REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE 20150002/CEL 04/SRH/CE
SOLICITAÇÃO DE PROPOSTAS (SDP) Nº 01
PROCESSO – VIPROC Nº 0777305/2016

CONTRATO N° 02/PFORR/SRH/CE/2016

EXECUÇÃO DE SERVIÇOS DE ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO COM FOCO NA OUTORGA, COBRANÇA E FISCALIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO CEARÁ

RELATÓRIO 13
MECANISMOS DE COMPENSAÇÃO FINANCEIRA

ENGENHARIA CONSULTIVA S/S.

JULHO/2017

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

MANIFESTAÇÃO DE INTERESSE 20150002/CEL 04/PforR-BIRD-SRH/CE
SOLICITAÇÃO DE PROPOSTAS (SDP) N° 01
PROCESSO – VIPROC Nº 0777305/2016

CONTRATO N° 02/PFORR/SRH/CE/2016

ESTUDOS DE ANÁLISE E INTEGRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO COM FOCO NA OUTORGA, COBRANÇA E FISCALIZAÇÃO

FASE II - CONCEPÇÃO DA ESTRATÉGIA DE INTEGRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO: OUTORGA, COBRANÇA E FISCALIZAÇÃO

ETAPA 2 - ESTUDOS DE VIABILIDADE: COBRANÇA

Relatório 13 - Mecanismos de Compensação Financeira

JULHO/2017

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

APRESENTAÇÃO

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

APRESENTAÇÃO

O presente documento consiste no **Relatório 13 - Mecanismos de Compensação Financeira da Fase II - Concepção da Estratégia de Integração dos Instrumentos de Gestão: Outorga, Cobrança e Fiscalização,** relativo aos Estudos de Análise e Integração dos Instrumentos de Gestão com Foco na Outorga, Cobrança e Fiscalização, consoante a Solicitação de Propostas (SDP) Nº 01 que resultou no Contrato 02/PFORR/SRH/CE/2016 firmado entre a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará e a IBI Engenharia Consultiva S/S.

Os produtos a serem apresentados em forma de relatórios técnicos das atividades desenvolvidas são os seguintes:

- Plano de Trabalho
- Fase I - Atualização da matriz tarifária
  - Relatório 01 - Revisão dos custos fixos e variáveis dos sistemas de recursos hídricos
  - Relatório 02 - Revisão da capacidade de pagamento
  - Relatório 03 - Revisão do subsidio cruzado
  - Relatório 04 - Consolidação da Fase I – Atualização da matriz tarifária 3,35%
- Fase II - Concepção da estratégia de integração dos instrumentos de gestão: Outorga, Cobrança e Fiscalização

  Etapa 1 - Revisão da fórmula de cálculo da cobrança
  - Relatório 05 - Adoção de bandeiras tarifárias
  - Relatório 06 - Qualidade da água
  - Relatório 07 - Eficiência do uso da água
  - Relatório 08 - Disponibilidade efetiva
  - Relatório 09 - Volume outorgado
  - Relatório 10 - Consolidação da Etapa 1 - Revisão da fórmula de cálculo da cobrança

  Etapa 2 - Estudos de viabilidade: cobrança
  - Relatório 11 - Sistema de cobrança em função da garantia de uso
  - Relatório 12 - Seguro para atividades agrícolas

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

- Relatório 13 - Mecanismos de compensação financeira
- Relatório 14 - Fundo de reserva para eventos extremos
- Relatório 15 - Proposição de novas categorias tarifárias
- Relatório 16 - Consolidação da Etapa 2 - Estudos de viabilidade: cobrança

Etapa 3 – Estudos de viabilidade: outorga

- Relatório 17 - Experiências internacionais com outorga e alocação de água
- Relatório 18 - Análise do fluxo processual de outorga de água
- Relatório 19 - Análise do fluxo da alocação negociada da água
- Relatório 20 - Outorga coletiva de uso da água
- Relatório 21 - Revisão do manual de outorga
- Relatório 22 - Consolidação da Etapa 3 - Estudos de viabilidade: outorga
- Relatório 23 - Etapa 4 - Estudos de viabilidade: fiscalização

– Fase III - Descrição da articulação necessária para adaptação das alterações propostas

- Relatório 24 - Consolidação da descrição da articulação necessária para adaptação das alterações propostas

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

ÍNDICE

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO 2
1 - INTRODUÇÃO 8
2 - GESTÃO DE RISCO 11
2.1 - O RISCO E O SEU GERENCIAMENTO 11
2.2 - GESTÃO DE RISCO DE SECA 15
3 - MECANISMOS FINANCEIROS PARA A PROTEÇÃO AO RISCO 19
4 - PROPOSTA 21
4.1 - GATILHOS E ESTIMATIVA DO VALOR 21
4.2 - AJUSTES NO MODELO ATUAL 26
5 - ESTRUTURA ADMINISTRATIVA 28
6 - FORMAS DE CONTINGENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO DOS RECURSOS 30
7 - PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO 32
8 - APLICAÇÃO DE UM MODELO DE COMPENSAÇÃO 34
8.1 - ALOCAÇÃO DE ÁGUA 35
8.2 - MECANISMO DE COMPENSAÇÃO FINANCEIRA 40
8.2.1 - Estimativa da compensação financeira 41
8.2.2 - Gatilhos do mecanismo: Definição do estado das águas superficiais 43
8.3 - RESULTADOS 45
9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 56

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

1 - INTRODUÇÃO

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

1 - INTRODUÇÃO

A variabilidade do clima interfere diretamente na oferta e na demanda hídrica por meio da redução ou do aumento das afluências e dos estoques de água dos reservatórios. Esse fato impõe um risco operacional nos sistemas de recursos hídricos e ressalta a necessidade do planejamento e do gerenciamento desses recursos serem realizados sob a ótica do risco e da adaptação.

A adaptação é necessária para a sustentabilidade dos recursos hídricos e, consequentemente, dos hidrossistemas, uma vez que o clima, a água, os sistemas biofísicos e socioeconômicos estão conectados por caminhos complexos. O risco também está relacionado com a exposição do local (probabilidade de ocorrência) e a vulnerabilidade da sociedade.

A gestão de risco em hidrossistemas pode ser realizada com medidas do tipo estrutural e não estrutural. De acordo com Grigg (1996), as medidas estruturais estão relacionadas com a alteração da infraestrutura para suportar os eventos extremos, como diques, barragens, canalização entre outros. As medidas não-estruturais são as que permitem conviver com o sistema sem precisar de instalações construídas tais como o seguro, a previsão e a realocação. As primeiras medidas envolvem maiores custos e estão limitadas quanto à segurança a um nível de risco.

Brown e Carriquiry (2007) propuseram a adoção de mecanismos financeiros para gerir os riscos em hidrossistemas, visando transformar a variabilidade hidrológica em valores monetários de forma a possibilitar a garantia de renda da população na ocorrência de um evento hidrológico extremo. Nesse contexto, Courbage e Stahel (2012), advertem que uma das questões-chave em operacionalizar esses mecanismos para segurar eventos extremos é a quantidade de capital necessária para fornecer proteção contra esses eventos.

Apesar dessa questão, a Rede de Conhecimento do Clima e Desenvolvimento (2012), ressalta que os mecanismos financeiros já têm sido reconhecidos internacionalmente como instrumentos integrantes da adaptação e da gestão de riscos de desastres

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

naturais. Por isso, diversas organizações internacionais já estão apoiando países para explorar o potencial de transferência de risco, seja pelo desenvolvimento de instrumentos usualmente associados a um pagamento, como os seguros, ou por mecanismos usualmente informais e sem pagamento, como as compensações.

Contudo, os mecanismos financeiros para gerir riscos de extremos hidrológicos são mais investigados e difundidos para proteção de perdas de inundações devido à grande frequência de ocorrência desse evento em nível mundial e o seu impacto sobre os centros urbanos (JHA, 2012). Na Austrália, por exemplo, além de seguros clássicos, o governo tem um sistema formal para compensar os estados e os usuários por perdas oriundas de inundação (MA, 2012).

Com outra perspectiva, esse relatório apresenta uma proposta de criação de um sistema de compensação financeira para utilização em períodos de escassez hídrica, susceptível de proporcionar um significativo ganho em alternativa para o gerenciamento e o planejamento dos recursos hídricos. Foi exposto, também, a estrutura administrativa, os procedimentos de implantação, além das formas de contingenciamento e fiscalização dos recursos envolvidos.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

2 - GESTÃO DE RISCO

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

2 - GESTÃO DE RISCO

2.1 - O RISCO E O SEU GERENCIAMENTO

O risco tem sido percebido pelo homem há muitos séculos e, desde o aparecimento do seu conceito, estudiosos têm procurado várias maneiras de mitigá-lo, seja por transferência ou por compartilhamento.

Devido à amplitude deste conceito, muitas vezes, risco e incerteza foram citados como sinônimos. No entanto, fazer a devida distinção é importante para uma gestão efetiva do risco. Segundo Knight (1921), risco é a aleatoriedade mensurável dos eventos futuros, ou seja, pode ser usada alguma função de distribuição de probabilidade capaz de descrever o valor dos eventos futuros. Já a incerteza, para o mesmo autor, é a aleatoriedade não mensurável dos eventos futuros.

Na hidrologia, risco corresponde à probabilidade ou possibilidade de ocorrência de eventos, fatos ou resultados indesejáveis (VIEIRA, 2005), enquanto que, na teoria da decisão, o risco deve incluir tanto a probabilidade de ocorrência quanto as consequências desse evento. Com isso, a probabilidade de um grande terremoto pode ser pequena, mas, os danos tão catastróficos, que o evento poderia ser classificado como de alto risco (DAMODARAN, 2009).

O risco depende dos processos de decisão e esses só podem ser realizados no presente. Além disso, ninguém consegue conhecer mais do que uma pequena fração dos riscos que se encontram em seu redor (AREOSA, 2008), pois, no limite, sempre haverá alguma incerteza em todos os eventos práticos e a sociedade será incapaz de mensurar precisamente todos os efeitos que afetam os eventos futuros (KNIGHT, 1921). Assim, a visão dos atores sociais sobre os riscos aos quais estão sujeitos é sempre parcial ou incompleta.

Dessa forma, a percepção do risco está relacionada com o comportamento dos agentes expostos a ele. Segundo Gitman (2004), são três os comportamentos básicos em relação ao risco: indiferença, propensão e aversão. No caso de indiferença, não

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

haveria nenhuma variação de retorno exigida em razão de uma variação nos níveis de risco. Em uma situação de propensão a risco, o agente estaria disposto a assumir até mesmo um retorno menor correlacionado a um risco maior. Em um comportamento de aversão ao risco, o agente exige um retorno mais alto em função da elevação do risco.

De acordo com *National Institute of Standards and Technology* (2011), há quatro componentes de gestão de risco. O primeiro componente é estabelecer um contexto de risco com o objetivo de identificar as ameaças, as vulnerabilidades e as consequências do impacto. O segundo é avaliar o risco de acordo com o contexto definido. O terceiro componente de gestão de risco aborda como as pessoas ou as instituições respondem aos riscos. O último componente é monitorar o risco ao longo do tempo.

Conforme a ISO 31000:2009 (ABNT, 2012), o processo de gestão de riscos compõe-se de cinco componentes estruturais (**Figura 2.1**): Comunicação e consulta, Estabelecimento do contexto, Avaliação do Risco, Tratamento do Risco e Monitoramento e análise crítica. Cada um deles está descrito a seguir:

i) Comunicação e consulta - tem o intuito de esclarecer os fundamentos sobre os quais as decisões são tomadas e as razões pelas quais ações específicas são requeridas bem como, para identificar as diferentes percepções de risco;

ii) Estabelecimento do contexto – este item busca ajudar a organização a articular seus objetivos dentro do ambiente que ela pretende atingir. Além disso, a organização deverá definir os critérios a serem utilizados para avaliar a significância do risco;

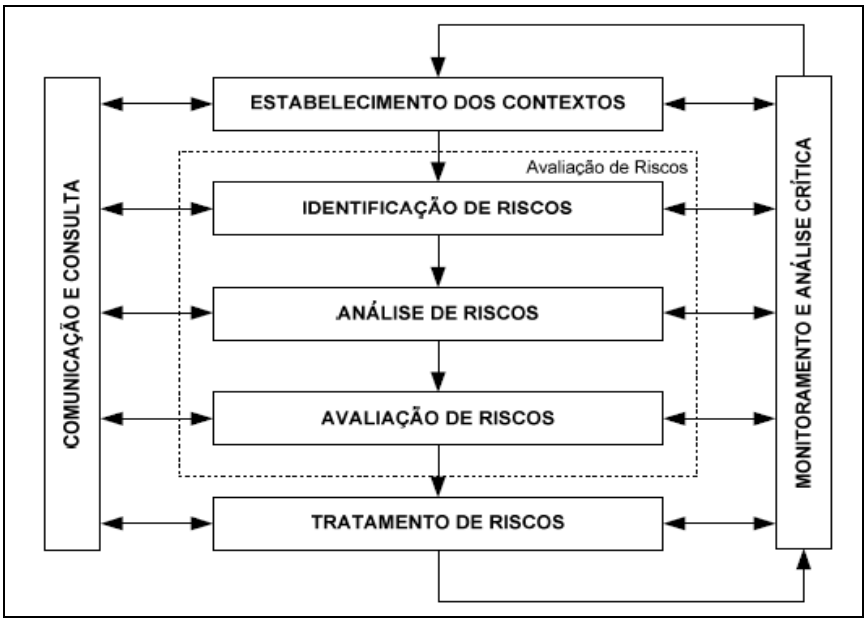
iii) Avaliação de riscos - procedimento de identificar, analisar e decidir quais riscos devem ser gerenciados primeiro. A identificação dos riscos é a etapa em que todos os riscos são listados, estando suas fontes sob o controle ou não da organização. Além de identificar os riscos, é necessário considerar possíveis causas e cenários que mostrem que consequências podem ocorrer. A análise de riscos é a fase em que se determina a magnitude do risco por meio da combinação das consequências e de suas probabilidades;

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

iv) Tratamento do risco - medidas para modificar os riscos e as formas de implementar essas medidas. Com isso, pode-se eliminar a causa dos riscos e alterar a sua probabilidade de ocorrência e seu efeito;

v) Monitoramento e análise crítica – deve ser realizado durante todo o processo de gestão de risco a fim de que ele seja eficiente e eficaz.

A gestão de riscos climáticos, especificamente, requer o desenvolvimento de instrumentos e/ou estratégias que possam aumentar a resiliência do sistema. De acordo com Holling (1996), resiliência é a capacidade intrínseca de um sistema em manter sua integridade no decorrer do tempo, sobretudo em relação a pressões externas. A principal característica de um sistema resiliente é sua flexibilidade e capacidade de perceber ou, eventualmente, criar opções para enfrentar situações imprevistas e de risco.



Fonte: ABNT (2012).

Figura 2.1 - Processo de Gestão de Riscos.

No entanto, a resiliência de sistemas sócio-naturais é, em muitas situações, dependente da capacidade das sociedades humanas envolvidas processarem, no tempo disponível, todas as informações necessárias para lidar eficazmente com a dinâmica complexa do sistema como um todo (VAN DER LEEUW; ASCHAN-

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

LEYGONIE, 2002). Considerar a resiliência no processo de gestão dos recursos hídricos aumenta a capacidade do sistema sócio-natural sustentar-se em face da imprevisibilidade, da surpresa, dos riscos e da complexidade.

Para Folke *et al.* (2002), duas ferramentas são úteis para construir um sistema sócio-natural resiliente: a estruturação de cenários e a gestão adaptativa. O uso de cenários futuros ajuda a alcançar ou evitar determinados resultados na gestão da seca. Em uma visão prospectiva, os cenários devem ser construídos de acordo com um conjunto de princípios para que possam ser concebidos como seus instrumentos privilegiados. Eles devem surgir de modo lógico (num encadeado de causas e efeitos) do passado e do presente e devem ser desenvolvidos segundo linhas de raciocínio corretas. Desse modo, os cenários são uma etapa de um processo que tem como objetivo final a definição de uma estratégia robusta[1] e eficaz.

A gestão adaptativa permite construir um contexto social com instituições flexíveis e abertas de forma a aumentar a capacidade de adaptação sem excluir o desenvolvimento. Ela é uma alternativa para orientar a ação em ambiente de complexidade e incerteza.

Entende-se que a adaptação é um processo de mudança estrutural em um sistema como resposta a perturbações externas, e a adaptabilidade refere-se à capacidade dos componentes sociais do sistema sócio-ecológico influenciar e gerir a resiliência do sistema (WALKER *et al*, 2004).

Cysne (2012) ressalta que a adaptação dos sistemas é um procedimento que requer o envolvimento dos diversos setores interessados. Sendo necessário, ainda, um entendimento das vulnerabilidades existentes entre os indivíduos e comunidades, assim como o ambiente social, institucional, biofísico e político.

[1]A estratégia robusta busca responder como serão alimentadas as decisões dos gestores dos recursos hídricos ao longo do tempo e como se chegar a um desenvolvimento sustentável para que haja o uso mais eficiente possível dos recursos hídricos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005). Ela interroga sobre as escolhas possíveis e os riscos irreversíveis (GODET, 2000).

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Dessa forma, para se desenvolver uma gestão adaptativa, é preciso identificar limites e detectar qualquer crise irreversível, combinar fontes de informação e conhecimento, desenvolver a capacidade de lidar com a incerteza e preservar a diversidade da riqueza ecológica e social como fonte de renovação (LEBEL *et al*., 2006).

2.2 - GESTÃO DE RISCO DE SECA

A seca é característica usual do clima e ocorre, praticamente, em todos os países, em algum grau. Segundo Wilhite e Glantz (1985) existem basicamente quatro tipos de seca que são: meteorológicas ou climatológicas, agrícola, hidrológica e socioeconômica.

Ao longo dos anos, diversas medidas têm sido aplicadas, desde o nível familiar ao nível nacional, para minimizar os efeitos da seca. Segundo o Colorado Water Conservation Board (2010), essas medidas ou ações têm sido utilizadas em situações de emergência após a ocorrência do evento e não são contínuas, ou seja, elas são esquecidas no período chuvoso. Nesse contexto, a seca só entra na agenda dos tomadores de decisão quando ela ocorre, depois, que ela finda, o tema sai da agenda. Esse fato impõe ineficiências importantes nas ações relacionadas às secas.

As ações tomadas pós-seca caracterizam a abordagem reativa ou de gestão de crise que define ações de Resposta e Recuperação a serem realizadas pelos diversos agentes sociais durante uma seca (WILHITE, 2000). Essa abordagem de gestão tem sido criticada por cientistas e instituições como ineficiente e ineficaz devido à multiplicidade e a complexidade dos impactos associados à seca. Além disso, a ameaça de um aumento na frequência dos eventos extremos no futuro, os custos associados aos impactos, à redução da qualidade das águas e à vulnerabilidade das sociedades tem contribuído para o desenvolvimento de novas políticas de preparação a seca.

Com isso, surge um novo paradigma da gestão de seca que tem como base a gestão de risco que prevê antes e durante a seca, ações de mitigação, preparação, monitoramento e alerta precoce (**Figura 2.2**). De acordo com Wilhite *et al*, (2000), a

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

pergunta que divide esses dois tipos de abordagem é *"*o que se faz quando não há seca*"*?

Fonte: Wilhite et al, (2000).

Figura 2.2 - Planejamento de seca na visão da gestão de risco.

A gestão de risco inclui uma visão proativa com a elaboração de planos de preparação de seca que contenham ações de curto e longo prazo e um sistema de alerta precoce. Este plano deve ter como pilares o monitoramento e o alerta precoce (ao contrário da gestão reativa que se baseava no monitoramento e resposta), a avaliação de riscos e impactos e a elaboração de ações e/ou programas de preparação, mitigação e resposta a seca. O monitoramento está associado ao uso de índices/indicadores apropriados e ligados a impactos e gatilhos e ao desenvolvimento de um sistema de suporte a decisão.

A gestão da seca em seu sentido mais amplo deve integrar: o planejamento geral dos sistemas de água com ações para garantir o equilíbrio entre a disponibilidade e a procura em horizontes futuros; regras de operação dos sistemas hídricos em condições normais e regras para cenários futuros de seca; e, estratégias de gestão e resolução

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

de cenários operacionais para mitigar as condições de seca (GONZÁLEZ; MORCILLO, 2007).

Planejamentos realizados corretamente e implementados durante os períodos sem seca podem melhorar a capacidade governamental para responder de uma forma antecipada e eficaz à escassez hídrica. Assim, o planejamento pode reduzir e, em alguns casos, evitar impactos, minimizando o sofrimento físico e emocional. O planejamento é um processo dinâmico e deve incorporar ambas as tecnologias tradicionais e emergentes e levar em consideração as tendências socioeconômicas, agrícolas, tecnológicas e políticas (WILHITE, 1996).

A elaboração de estratégias de gestão ao risco climático requer a integração de instrumentos de proteção ao risco às informações climáticas e ao aparato institucional. Isso porque existe um custo social associado ao uso dos recursos hídricos que não é contabilizado e que tem influência na alocação eficiente entre os diversos usuários.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

3 - MECANISMOS FINANCEIROS PARA A PROTEÇÃO AO RISCO

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

3 - MECANISMOS FINANCEIROS PARA A PROTEÇÃO AO RISCO

Esta seção foi descrita no relatório de Seguro Agrícola. Pode-se considerar como mecanismos para proteção ao risco climático: os seguros clássicos, a compensação financeira e os derivativos climáticos.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

4 - PROPOSTA

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

4 - PROPOSTA

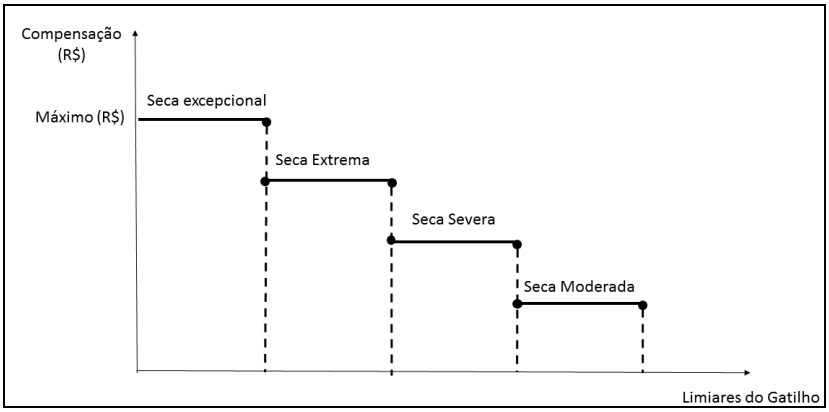
O mecanismo de compensação será utilizado para indenizar os usuários que tiverem suas garantias efetivamente reduzidas, isto é, a vazão outorgada não foi entregue ao usuário. Desse modo, apenas os usuários outorgados poderão receber a compensação financeira.

4.1 - GATILHOS E ESTIMATIVA DO VALOR

A compensação financeira será ativada quando o usuário tiver recebido água com garantia menor que a garantia outorgada. Devido a variabilidade climática sugere-se que a alocação de água esteja previamente definida conforme explicitado no Relatório que descreve o sistema de cobrança em função de garantias diferenciadas.

O valor da compensação financeira aumenta à medida que a seca se torna mais severa. Para esse estudo foram delineados quatro estados de severidade de seca: seca moderada, seca severa, seca extrema, seca excepcional.

A seca moderada corresponde à fase de menor impacto aos agentes sociais e econômicos. A seca severa pressupõe a persistência da seca. O terceiro estado marca o agravamento desse evento, podendo gerar uma situação crítica de escassez hídrica aos agentes, enquanto que a seca excepcional é situação mais grave e que pode gerar impactos sociais e econômicos de longo alcance.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4.1 - Regra de operação do mecanismo financeiro.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Os estados de seca podem ser definidos por meio de índices que podem ser construídos baseados na precipitação, vazão, volume armazenado entre outras variáveis. Um índice baseado na vazão pode ser construído conforme descrito por Shukla e Wood (2008). Este índice é denominado Indíce Normalizado de Vazão – SRI e retrata os aspectos hidrológicos da seca ao incorporar processos que determinam defasagens sazonais na influência do clima na vazão.

O SRI é definido para a escala temporal de 4 meses e expresso matematicamente conforme a equação 1:

$$\mathbf{índice} = \varphi^{-1}[F(x)] \qquad (1)$$

Em que, φ a função de distribuição normal reduzida.

A distribuição de probabilidade utilizada no ajuste dos dados de vazão é a gama de dois parâmetros, definida por:

$$\mathbf{f(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, x > 0} \qquad (2)$$

em que α> 0 é o parâmetros de forma, β> 0 o parâmetro de escala, x é a variável aleatória em estudo. A função gama está descrita pela equação 3.

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-y} dx \qquad (3)$$

A distribuição gama só está definida para x> 0 logo, quando um dado mês apresenta valores nulos, faz-se necessário o uso de uma distribuição mista, dada por:

$$F(x) = q + (1-q)G(x) \qquad (4)$$

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

onde G(x) é uma função gama incompleta, que é a função de distribuição estimada a partir dos valores não nulos da série de dados utilizada e q a probabilidade de zeros na amostra.

A compensação para cada estado de seca será estimada como um percentual (K_i) dos benefícios obtidos com o uso da água (B_j) sendo calculada para cada estado de severidade de seca conforme o **Quadro 4.1**.

Quadro 4.1 - Estimativa das compensações financeiras.

Estado de Seca	Compensação (R$)
Normal	0,00
Seca Moderada	$K_1 * B_j$
Seca Severa	$K_2 * B_j$
Seca Extrema	$K_3 * B_j$
Seca Excepcional	$K_4 * B_j$

Fonte: Elaborado pelo autor.

K_i representa os percentuais que impactam o benefício em cada estado de seca sendo:

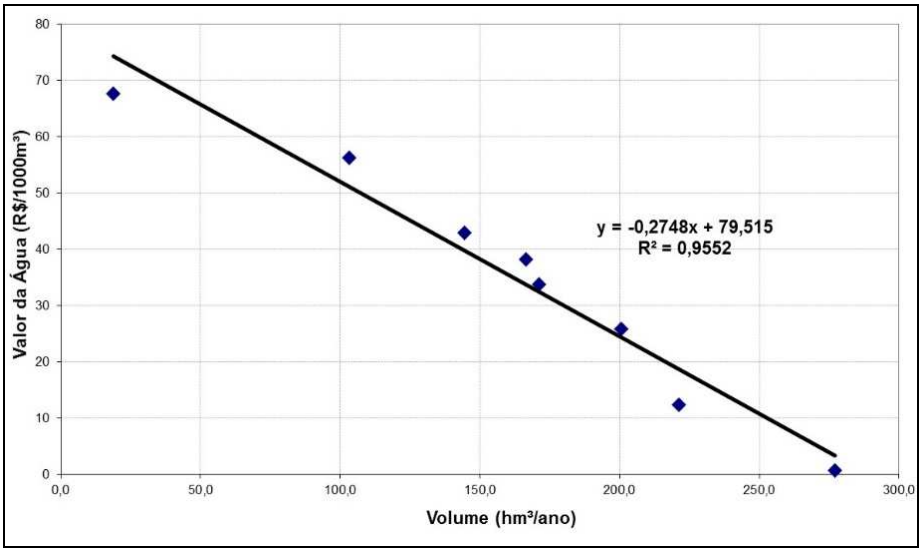
$K_1 < K_2 < K_3 < K_4$.

Os benefícios podem ser calculados utilizando as funções propostas por Souza Filho e Brown (2009), que foram geradas a partir da integração das curvas de demanda do abastecimento urbano e da irrigação. Contudo, em outros estudos, essas funções podem ser atualizadas ou redefinidas, no caso de outros locais de aplicação.

A curva de demanda da irrigação (**Figura 4.2**) foi construída por meio da relação entre o volume de água demandado pelos irrigantes do Jaguaribe e o valor da água. Esse valor representa a capacidade de pagamento dos irrigantes, a qual foi estimada com

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

base nos dados obtidos pelo estudo de definição e implementação da política tarifária de água bruta no estado do Ceará da SRH (2002a).



Fonte: Souza Filho e Brown (2009).

Figura 4.2 - Curva de demanda dos irrigantes da bacia do Jaguaribe - Ceará.

As funções benefícios utilizadas nesse estudo estão expostas nas formulações 5 e 6:

$$B_{i,t} = \frac{-0.137 * Q_{i,t}{}^2 + 79.51 * Q_{i,t}}{1000} \qquad (5)$$

$$B_{u,t} = (-4{,}75 * (\frac{Q_{u,t}}{12})^{-0{,}818} + 2{,}17) * 12 \qquad (6)$$

Em que:

$B_{i,t}$ – Função benefício da irrigação em milhões de reais no ano t;

$B_{u,t}$ – Função benefício do abastecimento urbano em milhões de reais;

$Q_{i,t}$ – Vazão atendida da irrigação, em hm³/ano;

$Q_{u,t}$ - Vazão atendida do setor de abastecimento urbano, em hm³/ano.

Os recursos financeiros necessários para o pagamento da compensação podem ser oriundos do excedente da cobrança em períodos úmidos. Desse modo, faz-se

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

necessário a implementação de um fundo de regularização para guardar esses recursos.

A liberação dos recursos para pagamento da compensação será realizada após a identificação da ocorrência de um dos níveis de severidade da seca hidrológica e da comprovação da redução da garantia hídrica. Esta seca está relacionada com uma deficiência no volume de água disponível, incluindo lençol freático, reservatórios e rios.

O fluxo de funcionamento do mecanismo de compensação está exposto na **Figura 4.3**. No âmbito do plano de seca do sistema hídrico, definem-se os níveis de racionamento, os limiares dos estados de seca para cada zona do reservatório e a vazão disponível para a alocação. Essa vazão é rateada por meio do sistema de garantias diferenciadas. Com isso, todos os usuários outorgados são submetidos à cobrança e participam do sistema de compensação bem como do sistema de fiscalização. Aquele usuário que foi submetido a racionamento e não recebeu a garantia hídrica especificada na outorga de água será compensado.

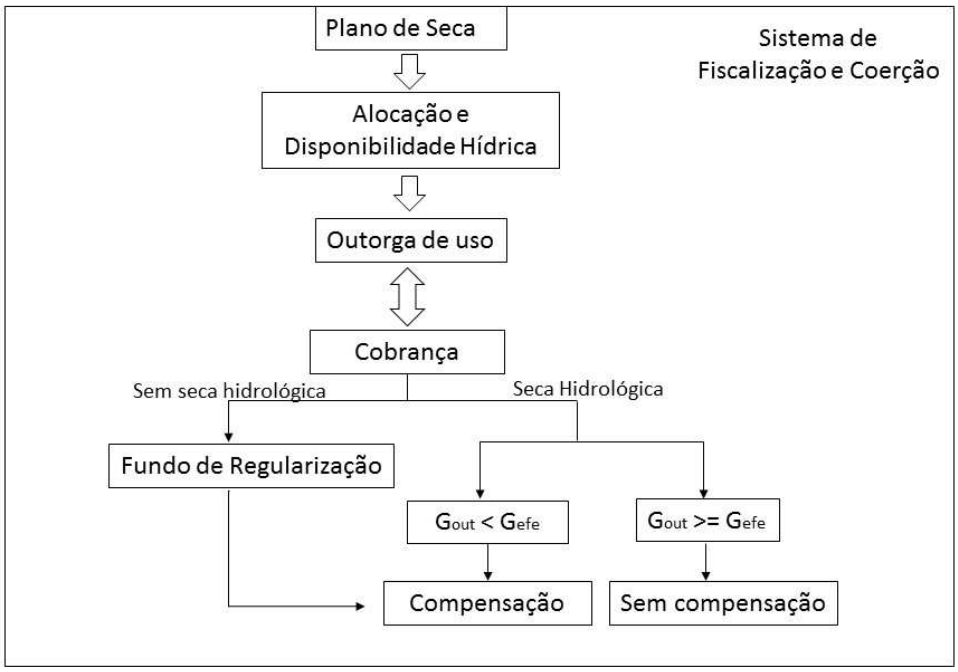


Figura 4.3 - Fluxo do mecanismo de compensação.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

4.2 - AJUSTES NO MODELO ATUAL

Faz-se necessário dois ajustes no modelo atual para a incorporação do mecanismo de compensação financeira:

- Associação entre a cobrança e a outorga de uso, isto é, deve-se cobrar e compensar o usuário outorgado - isto pode ser obtido por meio da implementação do sistema de cobrança em função das garantias diferenciadas;
- Associação entre a alocação de longo prazo e curto prazo – nesse caso, o Comitê de Bacia teria que definir inicialmente as regras de priorização para alocação de água entre os usuários de uma mesma categoria de uso em períodos de escassez hídrica, visto que a Lei de Recursos Hídricos considera como uso prioritário apenas o abastecimento humano e a dessedentação animal. Isso poderia ser realizado com a implementação do plano operacional de seca.

Sugere-se que o custo da compensação seja incluído no atual modelo de cobrança. Este seria um componente associado à garantia hídrica no período de seca e à administração do mecanismo.

O Comitê de Bacia Hidrográfica deve ter a função de acompanhar a efetivação da compensação financeira em período de escassez. Esta é uma forma de garantir a legitimidade do sistema. Segundo Oliveira (2008), um dos fatores do sucesso da implantação de qualquer política pública é a participação da sociedade civil. No caso de uma política pública na área de recursos hídricos, o espaço adequado e legítimo é o comitê da bacia hidrográfica.

Faz-se necessário, também, a implementação de sistema de fiscalização e coerção que garanta a efetividade do direito de uso por intermédio do poder de polícia do Estado para a identificação do infrator (fiscalização) e punição do mesmo (regras claras de multa e pagamento de danos).

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

5 - ESTRUTURA ADMINISTRATIVA

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

5 - ESTRUTURA ADMINISTRATIVA

A estrutura administrativa necessária para a efetivação do mecanismo de compensação financeira é:

- Secretaria dos Recursos Hídricos – Emissão das outorgas;
- Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – Efetivação da Cobrança; Elaboração do Plano Operacional de Secados Sistemas Hídricos; Fiscalização e Coerção do direito de uso; Operacionalização do fundo de regularização;
- Comitê de Bacia – Definição dos níveis de racionamento para cada zona do reservatório;
- Conselho Estadual dos Recursos Hídricos – Fiscalizador dos Recursos Financeiros a serem utilizados para pagamento das Compensações.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

6 - FORMAS DE CONTINGENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO DOS RECURSOS

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

6 - FORMAS DE CONTINGENCIAMENTO E FISCALIZAÇÃO DOS RECURSOS

Conforme o estado do Ceará seja impactado pela variabilidade climática decadal, ter-se-ia um acúmulo de recursos financeiros devido a ocorrência de décadas úmidas, isto é, de longos períodos sem ocorrência do sinistro. Diante desse cenário, é necessário a blindagem dos recursos financeiros a fim de que o fundo de regularização tenha solvência para pagar as indenizações num certo período de tempo.

Uma forma de blindagem seria a contratação de um Banco de Desenvolvimento para a operacionalização do fundo. Esse excedente seria a diferença entre os valores de compensações efetivadas e o limite financeiro necessário para pagar as indenizações caso ocorra até 10 anos de seca.

Para fiscalizar os recursos, um demonstrativo das entradas e saída de recursos do fundo de regularização deverá ser apresentado periodicamente ao Conselho Estadual dos Hídrico e ao Fórum de Comitês de Bacia que deverá aprovar ou não a operação.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

7 - PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

7 - PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO

Tem-se os seguintes procedimentos para a implementação da compensação financeira:

- Construção do design do mecanismo de compensação;
- Incorporação do preço da escassez no valor da cobrança – O preço cobrado atualmente não incorpora o aumento dos custos que ocorrem no período de escassez hídrica;
- Elaboração do plano operacional de seca dos sistemas hídricos – Este plano é necessário para estabelecer a regra de operação do sistema nos anos normais e secos. É no âmbito desse plano que se define os limiares para o zoneamento do reservatório e os níveis de severidade de seca;
- Criação e implementação do fundo de regularização – Necessário para guardar os recursos oriundos da cobrança, que serão utilizados, posteriormente, para o pagamento das compensações;
- Efetivação do contrato com um Banco de Desenvolvimento para operacionalizar o fundo de regularização;
- Aplicação de um projeto-piloto – Sugere-se, inicialmente, a aplicação em uma única bacia por um período pré-determinado. Esta aplicação pode ser utilizada como uma base para a discussão com os usuários de água e fornecerá indicações mais claras sobre o compromisso da compensação. Esta discussão também fornece feedback sobre o design do modelo;
- Deflagração do atual estado de seca do sistema hídrico – Pode ser realizado por meio de decreto. É necessário para efetivar o pagamento das compensações;
- Ajustes no mecanismo – Caso seja observado a necessidade de alguma modificação no design proposto inicialmente;
- Implementação do mecanismo.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

8 - APLICAÇÃO DE UM MODELO DE COMPENSAÇÃO

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

8 - APLICAÇÃO DE UM MODELO DE COMPENSAÇÃO

A alocação de água realizada em período de escassez hídrica impõe restrições de usos e, assim, perda de garantia hídrica para usuários de uma mesma categoria. Com isso, propõe-se que os usuários que assumiram o risco de falha recebam uma compensação financeira.

Esta seção busca aplicar o mecanismo de compensação financeira para um sistema de reservatórios que atende a diferentes setores usuários. Para isso, utilizou-se o módulo de alocação de água do programa Acquanet de forma que fossem consideradas as definições feitas para o mecanismo financeiro no modelo agregado.

Usou-se um limiar baseado no nível de racionamento para zonear os reservatórios. Esse limiar tem como variável central a vazão disponível para alocação (retirada controlada). A escolha dessa variável deu-se pela relação existente entre ela e o volume armazenado (**Figura 8.1**). Essa relação possibilita que o gatilho obtenha um bom desempenho tanto para a probabilidade de detecção de seca (POD), quanto para o falso alarme (FAR).

O POD mostra o desempenho dos índices quanto à identificação de um evento de seca. Assim, o melhor desempenho ocorrerá quando o POD for igual a 100%. A razão de falso alarme corresponde à proporção dos eventos de seca identificados pelos índices que não se materializaram (SCHAEFER, 1990).

Dessa forma, as faixas que marcam o estado das águas superficiais do reservatório são limitadas por um percentual da retirada máxima (considerada o valor do Q90 no modelo agregado). Esse percentual foi denominado de coeficiente de racionamento (Crac) e decrescem conforme aumenta a severidade da seca (**Quadro 8.1**).

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

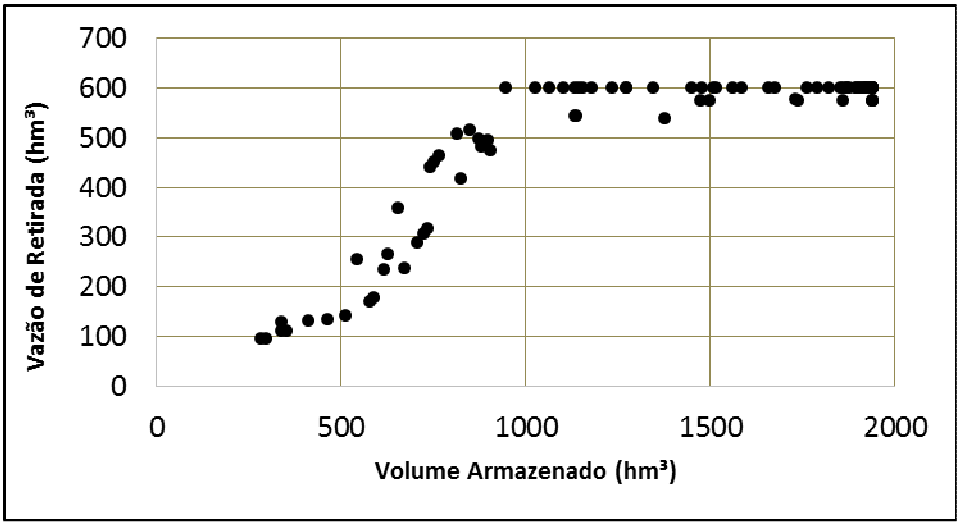


Figura 8.1 - Relação entre a retirada controlada e o volume armazenado no reservatório.

Quadro 8.1 - Limiares do gatilho Nível de Racionamento.

Estado	Limites
Normal	$R_t > (Crac1 \times R_{max})$
Seca Moderada	$(Crac2 \times R_{max}) \leq R_t < (Crac1 \times R_{max})$
Seca Severa	$(Crac3 \times R_{max}) \leq R_t < (Crac2 \times R_{max})$
Seca Extrema	$(Crac4 \times R_{max}) \leq R_t < (Crac3 \times R_{max})$
Seca Excepcional	$R_t \leq (Crac4 \times R_{max})$

8.1 - ALOCAÇÃO DE ÁGUA

A vazão disponível para alocação foi obtida por meio da operação do sistema hídrico com vazão zero. A tomada de decisão foi realizada em julho com um horizonte de simulação de 24 meses por intermédio do modo de simulação planejamento tático.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

No modo planejamento tático, as condições iniciais são sempre conhecidas e afetam significativamente os resultados da simulação face ao pequeno horizonte de interesse (ROBERTO, 2002). Deste modo, apresentam-se os dados de entrada para a simulação:

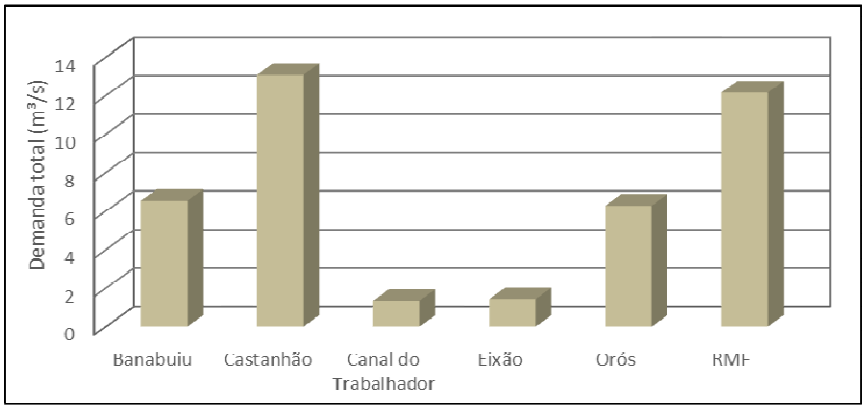
- Vazão Afluente

Foram realizadas simulações com os seguintes períodos críticos das séries de vazão afluente: primeiro biênio mais seco, quinto biênio mais seco, décimo biênio mais seco e o vigésimo quinto biênio mais seco.

As séries de afluência foram obtidas no relatório de regionalização de vazões da UFC/COGERH (2013) para o período de 1912 a 2012. Neste relatório foi utilizado o modelo SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure), para a calibração e geração de vazões, com discretização temporal mensal.

- Demandas

O sistema Jaguaribe-Metropolitano possui uma demanda hídrica[2] de 40,81m³/s. Desse total, 29,8% advém da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e 70,2% pertencem à bacia do Jaguaribe (**Figura 8.2**).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8.2 - Demandas do sistema Jaguaribe-Metropolitano por localização dos usuários (m³/s).

[2] Informação concedida pela COGERH em janeiro de 2015.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Para efeito de simulação, as demandas foram categorizadas em oito grupos e simuladas com a mesma prioridade: abastecimento humano, indústria, irrigação temporária, irrigação permanente, dessedentação animal, consumo difuso, perdas e ambiental (**Quadro 8.2**); sendo que a demanda da irrigação temporária foi concentrada nos meses de julho a dezembro e as demandas dos outros grupos foram consideradas contínuas ao longo do período de simulação.

- Volumes Máximo e Mínimo

A capacidade de acumulação de cada reservatório foi atribuída como volume máximo (**Quadro 8.3**). Vale lembrar que no reservatório Castanhão podem ser armazenados 6.700 hm³, contudo 2.200 hm³ são volumes para controle de cheias.

Os volumes iniciais foram obtidos do portal hidrológico do Governo do Estado e da COGERH. Adotou-se o mês de julho como referência para os anos de 2012 a 2014 e o mês de maio para o ano de 2015 (**Quadro 8.3**).

Ressalta-se que o reservatório Curral Velho foi utilizado como reservatório de passagem e o Aracoiaba como uma reserva estratégica de água.

- Taxa de evaporação e Curva Cota-Área-Volume

As curvas cota-área-volume foram obtidas junto à COGERH. Os dados de evaporação foram retirados das Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Metereologia (INMET) que utiliza o Evaporímetro de Piché para cálculo destes valores. As séries dos reservatórios são aquelas disponíveis na estação mais próxima ao mesmo. No modelo de alocação do programa Acquanet, as perdas por evaporação dos reservatórios são levadas em conta por meio de processo iterativo.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Quadro 8.2 - Demandas do Sistema Jaguaribe-Metropolitano por finalidade de uso (m³/s).

Sistema	Finalidade	Legenda na Rede de Fluxo	Demanda (m³/s)
Banabuiú	Abastecimento Humano	AH_Banabuiu	0,184
	Dessedentação Animal	DESS_Banabuiu	0,013
	Irrigação Permanente	IR_Banabuiu_Perm	3,758
	Irrigação Temporária	IR_Banabuiu_Temp	2,571
Canal do Trabalhador	Abastecimento Humano	AH_CT	0,120
	Dessedentação Animal	DESS_CT	0,050
	Irrigação Permanente	IR_CT_Perm	0,075
	Irrigação Temporária	IR_CT_Temp	0,600
	Perdas	Perdas_CT	0,500
Castanhão	Abastecimento Humano	AH_BM	0,419
	Perenização do Rio Jaguaribe	Ambiental_BM	1,000
	Carcinicultura	Carcinicultura	0,810
	Dessedentação Animal	DESS_BM	0,050
	Irrigação Permanente	IR_BM_Perm	6,680
	Irrigação Temporária	IR_BM_Temp	4,110
Eixão (Trechos 1, 2, 3 e 4)	Abastecimento Humano	AH_EIxao_T3	0,150
	Abastecimento Humano	AH_Eixao_T4	0,025
	Dessedentação Animal	DESS_Eixao_T1	0,001
	Dessedentação Animal	DESS_Eixao_T2	0,001
	Indústria Betânia	Ind_Eixao_T1	0,009
	Irrigação Permanente	IR_EixaoT1_Perm	0,330
	Irrigação Temporária	IR_EixaoT1_Temp	0,007
	Irrigação Permanente	IR_EixaoT2_Perm	0,141
	Irrigação Temporária	IR_EixaoT2_Temp	0,050
	Irrigação Permanente	IR_EixaoT3_Perm	0,035
	Irrigação Temporária	IR_EixaoT3_Temp	0,090
	Perdas	Perdas_Eixao3	0,282
	Consumo Difuso	Perdas_Eixao4	0,307
Orós	Abastecimento Humano	AH_Oros	0,180
	Turbinas Feitiçeiro	Ambiental_Oros	0,150
	Consumo Difuso	ConsDif_Oros	2,900
	Irrigação Permanente	IR_Oros_Perm	1,700
	Irrigação Temporária	IR_Oros_Temp	1,350
RMF	Abastecimento de Cascavel, Beberibe e EB* Ererê	AH_RMF1	0,538
	Abastecimento de Itaitinga, Horizonte, Pacajus e Choro.	AH_RMF2	0,275
	EB Gavião, ETA Gavião e ETA Oeste*	AH_RMF3	10,300
	Abastecimento das Indústrias Bernas e Jandaia	Ind1_RMF	0,040
	Abastecimwnto da Ambev	Ind2_RMF	0,120
	Abastecimento do CIPP	IND3_RMF	0,880
	Perdas	Perdas_RMF	0,007

Fonte: Elaborado pelo autor.
*EB – Estação de Bombeamento e ETA – Estação de Tratamento de Água.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Quadro 8.3 - Volumes característicos dos reservatórios do sistema Jaguaribe-Metropolitano

Reservatórios	Volume máximo (hm³)	Volumes Iniciais (hm³)			
		jul/2012	jul/2013	jul/2014	mai/2015
Aracoiaba	170,7	167,2	97,9	62,6	43,1
Banabuiu	1.601	1.067,3	652,1	263,2	20,7
Castanhão	4.451	4.451	3421,5	2.525,1	1.442,6
Curral Velho	12,2	9,5	9,5	9,5	9,5
Gavião	32,9	30,5	30,6	31,0	31,3
Orós	1.940	1.648	1.183,3	1.184,6	863,9
Pacajus	240	145,0	91,0	72,5	67,7
Pacoti-Riachão	420	142,9	153,3	162,3	214,7

Fonte: Dados da SRH (2013) e Ceará (2014).

- Volumes Metas e Prioridades do Reservatório

No modelo Acquanet, a operação dos reservatórios é realizada utilizando-se o conceito de volume meta, ao qual se atribui uma prioridade. Desta forma, sempre que o volume armazenado for menor que o volume meta, o reservatório guardará água desde que as outras prioridades da rede sejam menores.

O **Quadro 8.4** expõe os volumes metas dos reservatórios do sistema Jaguaribe-Metropolitano e suas respectivas prioridades. O volume meta é representado como um percentual do volume máximo. Admitiu-se que a região do Jaguaribe sempre teria que atender a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), assim, as prioridades dos reservatórios do Jaguaribe são menores. Os valores de prioridades foram estabelecidos de forma que na rede de fluxo pudessem ser inseridos todos os usuários e o algoritmo pudesse realizar a alocação de água entre eles.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Quadro 8.4 - Volume meta e prioridades dos reservatórios do sistema Jaguaribe-Metropolitano

Reservatórios	Volume meta (%)	Prioridade
Aracoiaba	1	60
Banabuiu	0,2	55
Castanhão	0,15	65
Curral_Velho	0,77	1
Gavião	0,95	7
Orós	0,15	75
Pacajus	0,15	40
Pacoti-Riachão	0,25	50

- Restrições operacionais

A operação real do sistema Jaguaribe-Metropolitano está sujeita a restrições físicas de capacidade do transporte de água nos canais e operacionais de volumes mínimos necessários para o bombeamento das águas.

Deste modo, nas simulações foram adotadas as seguintes restrições:

- Capacidade máxima do trecho entre o Pacoti/Riachão e Gavião – 30m³/s
- Capacidade máxima do Canal do Trabalhador – 4,80m³/s
- Capacidade máxima do trecho entre o Orós e o Castanhão – 3m³/s
- Capacidade máxima do trecho entre o Pacajus e o Pacoti/Riachão (EB1) – 4,65m³/s
- Volume mínimo do Gavião – 30,549 hm³
- Volume mínimo do Pacoti/Riachão – 100hm³
- Volume mínimo do Pacajus – 34 hm³.

8.2 - MECANISMO DE COMPENSAÇÃO FINANCEIRA

A compensação financeira foi projetada para o setor de irrigação devido à perda de garantia hídrica no período de escassez. Ela foi estimada em função da quantidade de água utilizada, isto é, os irrigantes recebem o mesmo pagamento independentemente do tipo de cultura plantada.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

8.2.1 - Estimativa da compensação financeira

O valor da compensação financeira para cada estado de seca foi representado por um percentual do benefício da irrigação em cada sistema (B_j), como pode ser visualizado no **Quadro 8.5**. Para os percentuais adotaram-se os mesmos valores determinados no modelo agregado.

Quadro 8.5 - Estimativa das compensações financeiras para o sistema Jaguaribe-Metropolitano.

Estado de Seca	Compensação (R$)
Normal	0,00
Seca Moderada	20% * B_j
Seca Severa	40% * B_j
Seca Extrema	60% * B_j
Seca Excepcional	80% * B_j

Fonte: Elaborado pelo autor.

As funções benefício por sistema (**Quadro 8.6**) foram geradas por meio da integração das curvas de demanda desagregadas (**Quadro 8.6**), admitindo o critério de homogeneidade das culturas.

Assim como a função de benefício da bacia, as funções por sistema também possuem rendimentos decrescentes a partir de uma determinada vazão alocada. A irrigação atendida pelo reservatório Orós, por exemplo, apresentou rendimentos decrescentes ao ultrapassar a vazão de 82,10hm³/ano.

A curva de demanda agregada foi apresentada na **Figura 8.3**. Sua desagregação por sistema foi realizada com base na parcela da demanda da irrigação pertencente a cada sistema. A irrigação da bacia do Jaguaribe possui uma demanda de 628,64 hm³/ano. Desse total, 29,44% pertence aos usuários atendidos pelo reservatório do Banabuiú, 50,19% aos usuários abastecidos pelo Castanhão, 3,14% são demandados pelos

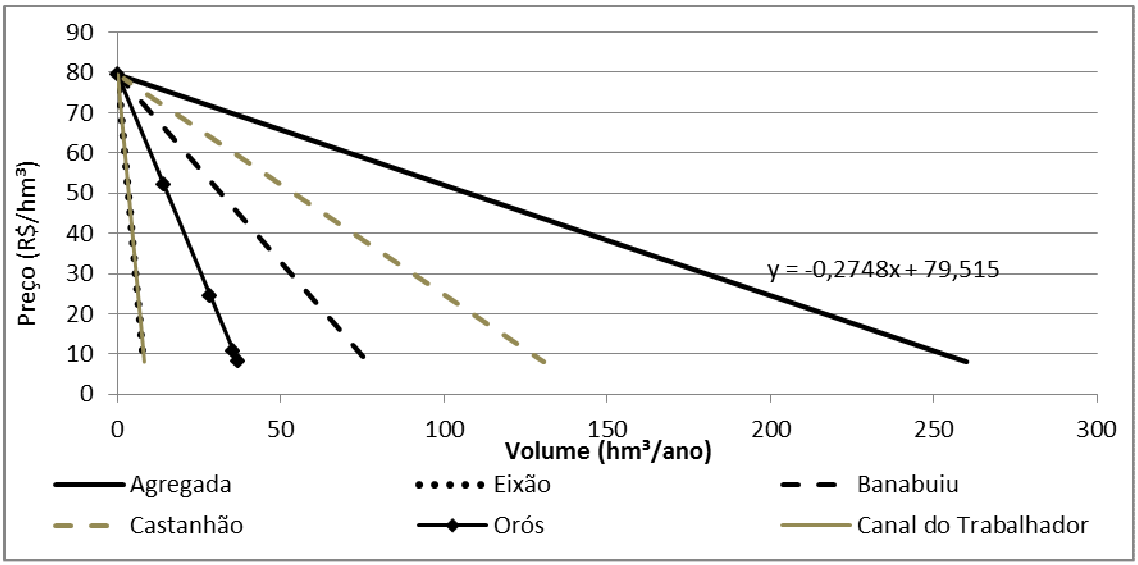
Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

usuários que recebe água do Canal do Trabalhador, 3,04% do Eixão e 14,19% é o percentual requerido pelos usuários do Orós.

Quadro 8.6 - Função benefício da irrigação por sistema.

Sistema	Funções (Milhões de Reais)	Vazão Máxima (hm³/ano)
Banabuiú	$B = \frac{-\left(^{0,467}/_{2}\right).Q^2 + 79,515Q}{1000}$	170,4
Canal do Trabalhador	$B = \frac{-\left(^{4,376}/_{2}\right).Q^2 + 79,515Q}{1000}$	18,2
Castanhão	$B = \frac{-\left(^{0,2774}/_{2}\right).Q^2 + 79,515Q}{1000}$	290,5
Eixão	$B = \frac{-\left(^{4,523}/_{2}\right).Q^2 + 79,515Q}{1000}$	17,6
Orós	$B = \frac{-\left(^{0,967}/_{2}\right).Q^2 + 79,515Q}{1000}$	82,1

Fonte: Elaborado pelo autor.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8.3 - Curva de demanda desagregada por sistema.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Apesar de serem definidos os benefícios para a irrigação abastecida pelas águas transportadas pelo Canal do Trabalhador e Eixão, o pagamento da compensação financeira foi operado conforme o estado das águas do reservatório Castanhão.

8.2.2 - Gatilhos do mecanismo: Definição do estado das águas superficiais

O nível de Racionamento foi considerado como gatilho, sendo que, nesse caso, a retirada máxima correspondeu a demanda total do sistema (40,81m³/s). Os limiares que definem cada faixa do estado das águas superficiais podem ser visualizados no **Quadro 8.7**.

Quadro 8.7 - Limiares do Nível de Racionamento para o sistema Jaguaribe-Metropolitano.

Estado	Nível de Racionamento (m³/s)
Normal	R_t > (92% * 40,81)
Seca Moderada	(62% *40,81) ≤ R_t < (92% * 40,81)
Seca Severa	(28% * 40,81) ≤ R_t< (62% * 40,81)
Seca Extrema	(10% * 40,81) ≤ R_t < (28% * 40,81)
Seca Excepcional	R_t ≤ (10% * 40,81)

Fonte: Elaborado pelo autor.

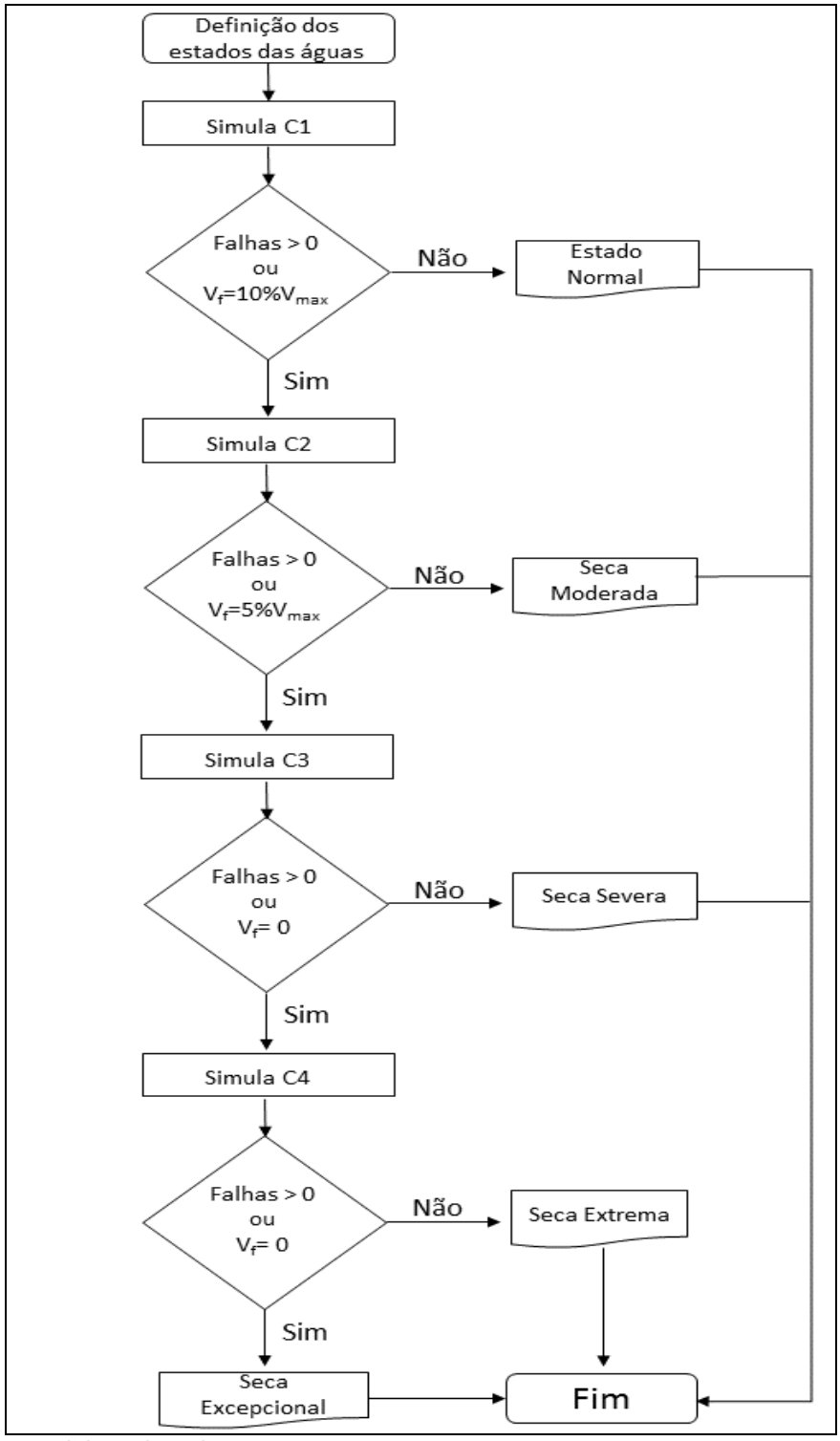
Com as faixas delimitadas, a definição dos estados das águas dos reservatórios utilizando o modelo Acquanet ocorreu realizando as simulações em quatro cenários (**Quadro 8.8**), com as condições apresentadas no modelo de alocação. Após as simulações, avaliou-se as falhas das demandas e o volume final dos reservatórios de acordo com o fluxo de decisão apresentado na **Figura 8.4**.

Quadro 8.8 - Cenários de simulação para definição do estado das águas dos reservatórios

Cenários	Retirada do sistema (m³/s)
C1	34,54
C2	25,30
C3	11,43
C4	4,08

Fonte: Elaborado pelo autor.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br



Fonte: Elaborado pelo autor.
*Vmax simboliza volume máximo do reservatório.

Figura 8.4 - Fluxograma de decisão do estado das águas dos reservatórios

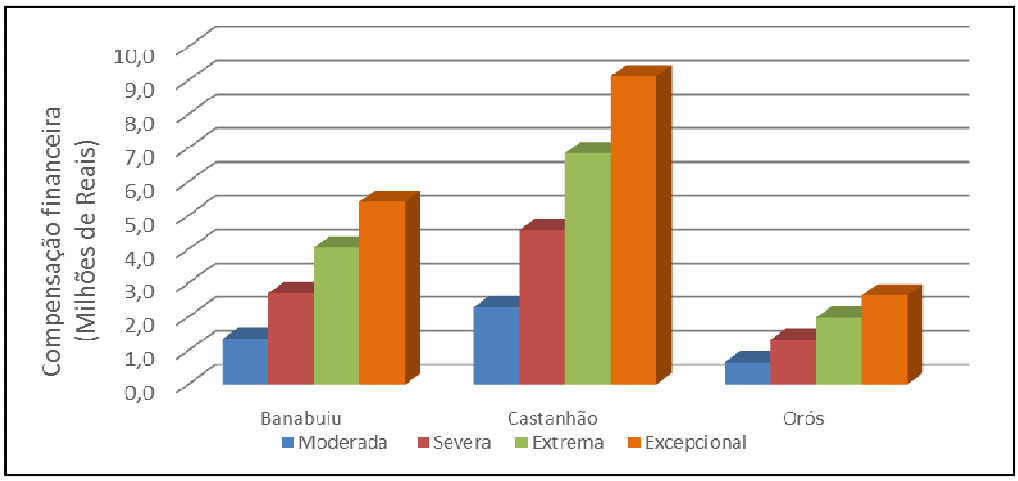
Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

8.3 - RESULTADOS

A compensação financeira foi arquitetada no intuito de ressarcir a irrigação pela perda de garantia hídrica, assim, ela foi calculada em função da quantidade de água requerida por esse setor.

Contudo, a agricultura perene necessita de água mesmo em anos muito secos para manter os cultivares vivos; sendo necessário resguardar um determinado volume de água com garantia (prioridade) de abastecimento mais elevada para salvar essa cultura. Adotou-se, por suposição, que a fração necessária de água para a irrigação de salvação é de 30% da demanda total da cultura perene. Com isso, o mecanismo financeiro foi orçado para uma demanda de 17,18m³/s, que corresponde a 100% do volume requerido pela irrigação temporária e 70% do volume demandado pela irrigação perene.

Deste modo, o setor de irrigação atendido pelo Banabuiú possui compensações variando de R$1.350.394,87 (quando for acionada a seca moderada) a R$ 5.402.579,43 (seca excepcional). Para a irrigação do Orós, as compensações variaram entre R$ 659.413,06 (seca moderada) e R$ 2.637.652,23 (seca excepcional). **Figura 8.5**.



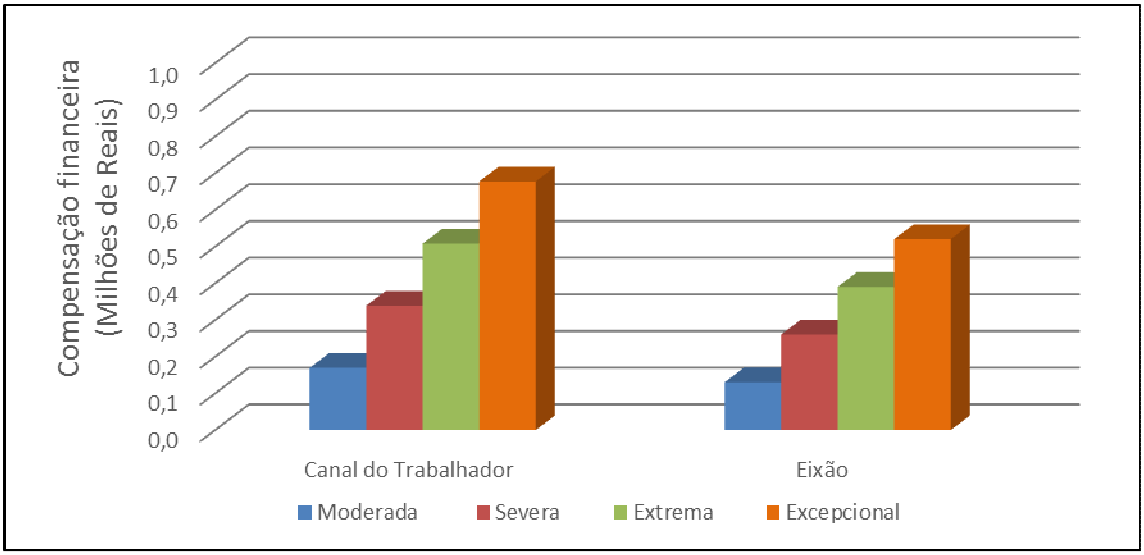
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8.5 - Valores de compensação financeira da irrigação abastecida pelos reservatórios Banabuiú, Castanhão e Orós com exceção da irrigação do Canal do Trabalhador e Eixão

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Para a irrigação do Canal do Trabalhador obteve-se os seguintes valores de compensação: R$ 169.396,46 ao ser acionado seca moderada no Castanhão, R$ 338.792,93 quando o reservatório estiver em seca severa, R$ 508.189,39 na seca extrema, e R$ 677.585,86 na seca excepcional (**Figura 8.6**).

A irrigação do Eixão das Águas possui os menores valores de compensação financeira em virtude de sua menor representatividade na demanda da bacia do Jaguaribe. Os valores calculados para essa irrigação foram: R$ 130.117,25 quando o Castanhão estiver em seca moderada, R$ 260.234,51 ao ser acionado seca severa, R$ 390.351,70 na seca extrema e R$ 520.469,01 na seca excepcional (**Figura 8.6**).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8.6 - Valores de compensação financeira da irrigação atendidas pelas águas do Canal do Trabalhador e do Eixão.

Para aplicar o mecanismo de compensação financeira ao sistema Jaguaribe-Metropolitano foi utilizado o período crítico de 1930 a 1932. Esse período é o biênio mais seco para o sistema Jaguaribe-Metropolitano, com vazão média de 23,047m³/s.

Considerando as vazões desse biênio realizou-se a operação do sistema com vazão zero no período de julho a dezembro, admitindo as prioridades dos volumes metas e das demandas descritas no modelo de alocação, analisando-se qual o estado de seca dos reservatórios e qual o montante de recursos necessários para pagar a

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

compensação. Esses resultados estão expostos para cada um desses biênios na sequência do texto.

O comportamento dos volumes finais dos reservatórios do Jaguaribe e da RMF, após a simulação do cenário 1 (92% da demanda total) e da definição dos estados de seca, estão expostos nas **Figuras 8.8 e 8.9**, respectivamente.

Considerando os volumes iniciais dos anos de 2012 e 2013 nenhum reservatório do Jaguaribe atingiu volumes menores que 10% da capacidade máxima e todas as demandas foram atendidas. Por outro lado, com o volume inicial de 2014, o Banabuiú atingiu um volume de 145,47hm³, sinalizando que este reservatório se apresentava em algum nível de seca. Com a simulação do cenário 2, isto é, operando o sistema com 62% das demandas totais verifica-se que o Banabuiú eleva seu volume final para 231,64hm³ e nenhum de seus usuários foi submetido a falhas (**Figura 8.10**).

Utilizando a condição inicial de volume do ano de 2015 (**Figura 8.8d**) verificou-se que tanto o Banabuiú quanto o Castanhão atingiram volumes menores que 10% da sua capacidade máxima, o que implica no acionamento do mecanismo financeiro. Além disso, os grupos de usuários do Banabuiú foram submetidos a falhas nos cenários 1, 2 e 3.

No cenário 1, a irrigação abastecida pelo Banabuiú apresentou um déficit da demanda integral de 47,77% (**Figura 8.11**). No cenário 2, esse déficit reduziu-se para 40,18% (**Figura 8.12**). No cenário 3 averiguou-se um déficit de 18,78% (**Figura 8.13**) enquanto que, no cenário 4, o déficit foi zero.

Com base nas simulações, definiu-se os estados das águas apresentados pelo **Quadro 8.9** para os reservatórios da bacia do Jaguaribe, lembrando que todos os reservatórios da RMF se mostraram em estado Normal para o biênio de 1930 a 1932.

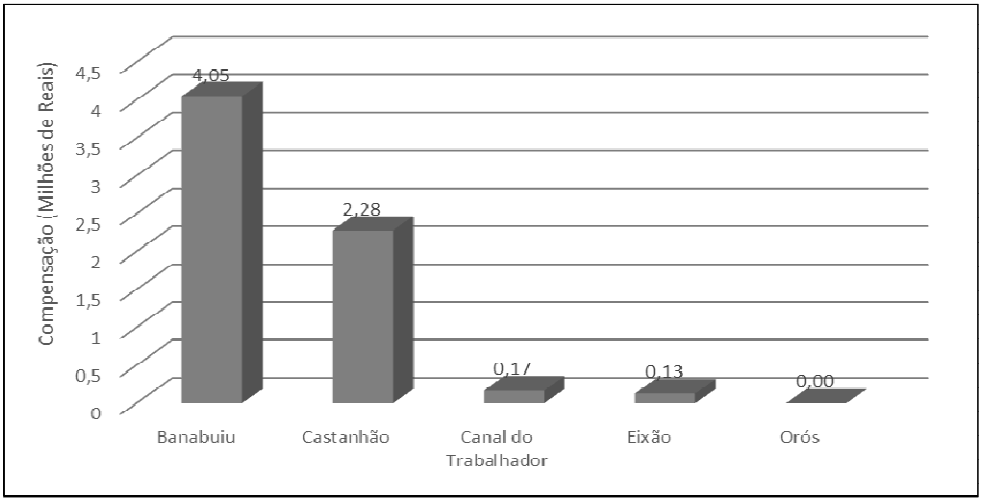
Desta forma, caso as afluências do período de julho de 2015 a julho de 2017 se comportassem igual as afluências do biênio de 1930 a 1932, seria necessário o valor de 6.631.644,44 reais para pagar a compensação da irrigação (**Figura 8.7**).

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Quadro 8.9 - Estado das águas do reservatório para o período de 1930 a 1932.

Volume Inicial	Estado das Águas Superficiais (1930-1932)		
	Banabuiú	Castanhão	Orós
jul/2012	Normal	Normal	Normal
jul/2013	Normal	Normal	Normal
jul/2014	Moderada	Normal	Normal
mai/2015	Extrema	Moderada	Normal

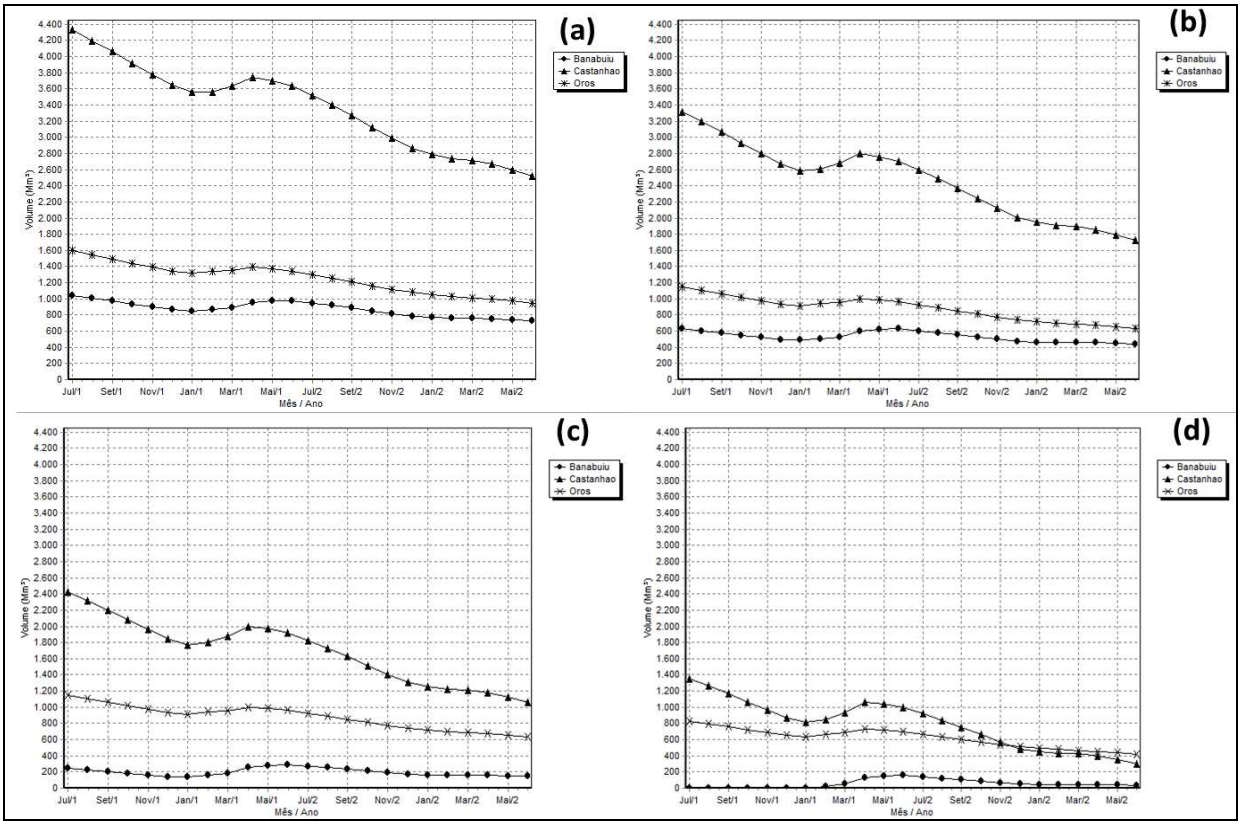
Fonte: Elaborado pelo autor.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8.7 - Compensação financeira considerando o biênio de 1930 a 1932

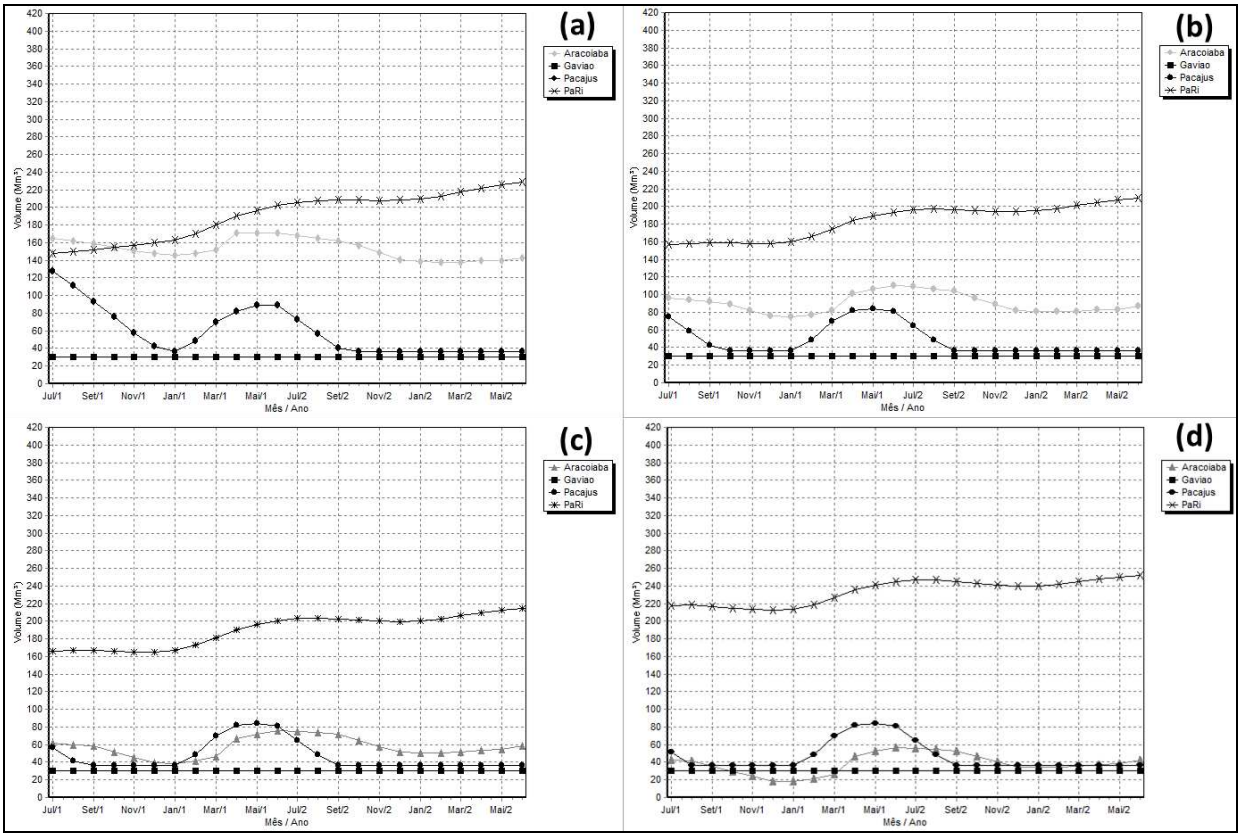
Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8.8 - Volume finais dos reservatórios da bacia do Jaguaribe após a simulação do Cenário 1 para o período de 1930 a 1932 com o volumes iniciais de: (a) 2012, (b) 2013 (c) 2014 e (d) 2015.

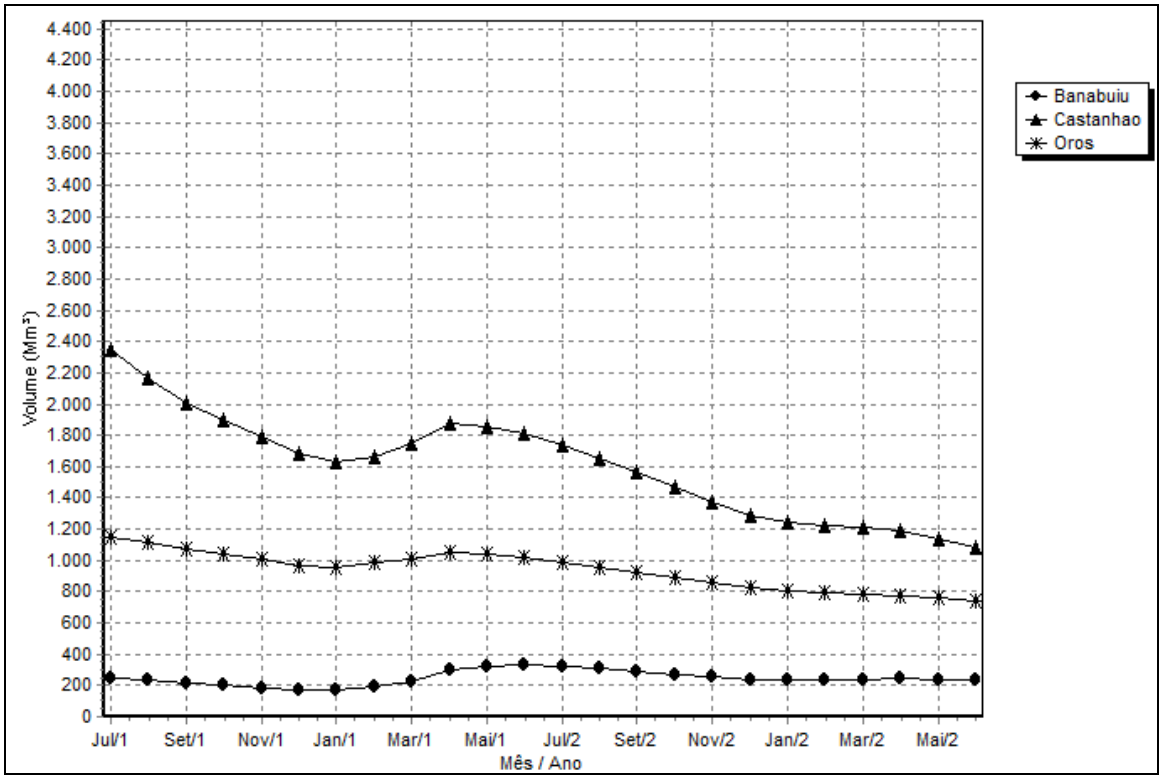
Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br



Fonte: Elaborado pelo autor.

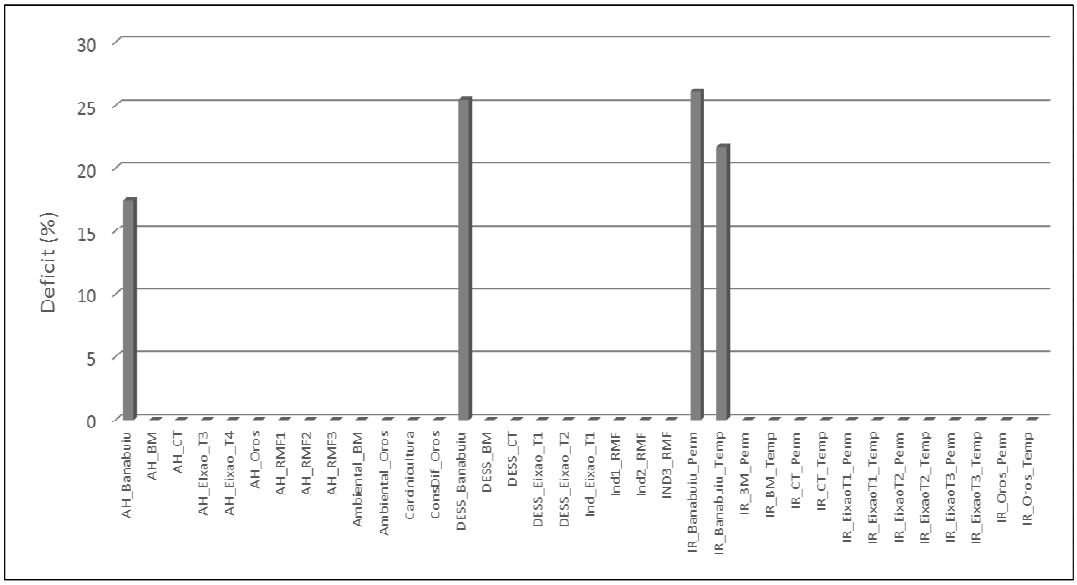
Figura 8.9 - Volume finais dos reservatórios da bacia Metropolitana após a simulação do Cenário 1 para o período de 1930 a 1932 com o volumes iniciais de: (a) 2012, (b) 2013 (c) 2014 e (d) 2015.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br



Fonte: Elaborado pelo autor.

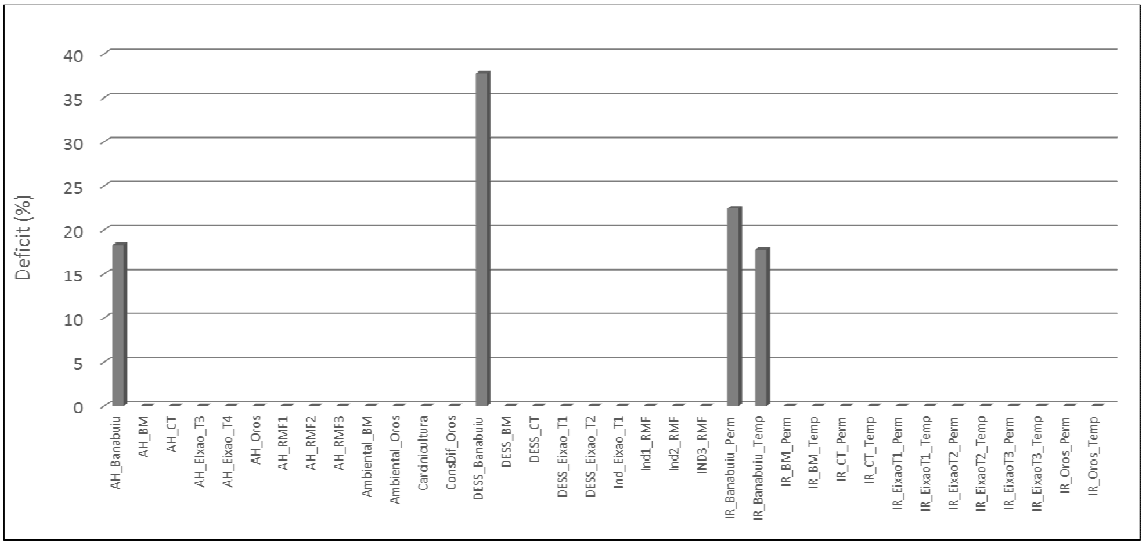
Figura 8.10 - Comportamento do volume dos reservatórios da bacia do Jaguaribe após a simulação do Cenário 2 (62% da demanda) para o período de 1930 a 1932 com o volume inicial de 2014.



Fonte: Elaborado pelo autor.

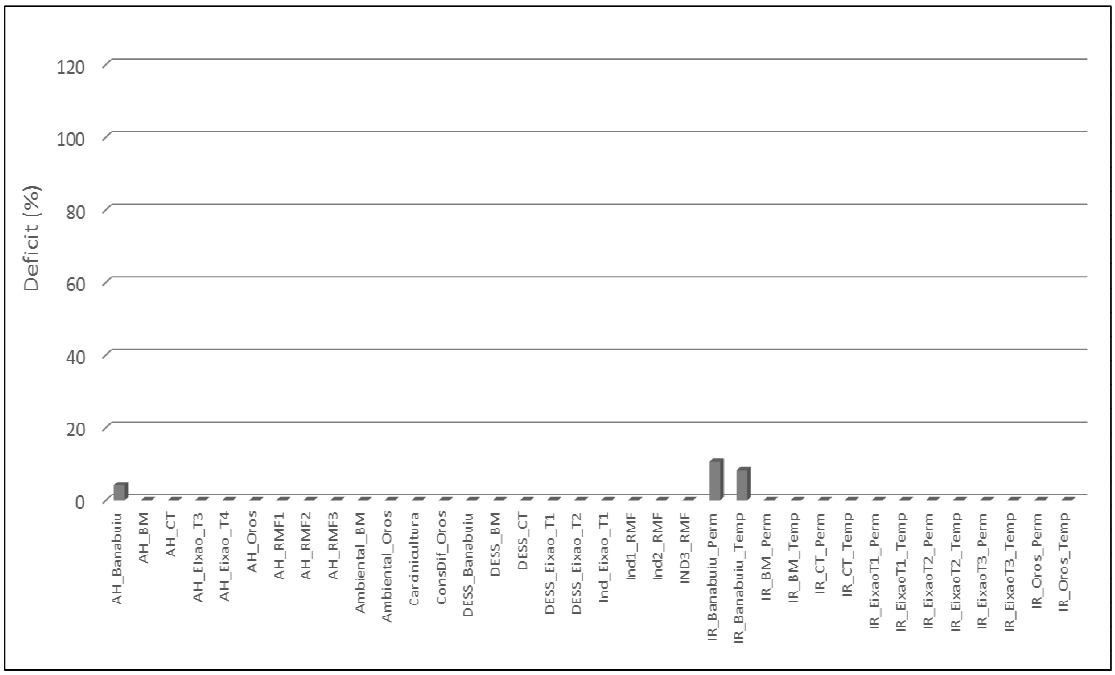
Figura 8.11 - Déficit das demandas do sistema Jaguaribe-Metropolitano após a simulação do Cenário 1 (92% da demanda) com o volume inicial de 2015 e o período de 1930 a 1932.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8.12 - Déficit das demandas do sistema Jaguaribe-Metropolitano após a simulação do Cenário 2 (62% da demanda) com o volume inicial de 2015 e o período de 1930 a 1932.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8.13 - Déficit das demandas do sistema Jaguaribe-Metropolitano após a simulação do Cenário 3 (28% da demanda) com o volume inicial de 2015 e o período de 1930 a 1932.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Nesta aplicação, o mecanismo financeiro foi acionado conforme o estado das águas superficiais do sistema hídrico, isto é, sempre que o reservatório apresentou estado de seca pagou-se a compensação para o usuário que perdeu garantia hídrica. Para isso, foram definidos cinco estados: normal, seca moderada, seca severa, seca extrema e seca excepcional.

Os estados de seca foram delimitados por limiares. Esses limiares foram construídos conforme o nível de racionamento. Este indicador iniciou o disparo à compensação, quando o volume disponível para alocação se igualou a 92% da retirada máxima, nesse modelo, considerando a vazão com noventa por cento de garantia.

Verifica-se a necessidade de implementação de medidas de fiscalização e coerção na operacionalização do mecanismo financeiro uma vez que o gatilho pode sofrer algum nível de risco moral.

Os volumes iniciais dos reservatórios (volumes registrados em julho de 1912, 1913, 1914 e maio de 1915), evidenciaram que o total precipitado sobre o sistema Jaguaribe-Metropolitano não foi suficiente para recuperar as recargas dos reservatórios, fazendo com que, a partir de 2014, já fosse detectado algum estado de seca neste sistema.

Contudo, as simulações apontaram que os reservatórios, apesar de estarem interligados, apresentam estados de seca diferenciados no mesmo cenário. Assim, neste modelo observou-se a ocorrência de secas locais.

Os reservatórios da RMF, especificamente, não apresentaram estado de seca em nenhuma condição estudada. Isso ocorreu devido a ordem de prioridade do volume meta adotado na pesquisa e comprovou a situação de transferência de risco observada no modelo agregado. Nesse caso, o risco de seca é transferido da RMF para a bacia do Jaguaribe.

Na bacia do Jaguaribe, o maior usuário em termos de volume de água demandado é a irrigação, assim, esse setor também é o mais impactado quando reduz-se os

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

níveis dos reservatórios. Esse fato ressalta a importância da compensação financeira como mecanismo de gestão de risco na alocação de água.

O mecanismo de compensação financeira foi construído em função da quantidade de água demandada pela irrigação, sem levar em consideração o tipo de cultura. Isso pode ocasionar um descontentamento para usuários que irrigam culturas de alto valor comercial admitindo que o preço da água para ele deveria ter um valor mais elevado que para o usuário que cultiva uma espécie de baixo valor comercial.

Sabendo que o mecanismo de compensação foi construído para o setor de irrigação, avalia-se também, com base nas simulações do modelo desagregado, que é necessário discutir o desenvolvimento de medidas de gestão de risco para os outros grupos de usuários que também perdem suas garantias hídricas no período de escassez. Para a bacia do Banabuiú, por exemplo, as simulações expõem a necessidade de um plano de gestão de risco de seca que contenha medidas de mitigação para as cidades e toda a zona rural abastecida por esse reservatório.

Observou-se que o mecanismo financeiro pode ser operacionalizado por meio do instrumento de cobrança pelo uso da água, sendo necessário um fundo de regularização dos recursos arrecadados.

Assim, conclui-se que a compensação financeira é uma opção viável tanto para os gestores de recursos hídricos, que terão maior flexibilidade nas suas decisões, quanto para os usuários menos prioritários do processo de alocação de água, que poderão ter seus rendimentos elevados mesmo com a redução da garantia hídrica.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **ABNT NBR ISSO/IEC 31010** – Gestão de Riscos: Técnicas para o processo de Avaliação de Riscos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012, 96 p.

BROWN, C.; CARRIQUIRY, M. Managing hydroclimatological risk to water supply with option contracts and reservoir index insurance. **Water Resources Research**, v. 43, W11423, doi: 10.1029/2007WR006093, 2007.

COURBAGE, C.; STAHEL, R. W. Insurance and extreme events. In: The Geneva Reports – Risk and Insurance Research nº5. **Extreme events and insurance horribilis**, The Geneva Association, 2012, 147p.

CYSNE, A. P. **Modelo de governança adaptativa para os recursos hídricos utilizando cenários climáticos**. 2012. 159 f. Tese (Doutorado). Pós – Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará, 2012.

DAMODARAM, A. **Gestão estratégica do risco**: uma referência para a tomada de riscos empresariais. Porto Alegre: Bookman, 1ª ed., 2009, 394p.

FOLKE, C.; CARPENTER, S.; ELMQVIST, T.; GUNDERSON, L.; HOLLING, C. S.; WALKER, B. Resilience and sustainable development: Building adaptive capacity in a world of transformations. *AMBIO*: **A Journal of the Human Environment**, v. 31, n.5, p. 437-440, 2002.

FOLKE, C., HAHN, T., OLSSON, P., NORBERG, J. **Adaptive governance of socialecological systems**. Annu. Rev. Environ. Resour. 30: 441–73, 2005.

GITMAN, L. **Princípios de administração financeira**. 10 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

GODET, M. **A caixa de ferramentas da prospectiva estratégica**. Lisboa: CEPES, n.1, 97p, 2000.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

GONZÁLEZ, F. C.; MORCILLO, J. C. **Guía para la elaboración de planes de emergência por sequía em sistemas de abastecimiento urbano**. Ministerio de Medio Ambiente: Associación Española de abastecimentos de agua y saneamento. 83p. 2007.

GRIGG, N. S. **Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases**. New York: McGraw-Hill. 540p. 1996

HOLLING, C.S. Surprise for science, resilience for ecosystems and incentives for people. **Ecological Applications**, v. 6, n. 3, p. 733-735, 1996.

JHA, A.; BLOCH, R.; LAMOND, J. **Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century.** Washington: The World Bank. 2012.

KNIGHT, F. H. **Risk, Uncertainty and Profit**. New York: Hart, Schaffner and Marx, 1921.

KOCHER, M.; SUTTER M. Individual versus group behavior and the role of the decision-making procedure in gift-exchange experiments. **Empirica**, v. 34, n. 1, p. 63-88, 2007.

_____. The decision maker matters: Individual versus team behavior in experimental beauty-contest games. **Economic Journal**, v. 115, n. 500, p. 200-223, 2005.

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

LEBEL, L; ANDERIES, J.M.; CAMPBELL, B.; FOLKE, C.; HATFIELD-DODDS, S.;

LEIVA, A. J.; SKESS, J. R. Managing Irrigation Risk with Inflow-Based Derivatives: The Case of Rio Mayo Irrigation Districtin Sonora, Mexico. *American Agricultural*

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Economics Association Annual Meeting, Providence, Rhode Island, p. 24–27, 2005.

MA, Q. E. *et al.* Australia floods and their impacts on insurance. In: The Geneva Reports – Risk and Insurance Research nº5. **Extreme events and insurance horribilis**, The Geneva Association, 2012, 147p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Plano Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH): **Águas para o Futuro, Cenários de Recursos Hídricos para o Brasil 2020**. Brasília, MMA/SRH, v.3, 2005.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Managing Information Security Risks**. United States: NIST Special Publication 800-39, 2011, 88p.

OLIVEIRA, M. C. **Modelos de Alocação e Realocação de Água: um estudo de caso do programa "águas do vale" nos rios Jaguaribe e Banabuiú**. Especialização em Gestão dos Recursos Hídricos e Infraestrutura Hidráulica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

REDE DE CONECIMENTO DO CLIMA E DESENVOLVIMENTO. **Gerenciando extremos climáticos e desastres na América Latina e no Caribe**: Lições do relatório SREX. CDKN, 2012, 24p.

SRH. **Estudos para a definição e implementação da política tarifária de água bruta no estado do Ceará:** 5º Relatório. PROGERIRH-PILOTO/CE/SRH. 2002a.

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

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

VAN DER LEEUW, S.; ASCHAN-LEYGONIE, C. **A long-term perspective on resilience in socio-natural systems**. Workshop: System shocks - system resilience. Sweden, 2002.

VIEIRA, V. P. P. B. **Análise de risco em recursos hídricos**: Fundamentos e aplicações. Porto Alegre: Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 10, 372p. 2005.

WALKER, B.; HOLLING, C.S., CARPENTER, S.R. e KINZIG, A. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. **Ecology and Society**, v. 9, n. 2, 2004.

WILHITE, D. A.; Hayes M. J.; Knutson, C.; Smith K. H. Planning for drought: moving from crisis to risk management. **Journal of the American Water Resources Association**, 36(4), p. 697–710, 2000.

WORLD BANK. **Water Resources Management**. In: A World Bank Policy Paper. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, Washington, D.C., 141p. 1993.

ZAMBONETI, M. **Tomada de decisão em grupo e individual: uma análise da existência do efeito da disposição**. 2009. 74 f. Monografia (Graduação), Bacharelado em ciências Econômicas, universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

ZAVAGLIA, A. R.; MASTELLA, M.; KLOECKNER, G. O. Rentabilidade dos contratos futuros e de opções das commodities agrícolas soja e milho frente o mercado à vista. In: VIII Congresso Virtual Brasileiro de Administração, **Anais**..., p. 2 - 18, 2008.

Rua Silva Jatahy, 15 – 7º Andar – Meireles – Fortaleza – CE – CEP: 60.165-070 – Fone: (85) 3198.5000
Fax: (85) 3198.5004 - CNPJ 00.392.460/0001-02 - e-mail: ibi@ibiengenharia.com.br

Rua Silva Jatahy, Nº 15, Ed. Atlantic Center, 7º Andar
Meireles - Fortaleza/CE
CEP.: 60.165-070
Fone / Fax: (85) 3198.5000
ibi@ibiengenharia.com.br