposição de águas que permite a interligação de bacias.



O Sistema de Abastecimento de Água de Fortaleza

Os principais mananciais do sistema de abastecimento de água de Fortaleza e de sua Região Metropolitana são os reservatórios de Acarape do Meio, Pacoti, Gavião e Riachão, que resultaram de barramentos dos Rios Pacoti, Cocó e Choró.

O reservatório Acarape do Meio, cuja construção foi iniciada ainda com mão de obra escrava (antes de 1887) começou abastecer regularmente Fortaleza em 1912.

A intensa urbanização das décadas de 1960 e 1970 exigiram importantes ampliações a sistema, sendo incorporados ao sistema os reservatórios de Pacoti, Gavião e Riachão, inclusive com a construção de uma ETA que ainda atende a região, e de um reservatório apoiado (Ancuri) que facilitou a expansão da rede de abastecimento.

Os eventos extremos de secas das décadas de 1980 e 1990 tiveram como consequência a preocupação pela segurança hídrica da metrópole, ocorrendo investimentos de vulto que incorporaram ao sistema os reservatórios de Pacajus, Aracoiaba, o Canal do Trabalhador (obra emergencial de mais de 100km de canal trapezoidal de declividade de fundo nulo, associado a três Estações Elevatórias concluídas para operação num prazo de 110 dias).

Mais recentemente, com a construção do Canal da Integração (Eixão das Águas) passou-se a utilizar o manancial do Rio Jaguaribe de forma sistemática, interligando o sistema metropolitano com os reservatórios de Orós, Castanhão, Banabuiu e Pedras Brancas (na bacia do rio Jaguaribe).

O tratamento das águas aduzidas é feito prioritariamente por uma única estação de tratamento: ETA-Gavião, projetada inicialmente para utilização de tecnologia de tratamento do tipo convencional, com capacidade de 3,0m³/s, em 1995, passou a operar através da filtração direta descendente (tecnologia de tratamento mais eficiente e rápida, onde se podem ter as etapas de mistura rápida, floculação e filtração, esta última ocorrendo no sentido descendente).

A mudança de sistema de tratamento proporcionou um aumento de 25% em sua área filtrante e desde junho de 2007, ETA-Gavião possui uma capacidade de tratamento de 10,0 m³/s ou 36.000m³/h.

O complexo de produção de água tratada se localiza junto ao Reservatório do Gavião, onde existe também uma estação elevatória e uma adutora de aço de diâmetro 1.400 milímetros que recalca água tratada até a cota 100m (aproximadamente) onde se localiza um reservatório apoiado denominado Ancuri, de grande porte, com capacidade de armazenamento é de 40.000 m³.

A partir desse reservatório iniciam-se as linhas de abastecimentos dos macro-sistemas de distribuição de água denominados quadrantes (que por sua vez se dividem em setores).

Todos os setores de distribuição do Município de Fortaleza são atendidos por gravidade, com exceção do setor de distribuição de Mucuripe. O reservatório de Ancuri abastece, também por gravidade, o Município de Maracanaú e parte do Município de Caucaia.

Demandas Hídrica das Bacias Metropolitanas de Fortaleza

Para a avaliação das demandas tomou-se por base o Estudo intitulado “Revisão do Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas”, datado em Nov/2010, elaborado pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará – COGERH, por meio de financiamento da Agência Nacional de Águas/ PROÁGUA Nacional.

No referido Estudo, foram considerados três grandes tipos de usos consuntivos, correspondentes às demandas humana, industrial e de irrigação.

Para a demanda humana foram utilizados os dados disponíveis de abastecimento humano no ano 2010. O cadastro de outorgas válidas no ano 2010, da COGERH, apresenta uma demanda de 371,463 hm³/ano, ou 11,779 m³/s, de água para o abastecimento humano nas Bacias Metropolitanas.

A demanda industrial, também utilizou valores do cadastro de outorga da COGERH para o ano 2010, os quais correspondem ao valor de 118,827 hm³/ano ou 3,768 m³/s para a demanda industrial.

Quanto a demanda para irrigação, segundo dados do cadastro de outorga da COGERH para o ano 2010, há uma necessidade de 55,377 hm³/ano ou 1,756 m³/s de água para atendimento à demanda de irrigação.

Assim, estima-se uma demanda hídrica total nas bacias metropolitanas de aproximadamente 17,3 m³/s.

Oferta Hídrica das Bacias Metropolitanas de Fortaleza

A oferta hídrica das bacias metropolitanas de Fortaleza deve levar em conta diferentes escalas de tempo.

Oferta Hídrica Atual

Na região metropolitana existe uma oferta hídrica que podemos definir como "direta ou usual", contemplando os mananciais locais, cuja relação foi mostrada anteriormente. Além destes mananciais usuais, é possível explorar mananciais do rio Jaguaribe, através do Canal do Trabalhador e do Canal da Integração ("Eixão das Águas"), que permitem que as águas dos reservatórios Orós, Castanhão, Banabuiú e Pedras Brancas cheguem ao sistema de abastecimento da RMF.

Sabe-se que os principais reservatórios das bacias metropolitanas dispõem de uma oferta hídrica com 99% de garantia de 8,65 m³/s.

Já os canais do Trabalhador e da Integração podem transpor, até, 27 m³/s de água até a RMF, sendo que os reservatórios que viabilizariam esta vazão são detentores de uma oferta hídrica com 99% de garantia de 35,75 m³/s.

Deve-se contemplar ainda a exploração de reservas hídricas subterrâneas nas Bacias Metropolitanas que é pouco expressiva.

A Revisão do Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas (Nov/2010) registra a existência em operação de 17.624 poços na região que, bombeando -em média- 8 horas/dia, disponibilizariam 91,9 milhões de m³/ano ou 2,91 m³/s, sendo para o Domínio Poroso Clástico (6.647 poços) 72,6 milhões de m³/ano, para o Domínio Poroso Aluvionar (100 poços) 0,70 milhões de m³/ano e para o Domínio Cristalino Fissural (2.231 poços) com 18,6 milhões de m³/ano.

Assim, pode-se estimar que as bacias metropolitanas e a RMF apresentam uma oferta hídrica atual da ordem de 38,56 m³/s.

Oferta Hídrica Futura

Esta oferta hídrica está baseada em cenários de médio e de longo prazo. Em médio prazo, a transposição das águas do rio São Francisco pode ofertar, através do

Eixo Norte, vazões entre 16,4 m³ /s e 99 m³/s aos Estados beneficiados, sendo que a repartição entre estes Estados é proporcional à demanda humana dos centros a serem atendidos.

Já em longo prazo, a implantação do Cinturão das Águas poderá incrementar a oferta hídrica de um dos grandes consumidores de água da RMF, o Complexo Portuário do Pecém, liberando águas do sistema de abastecimento da RMF, anteriormente comprometidas com o atendimento desta grande demanda.

Balanço Hídrico

Como se pode observar, os mananciais superficiais presentes exclusivamente nas bacias metropolitanas e que são compostos por 14 reservatórios, não conseguem suprir a crescente demanda hídrica da Região Metropolitana de Fortaleza.

Caso fossem considerados apenas estes 14 reservatórios, mesmo que se juntasse a estimativa da oferta hídrica subterrânea, já haveria um déficit hídrico de 5,74m³/s.

Observa-se que este déficit hídrico supera a capacidade de transposição de águas do Canal do Trabalhador (que é de 5 m³/s), principal fato que motivou a implantação do Canal da Integração, que permitiu incrementar a oferta hídrica da RMF em até 22 m³/s.

Com estes dois sistemas de transposição das águas do rio Jaguaribe para as bacias metropolitanas existe hoje um superávit hídrico nominal na RMF de mais de 21 m³/s.

Com a operação da Transposição do rio São Francisco e o Cinturão das Águas, este superávit hídrico poderá ser incrementado em pelo menos mais 20,0m³/s.

Podem-se utilizar índices oriundos de instituições independentes que avaliam a vulnerabilidade ambiental de uma determinada região perante os diferentes componentes da produção para todas as regiões do Brasil.

EMBRAPA, empresa de pesquisa agroindustrial do governo federal usa como referência o que denomina "Análise da Vulnerabilidade Ambiental", metodologia aplicada à RMF com dados recentes (EMBRAPA, 2010) e que se encontra amplamente difundida em todo o Brasil.

A metodologia consiste no cálculo do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) dos recursos hídricos, calculado através do método VULNERAGRI (Figueiredo, 2008).

O valor do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) dos recursos hídricos obtido para as Bacias Metropolitanas em 2010 foi de 1,57, considerado médio segundo a escala apresentada também pelos autores, reproduzida na Tabela 2.7

Tabela 2.7 - Escala do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA)

Vulnerabilidade	IVA
Muito Baixa	1,0 - 1,2
Baixa	1,2 - 1,4
Média	1,4 - 1,6
Alta	1,6 - 1,8
Muito Alta	1,8 - 2,0

Fonte: EMBRAPA, 2010.

Ainda segundo EMBRAPA (2010) a Vulnerabilidade Ambiental (IVA) dos recursos hídricos é desagregada no que os autores denominam "Intensidade Pluviométrica", índice obtido com base na pluviometria mensal do mês mais chuvoso, considerada muito alta para as Bacias Metropolitanas estimado num valor de 1,80, o que, em outras palavras, indica que a região é sujeita a eventos de chuvas intensas capazes de produzir alagamentos de proporções como já foi salientado no capítulo relativo a hidrometeorologia e estudo de cheias.

Segundo o mesmo estudo, a Vulnerabilidade da Disponibilidade Hídrica "per capita" da região também é muito alta (igual a 2,00), índice obtido com base na disponibilidade local per capita de água consumível.

Por outro lado, a mesma fonte estima a Vulnerabilidade para Atendimento da Demanda Hídrica das Bacias Metropolitanas, calculada em 1,06 e considerada muito baixa, refletindo a situação do consumo per capita de seus habitantes (estimado em 120L/hab dia) sem falhas frequentes de atendimento.

Assim, desde a perspectiva do estudo da EMBRAPA, a área de implantação do empreendimento pode considerar-se vulnerável em termo de recursos hídricos locais, o que se reflete numa vulnerabilidade elevada da disponibilidade hídrica local, associada com a possível ocorrência de eventos extremos (vulnerabilidade da intensidade pluviométrica).

Por outro lado, a baixa Vulnerabilidade da Demanda Hídrica reflete a escassa ou nula concorrência pelos recursos hídricos disponíveis para os níveis atuais de

desenvolvimento humano da região devido, em grande parte à importação de recursos de regiões vizinhas.

Estes índices mostram como a Vulnerabilidade da Disponibilidade Hídrica das Bacias Metropolitanas foi drasticamente mitigada pela interconexão desta região com a Bacia do Rio Jaguaribe, inicialmente via Canal do Trabalhador e, atualmente via Eixo de Integração, prevendo-se ainda uma queda maior na Vulnerabilidade da Disponibilidade Hídrica, com entrada em operação da Transposição de Águas provenientes do Rio São Francisco e a melhoria do sistema estadual via "Cinturão das Águas".

Já a vulnerabilidade do que se denomina "intensidade pluviométrica" é ainda hoje um problema em toda a RMF, exigindo um importante disciplinamento do uso e ocupação do solo e o planejamento de sistema de drenagem compatíveis com o regime de chuvas intensas que ocorrem na região.

Esclarecidas as principais características dos sistemas, concluímos este relatório destacando que os principais mecanismos de cooperação entre os diferentes entes federados que atuam na área de saneamento básico encontram legitimidade na Constituição Federal que estabelece, entre outros aspectos que é de competência municipal legislar sobre assunto de interesse local, prestar serviços públicos de interesse local e promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento, e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano (artigo 30 da Constituição Federal), o que não o impede de estabelecer diferentes instâncias de cooperação.

É competência do município prestar, diretamente ou mediante concessão ou permissão, os serviços de saneamento básico, que são de interesse local, entre os quais o de coleta, tratamento e disposição final de esgotos sanitários e o de abastecimento de água potável.

Essa competência inclui o estabelecimento das condições de prestação desses serviços, das suas estruturas tarifárias, das taxas e das formas de cobrança, seja em legislações próprias, seja em cláusulas contidas nos contratos de concessão (por exemplo, às empresas estaduais de saneamento).

A Lei nº 11.445/07 apenas fixa diretrizes gerais, justamente pelo fato de atividades executivas e operacionais do setor de saneamento não serem da competência da União, atendendo ao Art. 21 da Constituição Federal:

Art. 21. Compete à União:

XX - instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos;

A nova lei de saneamento apenas estabelece que o saneamento básico deve ser objeto de planejamento integrado, para cuja elaboração o titular pode receber cooperação de outros entes da Federação e mesmo de prestadores dos serviços; além de estabelecer diretrizes para a prestação regionalizada de serviços de saneamento, quando uma mesma entidade presta serviço a dois ou mais municípios, contíguos ou não, a qual deve ter regulação e fiscalização unificadas.

Também estabelece regras para o relacionamento entre titulares e prestadores de serviços, sempre por meio de contratos, incluindo a reversão de serviços e de bens a eles vinculados, quando do término de contratos de delegação (concessão ou contrato-programa).

O relacionamento entre prestadores de atividades complementares do mesmo serviço, que exige a formalização de contratos entre prestadores de etapas interdependentes do mesmo serviço, também é considerado na nova legislação que fornece diretrizes para a regulação dos serviços que deve ser exercida por entidades com autonomia decisória, administrativa, orçamentária e financeira.

Como afirmou-se anteriormente, a regulação e a fiscalização dos serviços podem ser exercidas diretamente pelo titular, ou podem ser delegadas a entidade estadual, de outro município ou de consórcio de municípios;

Ao estabelecer diretrizes para a Política Federal de Saneamento Básico, a Lei nº 11.445/07 orienta a atuação dos órgãos do Poder Executivo Federal no setor, o que resultará na redução do nível de incerteza e de conflitos nas relações entre entidades federais, como o Ministério das Cidades, e entidades estaduais e municipais; e na institucionalização do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) com a reunião e sistematização de dados sobre o setor de saneamento, o que facilita a atuação de planejadores públicos e privados do setor.

Para a aplicação dos recursos federais no setor também são estabelecidos critérios mínimos, levando em conta as condições de saúde pública, econômicas e sociais na eleição de prioridades.

No que diz respeito às tarifas, a legislação (11.445/2007) prevê:

- Art. 29. Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços:

I - de abastecimento de água e esgotamento sanitário: preferencialmente na forma de tarifas e outros preços públicos, que poderão ser estabelecidos para cada um dos serviços ou para ambos conjuntamente;

II - de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos: taxas ou tarifas e outros preços públicos, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades;

III - de manejo de águas pluviais urbanas: na forma de tributos, inclusive taxas, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou de suas atividades.

§ 1º Observado o disposto nos incisos I a III do caput deste artigo, a instituição das tarifas, preços públicos e taxas para os serviços de saneamento básico observará as seguintes diretrizes:

I - prioridade para atendimento das funções essenciais relacionadas à saúde pública;

II - ampliação do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda aos serviços;

III - geração dos recursos necessários para realização dos investimentos, objetivando o cumprimento das metas e objetivos do serviço;

IV - inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos;

V - recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência;

VI - remuneração adequada do capital investido pelos prestadores dos serviços;

VII - estímulo ao uso de tecnologias modernas e eficientes, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços;

VIII - incentivo à eficiência dos prestadores dos serviços.

§ 2º Poderão ser adotados subsídios tarifários e não tarifários para os usuários e localidades que não tenham capacidade de pagamento ou escala econômica suficiente para cobrir o custo integral dos serviços.

- Art. 30. Observado o disposto no art. 29 desta Lei, a estrutura de remuneração e cobrança dos serviços públicos de saneamento básico poderá levar em consideração os seguintes fatores:

I - categorias de usuários, distribuídas por faixas ou quantidades crescentes de utilização ou de consumo;

II - padrões de uso ou de qualidade requeridos;

III - quantidade mínima de consumo ou de utilização do serviço, visando à garantia de objetivos sociais, como a preservação da saúde pública, o adequado atendimento dos usuários de menor renda e a proteção do meio ambiente;

IV - custo mínimo necessário para disponibilidade do serviço em quantidade e qualidade adequadas;

V - ciclos significativos de aumento da demanda dos serviços, em períodos distintos; e

VI - capacidade de pagamento dos consumidores.

- Art. 31. Os subsídios necessários ao atendimento de usuários e localidades de baixa renda serão, dependendo das características dos beneficiários e da origem dos recursos:

I - diretos, quando destinados a usuários determinados, ou indiretos, quando destinados ao prestador dos serviços;

II - tarifários, quando integrarem a estrutura tarifária, ou fiscais, quando decorrerem da alocação de recursos orçamentários, inclusive por meio de subvenções;

III - internos a cada titular ou entre localidades, nas hipóteses de gestão associada e de prestação regional.

- Art. 37. Os reajustes de tarifas de serviços públicos de saneamento básico serão realizados observando-se o intervalo mínimo de 12 (doze) meses, de acordo com as normas legais, regulamentares e contratuais.
- Art. 38. As revisões tarifárias compreenderão a reavaliação das condições da prestação dos serviços e das tarifas praticadas e poderão ser:

I - periódicas, objetivando a distribuição dos ganhos de produtividade com os usuários e a reavaliação das condições de mercado;

II - extraordinárias, quando se verificar a ocorrência de fatos não previstos no contrato, fora do controle do prestador dos serviços, que alterem o seu equilíbrio econômico-financeiro.

§ 1º As revisões tarifárias terão suas pautas definidas pelas respectivas entidades reguladoras, ouvidos os titulares, os usuários e os prestadores dos serviços.

§ 2º Poderão ser estabelecidos mecanismos tarifários de indução à eficiência, inclusive fatores de produtividade, assim como de antecipação de metas de expansão e qualidade dos serviços.

§ 3º Os fatores de produtividade poderão ser definidos com base em indicadores de outras empresas do setor.

§ 4º A entidade de regulação poderá autorizar o prestador de serviços a repassar aos usuários custos e encargos tributários não previstos originalmente e por ele não administrados, nos termos da Lei no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995.

- Art. 39. As tarifas serão fixadas de forma clara e objetiva, devendo os reajustes e as revisões serem tornados públicos com antecedência mínima de 30 (trinta) dias com relação à sua aplicação.

Parágrafo único. A fatura a ser entregue ao usuário final deverá obedecer a modelo estabelecido pela entidade reguladora, que definirá os itens e custos que deverão estar explicitados.

- Art. 40. Os serviços poderão ser interrompidos pelo prestador nas seguintes hipóteses:

I - situações de emergência que atinjam a segurança de pessoas e bens;

II - necessidade de efetuar reparos, modificações ou melhorias de qualquer natureza nos sistemas;

III - negativa do usuário em permitir a instalação de dispositivo de leitura de água consumida, após ter sido previamente notificado a respeito;

IV - manipulação indevida de qualquer tubulação, medidor ou outra instalação do prestador, por parte do usuário; e

V - inadimplemento do usuário do serviço de abastecimento de água, do pagamento das tarifas, após ter sido formalmente notificado.

§ 1º As interrupções programadas serão previamente comunicadas ao regulador e aos usuários.

§ 2º A suspensão dos serviços prevista nos incisos III e V do caput deste artigo será precedida de prévio aviso ao usuário, não inferior a 30 (trinta) dias da data prevista para a suspensão.

§ 3º A interrupção ou a restrição do fornecimento de água por inadimplência a estabelecimentos de saúde, a instituições educacionais e de internação coletiva de pessoas e a usuário residencial de baixa renda beneficiário de tarifa social deverá obedecer a prazos e critérios que preservem condições mínimas de manutenção da saúde das pessoas atingidas.

Assim, podem ser resumidos os modelos de organização dos serviços públicos de água e esgotos da seguinte maneira:

- empresas estatais estaduais de saneamento;
- autarquia estadual de saneamento;
- consórcios municipais ou serviços integrados municipais de água e esgotos;
- serviços municipais de água e esgotos, na forma de departamentos ou autarquias;

- empresas estatais municipais de saneamento;
- empresas concessionárias privadas de serviços de água e esgotos.

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Fortaleza deverá prever a universalização do acesso ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, à limpeza urbana e o manejo dos resíduos sólidos de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente.

Segundo a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), Fortaleza tem atualmente, uma cobertura no abastecimento de água de 98,29%, contra 37,23% da cobertura do sistema de esgoto.

Para atingir a Universalização será preciso incorporar as determinações do plano nos contratos de concessão, priorizar o atendimento à população de baixa renda em situação de moradia normal, instituir formas de incorporar a população que vive em situação de risco à cidade formal, fortalecer a Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental, ACFOR, fiscalizadora das atividades do órgão.

Bibliografia:

ANA (2013). Banco de Dados HidroWEB.

Cagece - <http://www.cagece.com.br/phocadownload/Relatorio-Anual-2007.pdf>

Cagece - <http://www.cagece.com.br/aceso> em agosto de 2013.

COGERH (1997). Plano de Gerenciamento das Águas do Rio Jaguaribe. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. – COGERH. Ceará, 1997.

COGERH (1999). SISCOGERH – Sistema de Suporte a Decisões Espaciais. Ceará, 1999.

COGERH (2010). Revisão do Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas. Ceará. Novembro/2010.

EMBRAPA Agroindustrial Tropical. Análise da Vulnerabilidade Ambiental. Fortaleza, 2010.

FIGUEIRÊDO, M. C. B. Modelo de avaliação do desempenho ambiental de inovações tecnológicas agroindustriais, considerando o conceito de ciclo de vida e a vulnerabilidade ambiental: Ambitec-Ciclo de Vida. Tese de doutorado, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Brasil, 2008.

FUNCATE (1999). Projeto de Transposição de Águas do rio São Francisco para o Nordeste Setentrional: estudos de inserção regional. Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais. São José dos Campos – SP, 1999.

FUNCATE (2002). Estudos Hidrológicos Complementares das Regiões do Agreste, Zona da Mata e da Região Metropolitana de Recife. Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais. São José dos Campos – SP, 2002.

FUNCATE (2007). Atualização e Detalhamento do Cálculo do Custo da Água Bruta Disponibilizada por Reservatórios Localizados no Nordeste Setentrional. Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais. São José dos Campos – SP, 2007.

HARGREAVES, G.H. (1974). Potential Evapotranspiration and Irrigation Requirements for Northeast Brazil. On-Farm Water Management Research Program. Utah State University, 1974.

IBGE (2003). Base Cartográfica Integrada Digital do Brasil ao Milionésimo. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, 2003.

INMET (2009). Normais Climatológicas (1961 – 1990). Edição Revisada e Ampliada. Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília, DF, 1992.

LANNA, A. E. L. & SCHWARZBACH, M (1989). Modelo Hidrológico Autocalibrável. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRGS, 1989.

MAIDMENT, D. R. (2002). ArchHydro – Gis for Water Resources. Redlan, California. 2002.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. Apresentação do Plano Diretor Participativo de Fortaleza. CE.2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza - PDPFOR. Fortaleza. CE, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. Inventário Ambiental de Fortaleza - Versão Final, novembro, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. Metodologia de Elaboração do Plano Municipal de Saneamento. Fortaleza. CE. 2012.

RIGHETTO, A.M. Hidrologia e Recursos Hídricos. EESC/USP, São Carlos-SP, 1998.

ROSENBROCK, H. H. (1960). An automatic Method for finding the greatest or least Value of a Function, Comp. J., 3, pp 175-184, 1960.

SRH-CE (1991). Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Fortaleza – CE, 1991.

SRH-CE (1997). Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Rio Jaguaribe. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Fortaleza – CE, 1997.

SRH-CE (2001). Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Fortaleza – CE, 2001.

SRH-CE (2003). Estudos de Viabilidade da Barragem Figueiredo. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. Fortaleza – CE, 2003.

TUCCI, C.E.M. (1987). Modelos Matemáticos em Hidrologia e Hidráulica. Revista Brasileira de Engenharia – RBE. Rio de Janeiro, RJ. 1986.

TUCCI, C.E.M. (1993). Hidrologia – Ciência e Aplicação. Coleção ABHR de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS. 1993.