



Água SÉRIE Brasil 8

Impacto das Mudanças do Clima e Projeções
de Demanda Sobre o Processo de Alocação de Água
em Duas Bacias do Nordeste Semiárido

Eduardo Sávio P. R. Martins

Cybele Frazão Costa Braga

Erwin De Nys

Francisco de Assis de Souza Filho

Marcos Airton de Souza Freitas

A Série Água Brasil do Banco Mundial apresenta, até o momento, as seguintes publicações:

1. “Estratégias de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil: Áreas de Cooperação com o Banco Mundial”
Autor: Francisco Lobato da Costa
2. “Sistemas de Suporte à Decisão para a Outorga de Direitos de Uso da Água no Brasil”
Autores: Alexandre M. Baltar, Luiz Gabriel Todt de Azevedo, Manuel Rêgo e Rubem La Laina Porto
3. “Recursos Hídricos e Saneamento na Região Metropolitana de São Paulo: um Desafio do Tamanho da Cidade”
Autora: Mônica Porto
4. “Água, Redução de Pobreza e Desenvolvimento Sustentável”
Autores: Abel Mejia, Luiz Gabriel Todt de Azevedo, Martin P. Gambrill, Alexandre M. Baltar e Thelma Triche
5. “Impactos e Externalidades Sociais da Irrigação no Semi-Árido Brasileiro”
Autores: Alberto Valdes, Elmar Wagner, Ivo Marzall, José Simas, Juan Morelli, Lilian Pena Pereira e Luiz Gabriel Todt de Azevedo
6. “Modelos de Gerenciamento de Recursos Hídricos: Análises e Proposta de Aperfeiçoamento do Sistema do Ceará”
Autor: Francisco José Coelho Teixeira
7. “Transferência de Água entre Bacias Hidrográficas”
Autores: Luiz Gabriel Todt de Azevedo, Rubem La Laina Porto, Arisvaldo Vieira Mélo Júnior, Juliana Garrido Pereira, Daniele La Porta Arrobas, Luiz Correa Noronha e Lilian Pena Pereira
8. “Impacto das Mudanças do Clima e Projeções de Demanda Sobre o Processo de Alocação de Água em Duas Bacias do Nordeste Semiárido”
Autores: Eduardo Sávio P. R. Martins, Cybelle Frazão Costa Braga, Erwin De Nys, Francisco de Assis de Souza Filho, Marcos Airton de Souza Freitas



SÉRIE Água Brasil 8

Impacto das Mudanças do Clima e Projeções
de Demanda Sobre o Processo de Alocação de Água
em Duas Bacias do Nordeste Semiárido

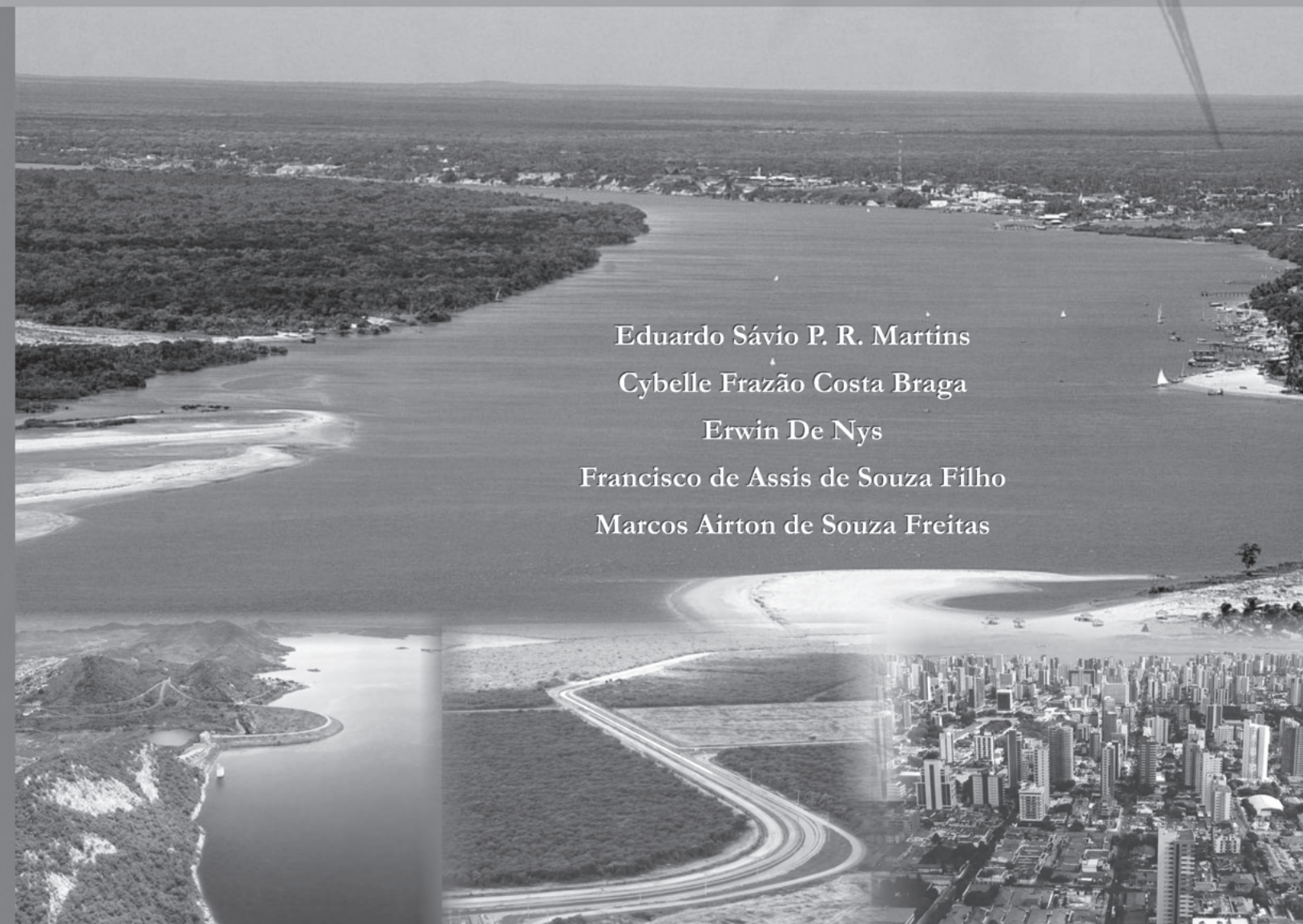
Eduardo Sávio P. R. Martins

Cybelle Frazão Costa Braga

Erwin De Nys

Francisco de Assis de Souza Filho

Marcos Airton de Souza Freitas



SÉRIE Água Brasil 8

**Impacto das Mudanças do Clima e Projeções de
Demanda Sobre o Processo de Alocação de Água em
Duas Bacias do Nordeste Semiárido**

Eduardo Sávio P. R. Martins

Cybelle Frazão Costa Braga

Erwin De Nys

Francisco de Assis de Souza Filho

Marcos Airton de Souza Freitas



Ministério do
Meio Ambiente



BRASÍLIA, DF
novembro, 2013

© Banco Mundial - Brasília, 2013

As opiniões, interpretações e conclusões aqui apresentadas são dos autores e não devem ser atribuídas, de modo algum, ao Banco Mundial, às suas instituições afiliadas, ao seu Conselho Diretor, ou aos países por eles representados. O Banco Mundial não garante a precisão da informação incluída nesta publicação e não aceita responsabilidade alguma por qualquer consequência de seu uso.

É permitida a reprodução total ou parcial do texto deste documento, desde que citada a fonte.

Banco Mundial

Impacto das Mudanças do Clima e Projeções de Demanda Sobre o Processo de Alocação de Água em Duas Bacias do Nordeste Semiárido – 1ª Edição (revisada) – Brasília – 2013

112p.

ISBN 978-85-63879-06-6

I - Autores: Martins, Eduardo Sávio P. R.; Braga, Cybelle Frazão Costa; De Nys, Erwin; Filho, Francisco de Assis de Souza; e Freitas, Marcos Airton de Souza.

Coordenação da Série Água Brasil

Erwin De Nys
Paula Silva Pedreira de Freitas

Projeto Gráfico e Impressão

Estação Gráfica
www.estagraf.com.br

Criação de Identidade Visual

Marcos Rebouças
TDA Desenho & Arte

Fotos da Capa

Flaminio Araripe
Jair Prandi
Portal Oros

Banco Mundial

SCN Quadra 2 Lote A
Ed. Corporate Financial Center, 7º andar
70712-900 - Brasília - DF, Brasil
Fone: (61) 3329 1000
www.bancomundial.org.br

Comentários e sugestões, favor enviar para: Erwin De Nys, edenys@worldbank.org

Agradecimentos

Esta publicação é o resultado de um processo de geração de conhecimento, debate e aprendizagem coletiva de um grupo de cerca de cinquenta profissionais de diferentes instituições do Brasil e do exterior que participaram ativamente da Assistência Técnica e suas quatro oficinas técnicas organizadas entre 2011 e 2012.

Fica destacar a riqueza de instituições participantes nas oficinas, o qual favoreceu o dinamismo das mesmas. Agradecemos em particular as seguintes instituições: Agência Nacional de Águas (ANA), Ministério da Integração Nacional (MI), Departamento Nacional de Obras contra a Seca (DNOCS), Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA), Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (SEMARH/RN), Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC), Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos de Pernambuco (SRHE), e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), entre outras.

Em especial cabe agradecer a presença e ativa participação dos Comitês de Bacia do Rio Piranhas-Açu e do Rio Jaguaribe, cujas opiniões foram fundamentais para serem incorporadas na análise dos resultados desta Assistência.

Além destas instituições, gostaríamos de agradecer a participação de pesquisadores e especialistas de universidades e instituições nacionais e internacionais, incluindo a Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Universidade de São Paulo (USP), Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Universidade de Brasília (UnB), Universidade do Estado do Ceará (UECE), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Universidad Politécnica de Valencia (Espanha), University of Arizona (Estados Unidos), Texas A&M University (Estados Unidos), University College of London (Reino Unido) e UK Environmental Agency (Reino Unido).

Agradecemos ao Water Partnership Program (WPP) e seus três principais doadores - os governos dos Países Baixos, o Reino Unido e Dinamarca, bem como ao Fundo Espanhol para a América Latina e o Caribe (SFLAC), cujo generoso apoio financeiro e experiência contribuíram muito para alcançar os resultados apresentados nesta publicação. Gostaríamos de agradecer também a Karin Kemper, Diretora de Política de Clima e Finanças do Banco Mundial, quem encaminhou a demanda de assistência técnica da ANA para a equipe do Banco, e nos incentivou e apoiou durante toda sua execução. Por fim, deixamos nossos agradecimentos à Vinícius Cruvinel Rêgo e Robson Franklin Vieira Silva por toda ajuda com a edição, sem a qual teria sido impossível transformar o relatório técnico em uma publicação da Série Água Brasil.

Banco Mundial



Vice-Presidente, Região da América Latina e Caribe

Hasan Tuluy

Diretora para o Brasil

Deborah Wetzel

Diretor, Desenvolvimento Ambiental e Social Sustentáveis

Ede Jorge Ijjasz-Vasquez

Gerente Interina, Setor Ambiental e Recursos Hídricos

Emilia Battaglini

Coordenador Setorial de Operações do Departamento de Desenvolvimento Sustentável

Gregor Wolf

Equipe

Erwin De Nys, Victor Vazquez Alvarez, Eduardo Sávio Martins, Cybelle Frazão Costa Braga, Francisco de Assis de Souza Filho, Marcia Alcoforado de Moraes, Guilherme Fernandes Marques, Eduardo Mario Menciondo, Marcos Airton de Souza Freitas, Paula Silva Pedreira de Freitas, Nathan Engle.

Apresentação

A Série Água Brasil é fruto do trabalho conjunto realizado ao longo dos últimos anos pelo Banco Mundial e seus parceiros nacionais. Nela são levantadas e discutidas questões centrais para a solução de alguns dos principais problemas da agenda de recursos hídricos no Brasil.

Desde o lançamento de seu primeiro volume em 2003, a Série Água Brasil vem abordando tópicos relevantes e atuais, promovendo reflexões e propondo alternativas na busca de soluções para os grandes desafios que se apresentam na importante agenda de desenvolvimento nacional.

Nesta publicação, apresentamos os resultados de uma abordagem inovadora, implementada em conjunto pelo Banco Mundial e a Agência Nacional de Águas, que avalia as implicações das mudanças climáticas para a gestão da água na região Nordeste do Brasil. O projeto tem contribuído para a sensibilização das condições de seca no Nordeste e também aborda como o stress relacionado às mudanças climáticas, combinado com o crescimento populacional e as mudanças nos padrões de demanda por água, pode afetar os sistemas de água nesta região. Este projeto provou ser um primeiro passo crítico na melhor compreensão de como a mudança climática se traduzirá para a escassez de água, e como a região Nordeste, que está propensa à seca e desenvolvimento rápido, poderia se adaptar por meio da gestão de água e estratégias de alocação.

O projeto rendeu muitos produtos e ferramentas úteis, incluindo um modelo de processo para facilitar discussões mais integradas dos recursos hídricos, seu planejamento e capacitação. O próximo passo inclui trabalhar com os tomadores de decisão sobre como levar em conta os possíveis resultados das mudanças climáticas e dos impactos hidrológicos em seus planos de investimento e escolhas futuras.

Esperamos que as lições deste projeto ajudem a moldar futuros investimentos, construam conhecimento e também possibilitem a integração intersetorial e o fortalecimento institucional.

Vicente Andreu
Diretor-Presidente da ANA

Deborah Wetzel
Diretora do Banco Mundial para o Brasil

Sumário

Agradecimentos.....	vii
Apresentação.....	ix
Lista de Tabelas.....	xiii
Lista de Figuras.....	xvii
Lista de Siglas e Abreviações.....	xxi
Prefácio.....	1
1. Introdução.....	5
2. Estudos de Caso: Rio Jaguaribe e Piranhas-Açu.....	7
3. O Impacto das Mudanças Climáticas na Hidrologia das Bacias.....	27
4. Estratégias de Alocação.....	33
5. Impactos das Mudanças de Clima Sobre o Processo de Alocação de Água das Demandas do Presente ao Nível de Hidrossistemas.....	39
6. Demandas Futuras.....	49
7. Impactos Das Projeções de Demanda Sobre o Processo de Alocação de Água Sob Condições do Clima Presente.....	57
8. Impactos das Projeções de Demanda e de Clima Sobre o Processo de Alocação de Água.....	63
9. Considerações Sobre Adaptação do Planejamento e da Operação de Sistemas de Recursos Hídricos à Variabilidade e Mudanças Climáticas.....	69
10. Recomendações em Como Adaptar o Planejamento e a Operação dos Sistemas Hídricos Estudados à Variabilidade e Mudanças Climáticas.....	73
11. Referências e Bibliografia Consultada.....	77
Anexo I.....	79
Anexo II.....	85

Lista de Tabelas

Tabela 1. Adutoras, perímetros e canais	14
Tabela 2. Hidrossistemas Jaguaribe, Piranhas-Açu e Jaguaribe-Metropolitana.....	14
Tabela 3. Arcabouço institucional e legal – Bacias hidrográficas dos rios Piranhas-Açu e Jaguaribe	16
Tabela 4. Aumentos e reduções em precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e deflúvio superficial (Q) médios anuais para os reservatórios das Bacias do Rio Jaguaribe e Piranhas-Açu no cenário B1 e modelos BCM2, INCM3 e MIMR.	28
Tabela 5. Aumentos e reduções em precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e deflúvio superficial (Q) médios anuais para os reservatórios das Bacias do Rio Jaguaribe e Piranhas-Açu no cenário A2 e modelos BCM2, INCM3 e MIMR.	29
Tabela 6. Variações no Q90 do futuro com relação ao presente para os Sistemas Piranhas-Açu e Jaguaribe utilizando os modelos BCM2, INCM3 e MIMR.	30
Tabela 7. Estratégias de alocação segundo oferta e demanda.	37
Tabela 8. Combinação de cenários de Clima e Demandas simulados nesta seção (X indica cada caso simulado).....	39
Tabela 9. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelos de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: Demanda e Clima Presentes (20C3M) - 1971-2000.	41
Tabela 10. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelos de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: Demanda Presente e Clima Futuro B1 - 2041-2070.	41
Tabela 11. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelos de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: Demanda Presente e Clima Futuro A2 - 2041-2070.	42
Tabela 12. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: Presente (20C3M) - 1971-2000.	44
Tabela 13. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: demanda presente e Clima Futuro B1 - 2041-2070... ..	45

Tabela 14. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: Demanda Presente e Clima Futuro A2 - 2041-2070.	46
Tabela 15. Demandas dos Hidrossistemas Piranhas-Açu e Jaguaribe PISF Projeção 2025.	49
Tabela 16. Aumento da evapotranspiração potencial (ETP) para cada hidrossistema em função do cenário e modelo.	51
Tabela 17. Demandas futuras para abastecimento e irrigação estabelecidas a partir de IBGE (2010), ANA (2005) e COGERH (2012).	51
Tabela 18. Combinação de cenários de Clima e Demandas simulados nesta seção (X indica cada caso simulado)...	53
Tabela 19. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2 - Cenário: Clima Presente (20C3M) - 1971-2000.	54
Tabela 20. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: INCM3 - Cenário: Clima Presente (20C3M) - 1971-2000.	55
Tabela 21. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: MIMR - Cenário: Clima Presente (20C3M) - 1971-2000.	55
Tabela 22. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2 - Cenário: Clima Presente (20C3M) - 1971-2000.	57
Tabela 23. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: INCM3 - Cenário: Presente (20C3M) - 1971-2000.	58
Tabela 24. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: MIMR - Cenário: Presente (20C3M) - 1971-2000.	58
Tabela 25. Combinação de cenários de Clima e Demandas simulados nesta seção (X indica cada caso simulado)...	61
Tabela 26. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2.	62
Tabela 27. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: INCM3.	63
Tabela 28. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: MIMR.	63
Tabela 29. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2.	65

Tabela 30. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: INCM3...	66
Tabela 31. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: MIMR....	66
Tabela 32. Características socioeconômicas das Regiões Hidrográficas do Médio e Baixo Jaguaribe e Banabuiú.....	79
Tabela 33. Demanda século XX – Hidrossistema Piranhas-Açu.....	80
Tabela 34. Demanda século XX Hidrossistema Jaguaribe.	82
Tabela 35. Demandas século XX Hidrossistema Jaguaribe-Metropolitanas.....	83

Lista de Figuras

Figura 1. Componentes da Assistência Técnica	2
Figura 2. Oficinas Realizadas	3
Figura 3. Rio Jaguaribe, Próximo de Aracati	8
Figura 4. Rio Piranhas-Açu	9
Figura 5. Principais reservatórios do nordeste brasileiro	10
Figura 6. Coremas Mãe D'Água	11
Figura 7. Açude Castanhão	12
Figura 8. Bacias Hidrográficas dos rios Piranhas-Açu e Jaguaribe-Metropolitanas	12
Figura 9. Mapa Esquemático PISF (Projeto de Integração do Rio São Francisco)	13
Figura 10: Sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, SINGREH.	15
Figura 11. Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi	17
Figura 12. Região Metropolitana de Fortaleza	18
Figura 13. Irrigação no Baixo Açu	19
Figura 14. Cidade de Mossoró	20
Figura 15. Distribuição percentual das demandas setoriais do Hidrossistema Piranhas-Açu (esquerda) e Hidrossistema Jaguaribe (2011)	21
Figura 16. Cenários A2 e B1 – SRES	22
Figura 17. Cenários SRES e diferentes representações de modelos de desenvolvimento.	22
Figura 18. Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para os dados CRU (período: 1971-2000) e modelos climáticos globais BCM2, INCM3 e MIMR (A2 período: 2041-2070).	24
Figura 19. Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para os dados CRU (período: 1971-2000) e modelos climáticos globais BCM2, INCM3 e MIMR (B1 período: 2041-2070).	25

Figura 20. Componente Clima e Hidrologia.	28
Figura 21. Razão entre a vazão com 90% de garantia dos cenários futuros (a) B1 (Q90-B1) e (b) A2 (Q90-A2) e a vazão com 90% de garantia dos período de referência de cada modelo (Q90-20C3M).	31
Figura 22. Rede de fluxo para o hidrossistema Piranhas-Açu.	35
Figura 23. Rede de fluxo para o hidrossistema Jaguaribe-Metropolitana.	36
Figura 24 Percentual do Tempo que (a) Demanda Urbana - NR(%) e (b) Demanda da Irrigação – NR-I (%) não são atendidas conforme a estratégia de alocação (EA11, EA12, EA 21, EA22) e modelo climático (BCM2, INCM3, MIMR) utilizados nos Climas Presente (Período: 1971-2000) e Futuro (Período: 2041-2070) para cenários B1 e A2 no Sistema Piranhas-Açu.	43
Figura 25. Percentual do Tempo que Demanda da Irrigação – NR-I (%) não são atendidas conforme a estratégia de alocação (EA11, EA12, EA21, EA22) e modelo climático (BCM2, INCM3, MIMR) utilizados nos Climas Presente (Período: 1971-2000) e Futuro (Período: 2041-2070) para cenários B1 e A2 no sistema Jaguaribe.	47
Figura 26. Transferências de águas entre as bacia do Jaguaribe e Sistema Metropolitano em função da estratégia de alocação (EA11, EA12, EA21, EA22).....	47
Figura 27. Estimativas de projeção da população período 1980-2030.	50
Figura 28. Taxas médias geométricas de crescimento anual (%).	50
Figura 29. Percentual do Tempo que (a) Demanda Urbana - NR(%) e (b) Demanda da Irrigação – NR-I (%) não são atendidas conforme a estratégia de alocação (EA12,EA22) visando atender às demandas presente (D0) e futuras, D1 e D2, sob condições do clima presente (C0) e futuro, B1 e A2 no Sistema Piranhas-Açu.	56
Figura 30. Percentual do Tempo que a Demanda da Irrigação – NR-I (%) não são atendidas conforme a estratégia de alocação (EA12, EA22) visando atender às demandas presente (D0) e futuras, D1 e D2, sob condições do clima presente (C0) e futuro, B1 e A2 no Sistema Jaguaribe.	59
Figura 31. Transferências de águas entre as bacia do Jaguaribe e Sistema Metropolitano em função da estratégia de alocação (EA12, EA22).	59
Figura 32. Percentual do Tempo que (a) Demanda Urbana - NR(%) e (b) Demanda da Irrigação – NR-I (%) não são atendidas conforme a estratégia de alocação (EA12, EA22) visando atender às demandas presente (D0) e futuras, D1 e D2, sob condições do clima presente (C0) e futuro, B1 e A2 no Sistema Piranhas-Açu.	64
Figura 33. Percentual do Tempo que a Demanda da Irrigação – NR-I (%) não são atendidas conforme a estratégia de alocação (EA12, EA22) visando atender às demandas presente (D0) e futuras, D1 e D2, sob condições do clima presente (C0) e futuro, B1 e A2 no Sistema Jaguaribe.	67
Figura 34. Transferências de águas entre as bacia do Jaguaribe e Sistema Metropolitano em função da estratégia de alocação (EA12, EA22).	67

Figura 35. Correspondência entre os cenários RCPs, a esquerda, e os cenários SRES, a direita.	86
Figura 36. Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para os dados CRU (período: 1971-2000) e modelos climáticos globais CSIRO-Mk3-6, MIROC5 e INCM4 (Cenário RCP4,5, período: 2041-2070).	87
Figura 37. Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para os dados CRU (período: 1971-2000) e modelos climáticos globais CSIRO-Mk3-6, MIROC5 e INCM4(Cenário RCP8,5, período: 2041-2070).	88

Lista de Siglas e Abreviações

AESA-PB	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas
ACQUANET	Sistema de Suporte à Decisão (SSD)
AR4	Assessment Report 4
AR5	Assessment Report 5
AU	Abastecimento Urbano
AUDIPIMN	Associação dos Usuários do Distrito de Irrigação do Perímetro Irrigado de Morada Nova
CAERN	Companhia de Águas e Esgoto do Estado do Rio Grande do Norte
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba
CBH-PA	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CERH-CE	Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Ceará
CERH-PB	Conselho Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba
CIPP	Complexo Industrial e Portuário do Pecém
CMIP 3	Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados 3
CMIP 5	Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados 5
CNARH	Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COGERH-CE	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará
CONERH-RN	Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte
CRU TS	Climate Research Unit Time Series

DIBA	Distrito de Irrigação do Projeto Baixo-Açu
DIJA	Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra às Secas
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETP	Evapotranspiração Potencial
FAPIJA	Federação dos Produtores do Projeto Irrigado Jaguaribe-Apodi
HS	Hidrossistema
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IGARN-RN	Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte
IGP-M	Índice Geral de Preços - Mercado
INTERAGUAS	Programa de Desenvolvimento do Setor Água
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MCG	Modelos Climáticos Globais
MCGAOA	Modelos Climáticos Globais Acoplados Oceano-Atmosfera
MCR	Modelo Climático Regional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NLTA	Assistência Técnica Não Reembolsável do Banco Mundial
NR	Demanda de Abastecimento Urbano Não Atendida
NR-I	Demanda de Irrigação Não Atendida
OAM	Operação, Administração e Manutenção
P	Precipitação
P/ETP	Índice de Aridez
PIB	Produto Interno Bruto
PISF	Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional
PROMOVALE	Programa de Valorização Rural do Baixo e Médio Jaguaribe

RCP	Representative Concentration Pathways
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SEDAP	Secretaria de Estado do Desenvolvimento da Agropecuária e Pesca
SEMARH-RN	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do estado do Rio Grande do Norte
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SRES	Special Report on Emission Scenarios
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SRH-CE	Secretaria dos Recursos Hídricos – Governo do Estado do Ceará
SSD	Sistema de Suporte à Decisão
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

Prefácio

Esta publicação descreve um projeto inovador administrado pelo Banco Mundial para avaliar as implicações das mudanças climáticas para a gestão da água na Região Nordeste do Brasil em nível de bacia hidrográfica. Em 2010, a Agência Nacional de Águas do Brasil (ANA) solicitou ao Banco Mundial para ajudar a conceber e implementar uma análise dos impactos das mudanças climáticas sobre a hidrologia das bacias hidrográficas, a demanda de água, alocação de água e desenvolvimento socioeconômico.

A área de estudo escolhida foi o semiárido brasileiro. Com intuito de reduzir a vulnerabilidade desta região ao risco climático, investimentos em infraestrutura hídrica vêm sendo realizados nas últimas décadas pelo governo federal e estadual. Apesar de todo o investimento realizado, a vulnerabilidade da região fica evidente ao analisarmos as consequências das últimas duas secas que atingiram a região no período de 2010-2013. Adicionalmente, a alta variabilidade também impõe um forte desafio ao gerenciamento dos recursos hídricos da região ao lidar com os extremos, sejam estes cheias ou secas.

Como áreas de estudo foram adotadas duas bacias hidrográficas do nordeste setentrional brasileiro, a Bacia do Rio Jaguaribe, localizada no Estado do Ceará, e a Bacia do Rio Piranhas-Açu, que abrange áreas dos Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. Foram ainda desenvolvidos dois estudos de caso de caráter mais local, o Projeto Águas do Vale (CE) e o Perímetro Irrigado Cruzeta (RN).

Em 2011, foram iniciadas as atividades da Assistência Técnica do Banco Mundial (NLTA) “O PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS E A ADAPTAÇÃO À VARIABILIDADE E MUDANÇA CLIMÁTICAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS SELECIONADAS NO NORDESTE DO BRASIL” vem prover planejadores e tomadores de decisão com informações e ferramentas necessárias para a adaptação do setor de recursos hídricos às mudanças climáticas no que se refere ao processo de alocação de água.

Assim a NLTA foi subdividida em cinco “componentes” de estudo:

- a) Clima e hidrologia;
- b) Demanda;
- c) Alocação de Água;
- d) Impactos econômicos;
- e) Casos de Estudos a nível local.

O Banco Mundial e seus parceiros realizaram o projeto através de quatro oficinas participativas entre Maio de 2011 e Abril de 2012, envolvendo um grupo multidisciplinar de academia brasileira e internacional, os órgãos gestores de recursos hídricos dos níveis federal e estadual (estados de Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba; com a participação de Pernambuco), os comitês das bacias dos Rios Jaguaribe e Piranhas-Açu, e os especialistas do Banco Mundial.

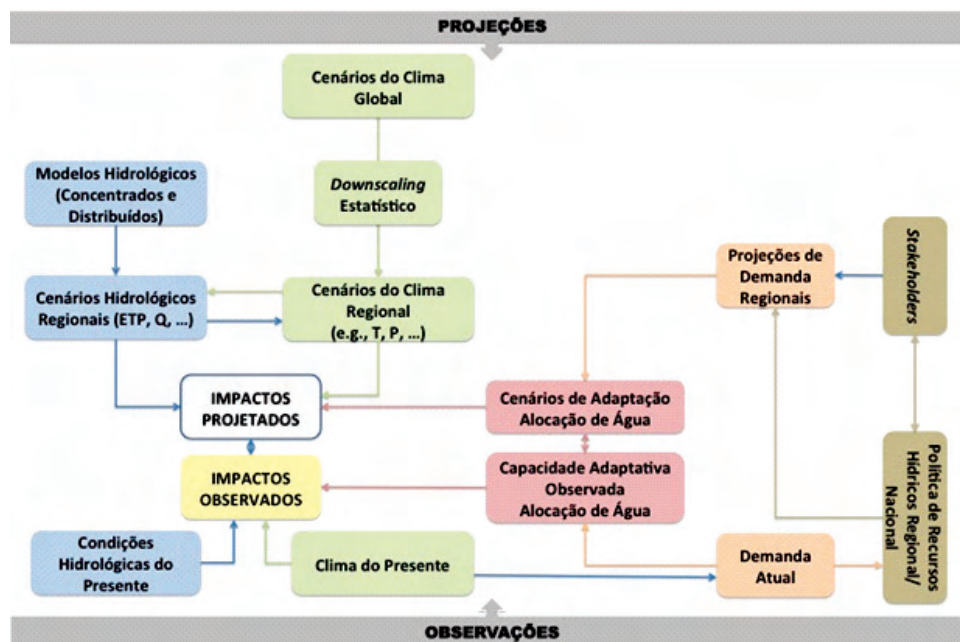


Figura 1. Componentes da Assistência Técnica

(Fonte: Elaboração Própria, 2011).

As discussões ao longo do estudo foram bastante ricas, e registradas através de relatórios de cada Oficina. Foram produzidos documentos técnicos para cada componente do Estudo (Martins, 2013; Mendiando, 2013; Moraes e Marques, 2013; Souza Filho, 2013a, 2013b; World Bank, 2013) e um sumário executivo. Esta publicação é o resumo dos componentes clima e hidrologia, demanda, e alocação de água.

É fundamental e imperioso a disseminação desta NLTA. Uma primeira experiência se deu no XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, em João Pessoa-PB, em 2012. Esperamos lançar mais publicações que saíam deste NLTA, incluindo:

- **Estudo de caso sobre Cruzeta:** estudo de caso, incorporando o impacto das mudanças climáticas em hidrossistema de menor escala, cujo foco é o Perímetro de Cruzeta (RN), considerado como parte do hidrossistema constituído por este perímetro, pela cidade de Cruzeta e pela irrigação difusa existente na área de montante do reservatório.
- **Estudo de caso sobre Águas do Vale:** descrever e analisar o plano de racionamento de uso da água no setor de irrigação nos Vales do Jaguaribe e Banabuiú, mais conhecido como Programa Águas do Vale
- **Análise dos impactos econômicos:** estudo refletindo os reflexos econômicos da alocação de água em cenários de mudança climáticas e projeções de demanda.

Este livro é o primeiro das quatro publicações previstas.



Figura 2. Oficinas Realizadas
(Fonte: FUNCEME, 2011)

1

Introdução

O Nordeste brasileiro ocupa uma área de aproximadamente 1.600.000 km², sendo 62% desta área o chamado polígono das secas, uma região semiárida caracterizada por uma média anual de precipitação de 800 mm e evapotranspiração potencial acima de 2.000 mm, o que, em parte, explica o problema crônico de escassez hídrica da região. O desenvolvimento da região, e, em particular, do semiárido nordestino fica, assim, claramente condicionado pela disponibilidade limitada de água, bem como pela alta variabilidade em seu suprimento.

Com intuito de reduzir a vulnerabilidade da região ao risco climático, investimentos em infraestrutura hídrica vêm sendo realizados na última década pelo governo federal e, ao nível estadual, o Estado do Ceará vem implementando sólidos investimentos nas últimas duas décadas, enquanto outros, como o Rio Grande do Norte e a Paraíba iniciaram o seu programa mais recentemente. Como exemplo desses investimentos pode-se citar: a construção de reservatórios, canais e adutoras, e o esforço em implementar mudanças institucionais de gestão dos recursos hídricos, procurando atuar tanto na oferta como na demanda.

Entretanto, apesar de todo o investimento realizado, a vulnerabilidade da região fica evidente ao analisarmos as consequências das últimas duas secas que atingiram a região, as secas de 2010 e de 2012. Adicionalmente, a alta variabilidade também impõe um forte desafio ao gerenciamento dos recursos hídricos da região ao lidar com os extremos, sejam estes cheias ou secas. Diante deste cenário atual, já crítico, torna-se clara a importância de melhor entender como será o clima

futuro da região e, em particular, como as mudanças do clima influenciarão a dinâmica do ciclo da água. Estas mudanças nas componentes do balanço hídrico terão consequências sobre o processo de alocação da água, sendo assim importante identificar estratégias de adaptação para o setor. Como motivação adicional, temos a quase inexistência de estudos de impactos das mudanças de clima no setor de recursos hídricos para a Região Nordeste, e muito menos estudos referentes à adaptação do setor a estas mudanças. As projeções climáticas para a região, segundo alguns estudos, indicam um aumento na temperatura média na região e apontam para um possível declínio dos totais de chuva. Isto representaria uma pressão ainda maior sobre o gerenciamento da escassez hídrica na região.

Neste contexto, a Assistência Técnica do Banco Mundial (NLTA) vem prover planejadores e tomadores de decisão com informações e ferramentas necessárias para a adaptação do setor de recursos hídricos às mudanças climáticas no que refere-se ao processo de alocação de água. Como estudos de caso foram utilizadas duas bacias hidrográficas do nordeste setentrional brasileiro, a Bacia do Rio Jaguaribe, localizada no Estado do Ceará, e a Bacia do Rio Piranhas-Açu, que abrange áreas dos Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. Essas duas bacias, apresentadas na seção 2 dessa publicação foram escolhidas por serem “bacias receptoras” das águas da transposição do Rio São Francisco. Além destas duas bacias, foram ainda utilizados dois estudos de caso de caráter mais local, o Projeto Águas do Vale (CE) e o Perímetro Irrigado Cruzeta (RN).

Nesta publicação serão avaliados os impactos das mudanças do clima e das projeções de demanda sobre

o processo de alocação de água em nível de bacia hidrográfica, sendo isto examinado em três etapas, as quais documentam a síntese dos resultados da Assistência Técnica. Primeiramente, a ideia é tentar, antes de incorporar qualquer cenarização sobre a demanda, também incerta, analisar os impactos marginais das mudanças do clima sobre o processo de alocação de água sob condições de demandas atuais. Isto é apresentado na seção 5 desta publicação. Posteriormente, serão analisados os impactos das projeções de demanda (apresentadas na seção 6), sob condições de clima presente, no processo de alocação de água (seção 7). Finalmente, na seção 8, serão avaliados os impactos conjuntos dos cenários

futuros de clima e demanda sobre o processo de alocação de água.

As seções introdutórias fornecem informações sobre as duas bacias estudadas (seção 2), a avaliação do impacto da mudança climática sobre a hidrologia das bacias (seção 3), e uma apresentação das estratégias de alocação de água utilizadas e possíveis alternativas (seção 4).

As duas últimas seções (9 e 10) têm como objetivo proporcionar considerações e recomendações sobre como adaptar o planejamento e a operação dos sistemas hídricos a variabilidade e mudanças climáticas.

2

Estudos de Caso: Rios Jaguaribe e Piranhas-Açu

Diante da importância do Projeto da Integração do Rio São Francisco como medida estrutural visando reduzir a vulnerabilidade ao risco climático das bacias receptoras das águas do Rio São Francisco, foram escolhidas como estudos de caso duas destas bacias: a Bacia do Rio Jaguaribe e a Bacia do Rio Piranhas-Açu. Como o processo de alocação de água nas bacias estudadas, e no Nordeste em geral, tem como foco os reservatórios de regulação interanual, e ainda diante da disponibilidade de dados e da forma como as bacias estudadas se inserem na grade dos modelos globais de clima, adotou-se como unidade espacial as sub-bacias dos principais **hidrossistemas**: Banabuiú, Castanhão e Orós para o Rio Jaguaribe, e Armando Ribeiro Gonçalves e Coremas-Mãe D'Água para o Rio Piranhas-Açu. O passo de tempo aqui adotado nas simulações foi o mês por se tratar de alocação de água.

Adicionalmente, foram ainda escolhidos dois estudos de caso de caráter mais local: o Projeto Águas do Vale (CE) e o Perímetro Irrigado Cruzeta (RN). Uma vez que a adaptação ao risco climático ocorre em caráter local, escolheu-se estes dois estudos de caso locais para analisar as vulnerabilidades ao clima atual e futuro das alternativas implementadas, assim como às condicionantes institucionais e socioeconômicas para a gestão dos dois projetos. Estes serão, de agora em diante, referidos como **estudos locais**.

2.1 – Hidrossistemas

2.1.1 – Bacia do Rio Jaguaribe

A Bacia do Rio Jaguaribe está quase inteiramente localizada nos limites do Estado do Ceará, com uma porção insignificante ao sul pertencente ao Estado de Pernambuco. A bacia ocupa cerca de 51,9% da área total do Estado do Ceará, correspondendo a uma área total de drenagem de 75.669 km², servindo suas cabeceiras de fronteira entre o Estado do Ceará e os Estados do Piauí, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. A Bacia do Rio Jaguaribe é dividida, para fins de planejamento, em 5 sub-bacias (Baixo, Médio e Alto Jaguaribe, Banabuiú e Salgado), sendo os principais reservatórios Banabuiú, Castanhão e Orós.

O Rio do Jaguaribe, com um comprimento de aproximadamente 610 km de suas fontes até a costa nordeste do Ceará, e seus tributários correm através de uma região dominada pela vegetação Caatinga, hoje, em grande parte, esparsa pela ação antrópica.

A bacia é dominada pelo clima semiárido com uma porção significativa da mesma apresentando um clima subúmido seco. A precipitação anual varia entre 470 e 1.270 mm, sendo o período crítico do ano com o maior déficit hídrico de Julho a Novembro, com pequenas variações ano a ano.

Os solos são geralmente rasos, pedregosos e, de acordo com o sistema de classificação brasileiro, com os tipos dominantes Podzólico Eutrófico Vermelho-Amarelo, Litólico Eutrófico, Planossolos Solódico e Bruno Não Cálcico.

A bacia tem boa parte de sua área sobre o embasamento cristalino, este, em geral, caracterizado pelo baixo potencial hídrico. As exceções são a Chapada do Araripe e as formações Jandaíra e Açu, cujo potencial hídrico não é completamente conhecido.



Figura 3. Rio Jaguaribe, Próximo de Aracati
(Fonte: Lincon, skyscrapercity.com, 2012)

2.1.2 - Bacia do Rio Piranhas-Açu

A Bacia do Rio Piranhas-Açu tem uma área total de drenagem de 43.681,5 km², sendo 26.183,0 km² no Estado da Paraíba e 17.498,5 km² no Estado do Rio Grande do Norte. A Bacia do Piranhas-Açu é dividida em 3 sub-bacias (Baixo, Médio e Alto Piranhas-Açu), sendo os principais reservatórios o Armando Ribeiro Gonçalves, o Coremas e o Mãe D'água. Estes dois últimos são tratados aqui como um único reservatório, equivalente ao sistema interligado Coremas-Mãe D'água.

O rio é denominado Piranhas no Estado da Paraíba

e, ao entrar no Estado do Rio Grande do Norte, é denominado Piranhas-Açu.

O clima da bacia é do tipo semiárido com precipitação anual variando de 500 mm ao leste a 700 mm ao oeste.

Na porção paraibana da Bacia do Piranhas-Açu, os solos encontrados são também rasos e pedregosos, conforme segue: Litólico Eutrófico, Solo Aluvial Eutrófico, Solonetz Solodizado e Brunos Não Cálcicos. No que se refere aos solos encontrados na porção do Rio Grande do Norte da bacia, os tipos dominantes são Bruno Não Cálcico e Litólico Eutrófico.



Figura 4. Rio Piranhas-Açu
(Fonte: Fábio Pinheiro, 2013)

2.2 – Clima e hidrologia da área de estudo

Os sistemas climáticos que atuam no norte da Região Nordeste ocorrem basicamente em três momentos, são eles: a pré-estação, em que atuam as Frentes Frias e os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior, a estação propriamente dita, em que atua o principal sistema climático da região, a Zona de Convergência Intertropical, e a pós-estação, em que atuam as Ondas de Leste.

As chuvas que ocorrem em Dezembro e Janeiro são, em geral, chamadas de chuvas de pré-estação. Essas chuvas são causadas basicamente por frentes frias que vem do Sul, o que acaba afetando a atmosfera sobre o Nordeste, e, às vezes, também pelo que os meteorologistas chamam de vórtice ciclônico, uma movimentação circular dos ventos na alta atmosfera que pode provocar chuvas.

A estação propriamente dita vai de Fevereiro a Maio, e o sistema mais atuante neste período é a

Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Este é o sistema climático mais importante da região, responsável por cerca de 70% da precipitação anual. Os fatores que determinam o posicionamento e a intensidade desse sistema climático atuando sobre a região estão relacionados às temperaturas superficiais dos oceanos. Mais especificamente, o aquecimento diferenciado em regiões específicas do Atlântico Norte e Sul determina o posicionamento da convergência dos ventos alísios dos dois hemisférios, ou seja, o posicionamento da ZCIT. Este posicionamento pode ser influenciado pelas condições de aquecimento das águas do Pacífico Oriental e costa oeste da América do Sul. Se esta região tiver aquecida (El Niño), um ramo de ar descendente ocorre sobre o norte da Região Nordeste, o que pode ser um fator desfavorável à entrada da ZCIT sobre a região.

Após as chuvas da estação, a partir da 2ª quinzena de Maio até Junho e, em alguns casos excepcionais, até Agosto, outro sistema passa a atuar mais

fortemente: as Ondas de Leste. Como o próprio nome reflete, este sistema se origina a leste do Oceano Atlântico, próximo à costa africana, podendo alcançar os litorais de Pernambuco e Paraíba, e, dependendo de sua intensidade, atravessar as chapadas do Leste do Ceará e chegar ao sertão e, até mesmo, à Fortaleza.

Devido a estas características dos sistemas climáticos que atuam sobre a região, o regime de escoamento superficial das duas bacias é marcado pela ocorrência de escoamento durante 2 a 4 meses no ano, em geral estando associado ao período de atuação da ZCIT. As chuvas concentradas em alguns meses do ano, as altas taxas de evapotranspiração, o embasamento cristalino e os solos rasos são fatores que contribuem para o caráter efêmero do regime de deflúvios superficiais, resultando em rios secos durante 9 ou mais meses em anos mais críticos. Estes fatores contribuem marcadamente para um regime de vazões anuais altamente variável, com coeficientes de variação alcançando o valor de 1,5. Para ilustrar esta alta variabilidade basta examinar os eventos

ocorridos nos últimos cinco anos, durante os quais a região experimentou fortes eventos de cheias nos anos de 2008 e 2009, e, em sequência, secas severas nos anos de 2010 e 2012, as 3a e 2a secas mais severas desde 1950, respectivamente.

2.3 – Infraestrutura

A natureza intermitente do regime de escoamento, aliada à formação cristalina predominante na região, levou à construção de reservatórios superficiais de dimensões variadas como forma de reduzir a vulnerabilidade a alta variabilidade climática. Uma vez que os reservatórios menores (pequena açudagem) não têm capacidade de regularização interanual, a disponibilidade hídrica nos períodos de estiagem é garantida pela água armazenada nos grandes e médios reservatórios. A Figura 5 mostra a localização e a capacidade dos principais reservatórios do Nordeste (capacidade superior a 10 hm³). A grande maioria desses reservatórios foram construídos pelo Departamento Nacional de Obras Contra às Secas (DNOCS).

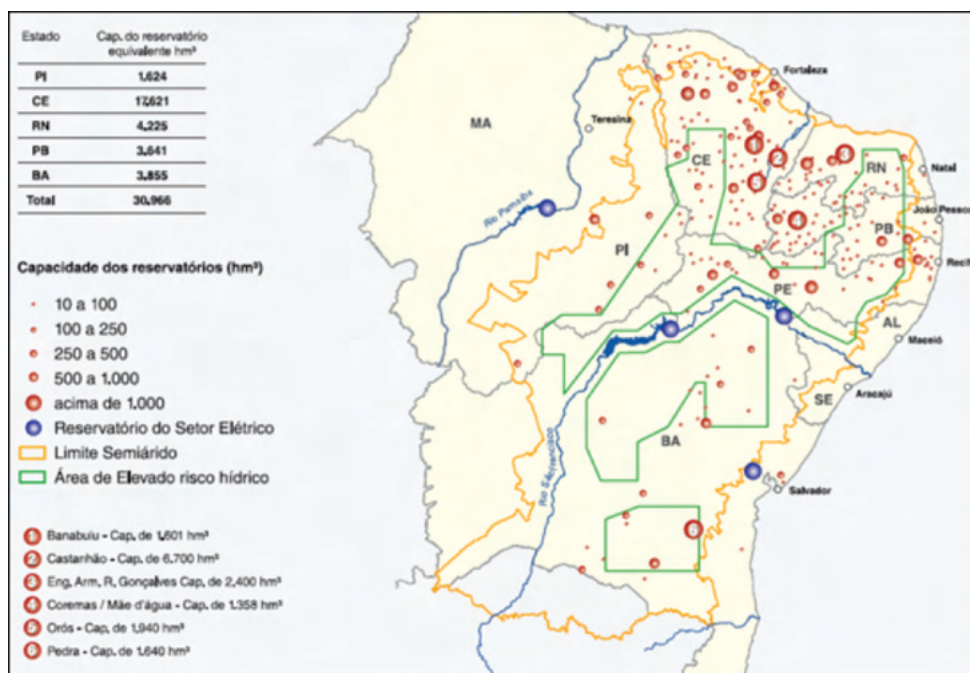


Figura 5. Principais reservatórios do nordeste brasileiro
(Fonte: ANA, 2009).

Na bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu (Figura 8) estão localizados o sistema Coremas-Mãe D'Água, no Estado da Paraíba, e a barragem Armando Ribeiro

Gonçalves, no Estado do Rio Grande do Norte, que são considerados os mais estratégicos para o desenvolvimento socioeconômico dos dois estados.



Figura 6. Coremas Mãe D'Água
(Fonte: AESA, 2005).

O sistema Jaguaribe-Metropolitanas possui o principal sistema de reservatórios do Estado do Ceará, composto pelos reservatórios Banabuiú, Castanhão e Orós, no Jaguaribe, e Aracoiaba, Pacajus, Pacoti-Riachão, Gavião, Acarape do Meio, Sítios Novos e Cauípe, estes últimos localizados nas Bacias Metropolitanas. Os reservatórios da Bacia do Jaguaribe atendem às demandas da bacia do Jaguaribe, da Região Metropolitana de Fortaleza e do Sistema Portuário do Pecém através do Eixão das Águas. A presença de transposições na Bacia do Jaguaribe, sejam estas internas ou não, é outra característica da bacia, podendo-se citar: o Canal Icó-Lima Campos, o Canal Orós-Feiticeiro, o Canal do Trabalhador e o Eixão das Águas, estas duas últimas responsáveis pela interligação das bacias do Jaguaribe e Metropolitanas a partir do Rio Jaguaribe (barragem vertedoura de Itaçaba) e do Castanhão, respectivamente. O Eixão das Águas possui como missão prioritária prover segurança hídrica a sua área de alcance e, em especial, à região metropolitana de Fortaleza e Pecém, garantindo

as condições de suprimento hídrico para crescimento e investimentos públicos e privados previstos a partir das águas do Jaguaribe e, futuramente, do São Francisco.

Por sua vez, a bacia do Rio Piranhas-Açu também é caracterizada por transposições internas e externas através de adutoras e canais (Tabela 1), destacando aqui a transposição para abastecimento urbano de Mossoró (RN), uma área com alto nível de crescimento. Assim, neste contexto, as duas bacias passam também à condição de doadoras.

O uso da água superficial, perenizada nessas condições, depende diretamente da política de operação dos reservatórios, sob a qual se desenvolveram as principais demandas hídricas da região, localizadas nos chamados “vales perenizados”, e aqui denominados de **hidrossistemas**. No presente estudo adotou-se na simulação da alocação da água os principais vales perenizados das bacias dos Rios Piranhas-Açu, Jaguaribe e Jaguaribe-Metropolitanas (Figura 8, Tabela 2).



Figura 7. Açude Castanhão
(Fonte: DNOCS).



Figura 8. Bacias Hidrográficas dos rios Piranhas-Açu e Jaguaribe-Metropolitanas
(Fonte: Elaboração Própria).

Neste contexto de vulnerabilidade atual dos sistemas hídricos no atendimento às demandas atuais, e diante do desenvolvimento acelerado da região nos últimos anos, insere-se o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) (Figura 9). O projeto, em sua concepção original, visa garantir o suprimento hídrico dos usos múltiplos e, prioritariamente, ao abastecimento humano, bem como viabilizar o

desenvolvimento socioeconômico das bacias estudadas. Entretanto, diante dos cenários futuros de clima, este pode assumir o papel de medida estrutural crucial para reduzir as vulnerabilidades ao risco climático futuro. O referido projeto possui vazão firme reservada de 26,4 m³/s, dos quais serão derivados para a bacia do Jaguaribe 11,41 m³/s e para a bacia do Piranhas-Açu 2,00 m³/s, sendo esta vazão repartida igualmente entre os dois estados que compõem a bacia.

Tabela 1. Adutoras, perímetros e canais

Hidrossistema	Adutoras	Perímetros agrícolas	Canais
Jaguaribe	Adutora Icó/Lima Campos	Perímetro Alagamar/Curupati Perímetro Jaguaribe-Apodi (FAPIJA) Irrigação (DNOCS) Irrigação difusa/PROMOVALE Perímetro AUDIPIMN	Sistema de Transposição Orós/Feiticeiro Eixão das Águas (Canal da Integração) Canal do Trabalhador
Piranhas-Açu	Adutora Coremas-Sabugi Adutora Catolé do Rocha/ CAGEPA Adutora Rio Piranhas/ CAGEPA Adutora Piranhas-Caicó/ CAERN Adutora Serra de Santana Adutora Médio Oeste Adutora Piató Panon Adutora Gerônimo Rosado	Perímetros irrigados/SEDAP (Várzeas de Souza) Perímetros irrigados-DNOCS (Mendobim) Perímetro DIBA Perímetro Del Monte Perímetro Finobrasa	Canal do Pataxó Canal da redenção (Várzeas de Souza)
Jaguaribe- Metropolitanas			Canal Pacoti Canal Pacajus

Tabela 2. Hidrossistemas Jaguaribe, Piranhas-Açu e Jaguaribe-Metropolitana.

Hidrossistema	Reservatórios	Capacidade (Mm³)	Corpo hídrico regularizado
Jaguaribe	Orós	1.940,00	Rios Orós e Jaguaribe
	Banabuiú	1.601,00	Rio Banabuiú
	Castanhão	6.700,00	Rio Jaguaribe
Piranhas-Açu	Curema-Mãe D'Água	1.358,00	Rios Piancó e Piranhas
	Armando Ribeiro Gonçalves (Assu)	2.400,00	Rio Açu
	Acarape do Meio	31,50	Pacoti
Jaguaribe-Metropolitana	Orós	1.940,00	Rios Orós e Jaguaribe
	Banabuiú	1.601,00	Rio Banabuiú
	Castanhão	6.700,00	Rio Jaguaribe
	Pacajus	240,00	Choró
	Pacoti-Riachão	426,95	Pacoti-Riachão
	Sítios Novos e Cauípe	138,00	São Gonçalo
	Aracoiaba	170,70	Aracoiaba
	Gavião	32,90	Gavião

2.4 – Arcabouço institucional e legal de alocação nas bacias estudadas

No modelo brasileiro de gestão, definido pelo arcabouço legal federal (Leis nº 9.433/97 e nº 9.984/00) e estadual de recursos hídricos, a gestão

é descentralizada e participativa, e se dá na esfera governamental por intermédio dos Órgãos Gestores, Conselhos Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, Comitê de Bacia Hidrográfica e Agência de Bacia (Figura 10).

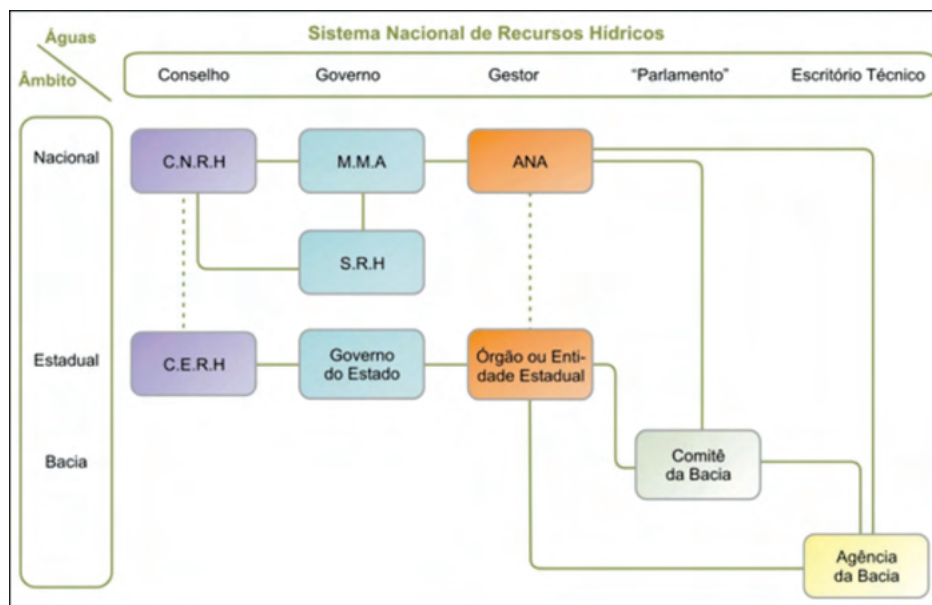


Figura 10: Sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, SINGREH.

(Fonte: ANA, 2009).

Nas bacias dos rios Piranhas-Açu e Jaguaribe, foco do presente estudo, a gestão se dá a nível federal e estadual uma vez que corpos hídricos destas bacias possuem dominialidade federal e estadual, pois o rio Piranhas-Açu atravessa mais de um estado e seus principais reservatórios são de propriedade de instituição pública federal, o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Esta “dupla” dominialidade das bacias potencializa ainda mais a complexidade da gestão, e consequentemente a

alocação da água. Vale destacar que nenhuma das bacias possuem Agência de Bacia.

A Tabela 3 apresenta o arcabouço institucional e legal para as duas bacias. O comitê da Bacia do rio Piranhas-Açu possui atuação também nas sub-bacias estaduais, exceto para a questão da cobrança, uma vez que foi reconhecido como parte integrante do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte

Tabela 3. Arcabouço institucional e legal – Bacias hidrográficas dos rios Piranhas-Açu e Jaguaribe

Domínio	Lei	Órgão gestor	Órgão deliberativo	Comitê
União	Lei 9.433/97	ANA	CNRH	Piancó-Piranhas-Açu
PB	Lei 6.308/96	AESA-PB	CERH-PB	Piancó-Piranhas-Açu
RN	Lei 6.908/96	SEMARH-RN / IGARN-RN	CONEH-RN	Piancó-Piranhas-Açu
CE	Lei 14.844/2010	SRH-CE COGERH-CE	CERH-CE	Comitês: Alto, Médio e Baixo Jaguaribe, Banabuiú e Salgado

através dos Decretos Estaduais N° 31.330/2010 e N° 21.510/2009, respectivamente.

O processo de alocação nas referidas bacias atende ao mecanismo de alocação de água por uma instituição pública, pois é conduzida por órgãos gestores, através do instrumento de outorga de direito de usos da água e processos alocativos negociados ou não.

O processo de alocação de água no Rio Grande do Norte concentra-se na outorga, enquanto que nos Estados da Paraíba e Ceará adotam processos negociados com o envolvimento dos usuários de água, comitê de bacias e comissões gestoras dos reservatórios, respectivamente.

A alocação negociada no Ceará ocorre anualmente após a quadra chuvosa (fevereiro a maio) na bacia, cujas etapas principais são:

1. Levantamento de informações das alocações anteriores.
2. Levantamento das demandas hídricas.
3. Construção das alternativas das vazões

máximas e mínimas de liberação dos reservatórios e cenários de alocação.

4. Reunião de Alocação/ Assembleia Geral do Comitê deliberações e confecção de Atas:
 - Situação atual.
 - Avaliação da demanda.
 - Simulação de esvaziamento dos açudes.
 - Definição da vazão a ser liberada – açudes do vale perenizado.
 - Formação de uma comissão de acompanhamento.
5. Apresentação de Alocação para definição das vazões de deliberação da Comissão Gestora.
6. Liberação das vazões aprovadas.

No Estado da Paraíba o processo de alocação é conduzido pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA) e nos corpos hídricos com maior nível de conflito, a alocação é negociada a partir da apresentação de cenários gerados pela AESPA. Em alguns casos, registra-se também o envolvimento do Ministério Público Estadual.



Figura 11. Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi
(Fonte: Flaminio Araripe).

2.5 – Economia

A análise econômica permite agregar uma série de alternativas analíticas aos sistemas hídricos dentre as quais se incluem a estimativa de demandas futuras, o emprego de técnicas de valoração econômica e as medidas de eficiência na alocação dos recursos. Com isso, o papel desempenhado pela análise econômica é de grande utilidade ao processo decisório da alocação de água. A seguir será apresentada uma breve descrição econômica da bacia do Rio Jaguaribe e do Rio Piranhas – Açu.

2.5.1 – Bacia do Rio Jaguaribe e Metropolitanas

A Bacia do Rio Jaguaribe compreende cerca de 51,9% do território do Estado do Ceará e possui uma população total de 683.115 habitantes (IBGE, 2010), sendo que desse total, 62% dos habitantes vive na área urbana.

De acordo com o IPECE (2010), o PIB¹, a preço de mercado, de todos os municípios que compõem a Bacia do Rio Jaguaribe somaram 2,2 bilhões de reais no ano de 2008. Esse PIB cresceu cerca de 1 bilhão de reais num período de 4 anos (BRASIL, 2011). O crescimento do PIB pode ser considerado tímido se levarmos em conta o crescimento do PIB do Estado do Ceará, que praticamente dobrou para o mesmo período, entre os anos de 2004 e 2008 (BRASIL, 2011). Porém, considerando que a água é um fator de ligação entre os diversos setores econômicos e que as mudanças (crescimento ou recuo) de algumas atividades afeta diretamente outros setores produtivos, pode-se dizer que o crescimento do PIB mostra um indício de aumento da demanda de água na bacia.

¹ O produto interno bruto (PIB) representa a soma (em valores monetários) de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região, durante um período determinado. Desta forma, ele é um indicador usado para mensurar a atividade econômica.

A renda per capita dos municípios da bacia cresceu 45,6% em 09 anos (IPECE, 2010). Em geral, os baixos valores de renda per capita dos municípios refletem os elevados níveis de pobreza da população. Contudo, a taxa de crescimento da renda per capita desta bacia foi compatível com a do Estado do Ceará.

Em relação ao IDH – Renda, essa região alcançou o valor de 0,532 no ano 2000 (IPECE, 2010). Este índice representou uma melhoria incipiente da bacia em relação aos 09 anos anteriores e inseriu-a na faixa de médio desenvolvimento econômico. Conforme Brasil (2011), o IDH-Renda apresentou a menor taxa de crescimento em relação ao IDH – Longevidade, IDH – Educação e IDH - Global, o que reflete diretamente na qualidade de vida das pessoas do território, isto é, influencia de forma significativa no poder de compra dos habitantes da bacia ou na capacidade de pagamento deles pelo uso da água. A Tabela 32 apresenta as características socioeconômicas das Regiões Hidrográficas Médio e Baixo Jaguaribe e Banabuiú.

Atualmente, a bacia do Rio Jaguaribe possui uma

demanda hídrica de 31,26 m³/s. Deste total, 52% corresponde ao setor de irrigação e 41% ao Eixão das Águas. Esta infraestrutura é responsável pelo abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP). A interligação destas duas bacias forma o sistema Jaguaribe-Metropolitano.

A irrigação comporta cerca de 90% da produção agrícola da bacia, com ênfase na fruticultura irrigada. Dentre as principais culturas, se destacam o arroz inundado, fruticultura em geral, feijão, milho, banana e hortaliças (BRASIL, 2011). Nesta bacia localiza-se 15 perímetros de irrigação, dentre os quais, se destaca o perímetro do Jaguaribe – Apodi (DIJA) e o perímetro de Morada Nova.

A RMF compreende uma área de 5.783,6 km² com 3.056.769 habitantes. Ela atingiu um PIB, a preço de mercado, de 38 bilhões de reais no ano de 2008. Enquanto que, o município de São Gonçalo do Amarante, onde está localizado o Complexo Industrial e Portuário do Pecém, possui um PIB de 611 milhões reais em 2008 (IPECE, 2011).



Figura 12. Região Metropolitana de Fortaleza
(Fonte: Jair Prandi).

O benefício total da água para o sistema Jaguaribe-Metropolitano é obtido pelo produto da demanda hídrica pela capacidade de pagamento². Este sistema gerou um benefício total de 412 milhões de reais em 2010.

O valor anual arrecadado pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) por ano com a cobrança de água no Ceará é de 62 milhões de reais tendo o setor de abastecimento urbano, irrigação e indústria contribuído com 30%, 33% e 37% deste valor, respectivamente. No entanto, os custos totais de operação, administração, manutenção (OAM) e infraestrutura hídrica somaram 61 milhões de reais (OLIVEIRA, SILVA & SOUZA FILHO, 2012).

² Foi considerada a capacidade de pagamento atualizada pelo IGP-M para o ano de 2010.

2.5.2 - Bacia do Rio Piranhas-Açu

A Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu situa-se na zona semiárida do Nordeste brasileiro e é composta por sete sub-bacias: Piancó, Peixe, Alto Piranhas, Médio Piranhas, Espinharas, Seridó e Baixo Piranhas. As três primeiras estão totalmente inseridas em território paraibano, a sub-bacia do Baixo Piranhas situa-se totalmente no Estado do Rio Grande do Norte e as demais estão compreendidas nos dois estados.

A Bacia abrange, completa ou parcialmente, 147 municípios sendo 102 na Paraíba e 45 no Rio Grande do Norte. Nesses municípios vivem aproximadamente 1.562.513 habitantes (IBGE, 2010) dos quais 33,5% estão no Rio Grande do Norte e 66,5% estão no Estado da Paraíba.



Figura 13. Irrigação no Baixo Açu

(Fonte: Toni Martins).

A agropecuária é uma das principais atividades econômicas da região do vale do rio Piranhas-Açu, destacando a pequena agricultura de subsistência de feijão, milho consorciado e a pecuária extensiva. Já em

relação à agricultura irrigada, esta foi adotada como estratégia de desenvolvimento regional, o que veio a resultar num conjunto de perímetros operando com grau de sucesso variável. Recentemente, tem havido

a expansão da agricultura irrigada na área do Baixo-Açu em grandes lotes empresariais com o cultivo principalmente da banana (CBHPA, 2011).

A atividade industrial existente na Bacia compreende a indústria têxtil em São Bento, curtumes, sal, cerâmica e laticínios e a indústria de Petróleo e Gás nas proximidades do Alto do Rodrigues e Macau. A mineração é explorada na região do Seridó dos dois estados, predominando a extração de pegmatitos, scheelita e pedras semipreciosas (CBHPA, 2011).

A bacia possui uma demanda hídrica de uso consuntivo de 33,68 m³/s. Deste total, o setor de irrigação demanda 90% seguido do abastecimento urbano que demanda 7% (ANA, 2006).

A bacia do Piranhas-Açu é responsável pelo abastecimento de água da Cidade de Mossoró. Esta é a segunda maior cidade do Rio Grande do Norte com uma população estimada pelo IBGE em 2011 de 263.344 habitantes. O IDH é de 0,735 e o PIB é de 3,0 bilhões de reais em 2008, sendo o PIB per capita de R\$ 12.521,74.



Figura 14. Cidade de Mossoró
(Fonte: EFECAD, 2011).

2.6 – A Demanda Presente

No semiárido brasileiro observam-se usos múltiplos de água, predominantemente o abastecimento urbano e irrigação, os quais, em sua maioria, são atendidos pelos reservatórios superficiais. Nas bacias Piranhas-Açu, Jaguaribe e Metropolitanas as demandas setoriais seguem a tendência de ancorar o desenvolvimento regional na agricultura face às políticas públicas e investimentos no setor. Contudo, já se observa um forte crescimento do setor de

aquicultura, com destaque para a carcinicultura no Baixo Açu.

A partir dos levantamentos de cadastros e outorgas realizados no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos - CNARH (ANA), e nos cadastros dos Estados do Ceará (COGERH), Paraíba (AESAPB) e Rio Grande do Norte (SEMARH-RN), identificou-se a distribuição das demandas setoriais das bacias do Rio Piranhas-Açu e do Rio Jaguaribe para o ano de 2011 (Figura 15a e 15b, respectivamente).

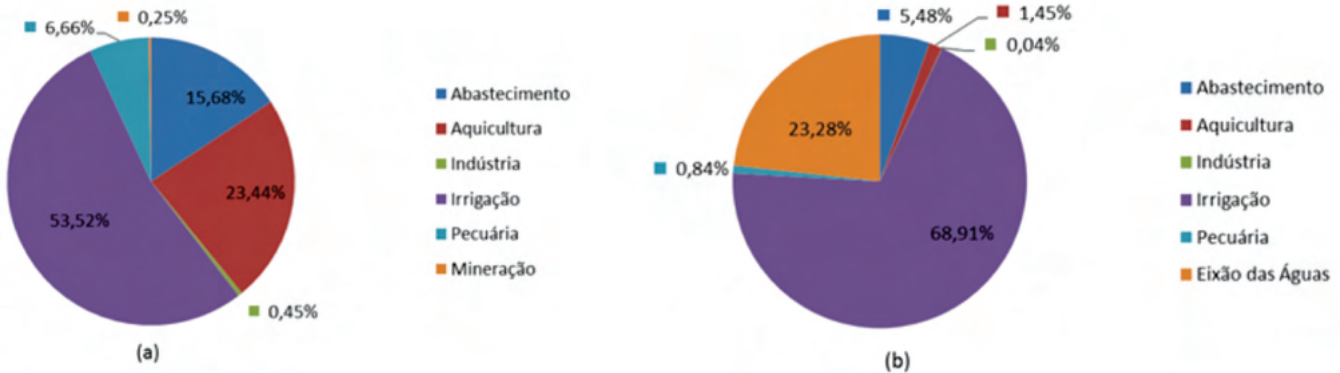


Figura 15. Distribuição percentual das demandas setoriais do Hidrossistema Piranhas-Açu (esquerda) e Hidrossistema Jaguaribe (2011)

(Fonte: Elaboração Própria).

Na Bacia do Rio Piranhas-Açu observa-se a predominância da irrigação, seja ela difusa, como geralmente ocorre na bacia, ou em perímetros públicos e privados mais localizados na porção mais ao norte da bacia. A aquicultura representa o segundo maior uso da bacia, sendo o setor impulsionado pela carcinicultura do Baixo Açu. O uso industrial tem um destaque das tecelagens dos municípios de São Bento e Jardim de Piranhas, localizados na divisa dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte.

Na bacia do Jaguaribe os dados indicam uma predominância muito forte da irrigação, seguida da demanda para o Eixão das Águas para atender usos difusos e, em especial, o perímetro irrigado do Tabuleiro de Russas, a Região Metropolitana de Fortaleza e o Porto do Pecém.

As Tabelas 32 a 34 apresentam as demandas sazonais e não-sazonais, por trecho de cada hidrossistema, consideradas na simulação da alocação.

2.8 – O Clima do Presente e Futuro

A variabilidade climática presente da Região Nordeste já impõe grandes desafios ao gerenciamento dos recursos hídricos, podendo este quadro ainda ser agravado diante as mudanças do clima. Assim, é de interesse identificar o que os MCGs do Relatório de Avaliação No. 4 (AR4) do IPCC (IPCC, 2007) estão apontando para a região NE em termos de mudanças climáticas para o período 2041-2070, incluindo os cenários de emissões disponíveis.

Esse estudo partiu de um análise dos modelos climáticos globais (MCGs) usados para o AR4, com os quais foram executadas simulações com o objetivo de identificar os modelos que melhor representassem o clima da região de estudo. As simulações aqui listadas incluem o presente (20C3M) e futuro forçados por dois cenários de emissões, a saber, A2 e B1. Uma diferenciação entre os cenários utilizados neste estudo é apresentada na Figura 16.

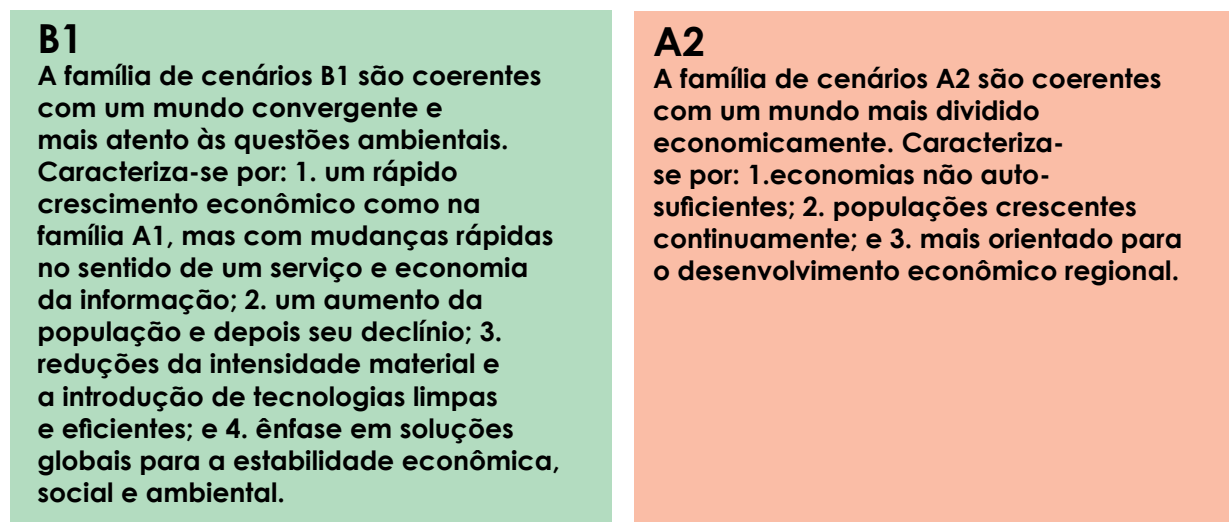


Figura 16. Cenários A2 e B1 – SRES
(Fonte: Banco Mundial, 2012).

Os cenários SRES foram empregados pelos Modelos Climáticos Globais Acoplados Oceano-Atmosfera (MCGAOAs) utilizados no Relatório de Avaliação

4 (IPCC, 2007). A Figura 17 apresenta os cenários SRES e representações diferentes de modelos de desenvolvimento.

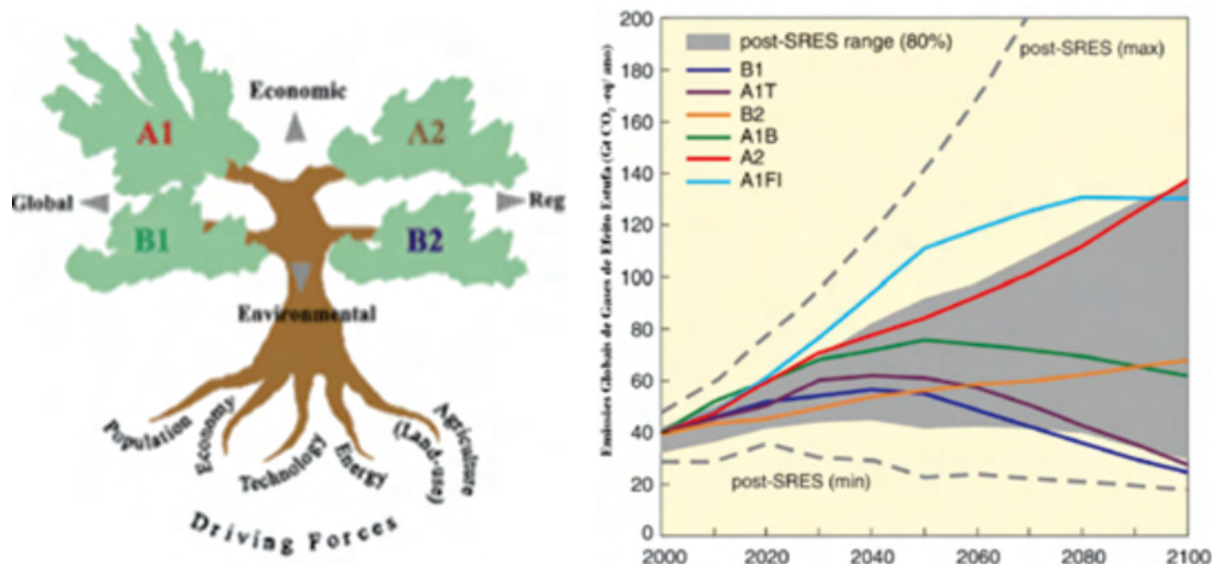


Figura 17. Cenários SRES e diferentes representações de modelos de desenvolvimento.
(Fonte: IPCC, 2007).

Três modelos foram selecionados dentre os analisados (BCM2, o MIMR e o INCM3), conforme sua performance em descrever o clima presente de cada bacia. A Figura 18 apresenta a precipitação média anual, evapotranspiração potencial média anual e a relação P/ETP calculados para o passado mais recente (1971-2000) com base nos dados CRU TS2.1 (Mitchell, 2004) e para o futuro (2041-2070) sob o cenário A2 com base nos modelos BCM2, INCM3 e MIMR. Os resultados dos modelos foram corrigidos com base em seu desempenho em descrever o período histórico (1971-2000).

A análise da Figura 18 revela para o modelo INCM3 uma intensificação das condições de aridez para o centro-leste da região, ao mesmo tempo que revela uma leve a moderada tendência para atenuação destas condições para o noroeste da Região Nordeste. Este quadro é ainda mais expressivo para os resultados do modelo MIMR. De outro lado, a análise dos resultados para o modelo BCM2 revela uma atenuação das condições de aridez para toda a região, isto devido à tendência do modelo em aumentar, de maneira geral, as precipitações na região. A Figura 19 apresenta os resultados correspondentes ao cenário B1.

Como cenário presente foi utilizado o período de 1971-2000, para o qual rodadas dos MCGs estavam

disponíveis. Estas rodadas no período histórico foram nomeadas no AR4/IPCC como período 20C3M. No que refere-se ao futuro utilizou-se um Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (SRES), lançado em 2000 com base tanto em emissões idealizadas como também em hipóteses concentração de CO₂, e utilizado no AR4 do IPCC. Estes cenários caracterizam a forte relação a gases estufa das emissões e da sensibilidade, capacidade adaptativa e vulnerabilidade dos sistemas sociais e econômicos.

A análise das Figura 18 e Figura 19 revelam uma discordância maior entre os modelos apenas para o noroeste da Região Nordeste. Outro fator a considerar é que estes são valores médios anuais e não refletem os efeitos de uma possível mudança no regime intra-anual de precipitações, como por exemplo, o aumento no período seco.

Uma análise similar, referente aos MCGs do AR5 (modelos do CMIP5), foi realizada e apresentada no anexo **II-Clima Futuro Segundo os Modelos do CMIP5**. Este anexo mostra os resultados obtidos para as variáveis P, ETP e P/ETP, para o presente e futuro, a partir do uso dos modelos CMIP5. A análise dos dois resultados (CMIP3/SRES e CMIP5/RCPs) apresentaram comportamento similar aqueles aqui apresentados.

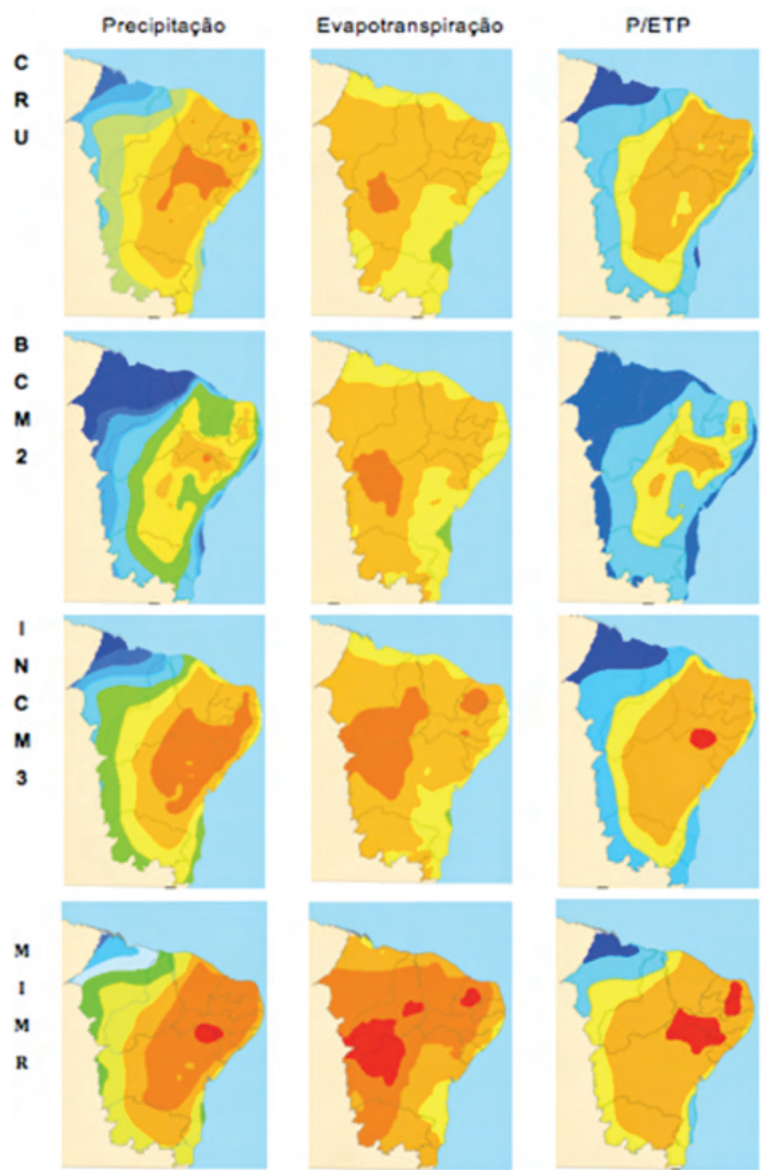


Figura 18. Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para os dados CRU (período: 1971-2000) e modelos climáticos globais BCM2, INCM3 e MIMR (A2 período: 2041-2070).
(Fonte: Elaboração Própria).

LEGENDA				
P (mm)	0-300	300-600	600-900	900-1200
	1500-1800	1800 - 2100	2100-2400	> 2400
ETP (mm)	1300-1500	1500-1700	1700-1900	1900-2100
				> 2100
P/ETP	Árido 0,05-0,20	Semiárido 0,20-0,50	Sub-úmido Seco 0,50-0,65	Sub-úmido Úmido 0,65-1,00
				Úmido > 1,00

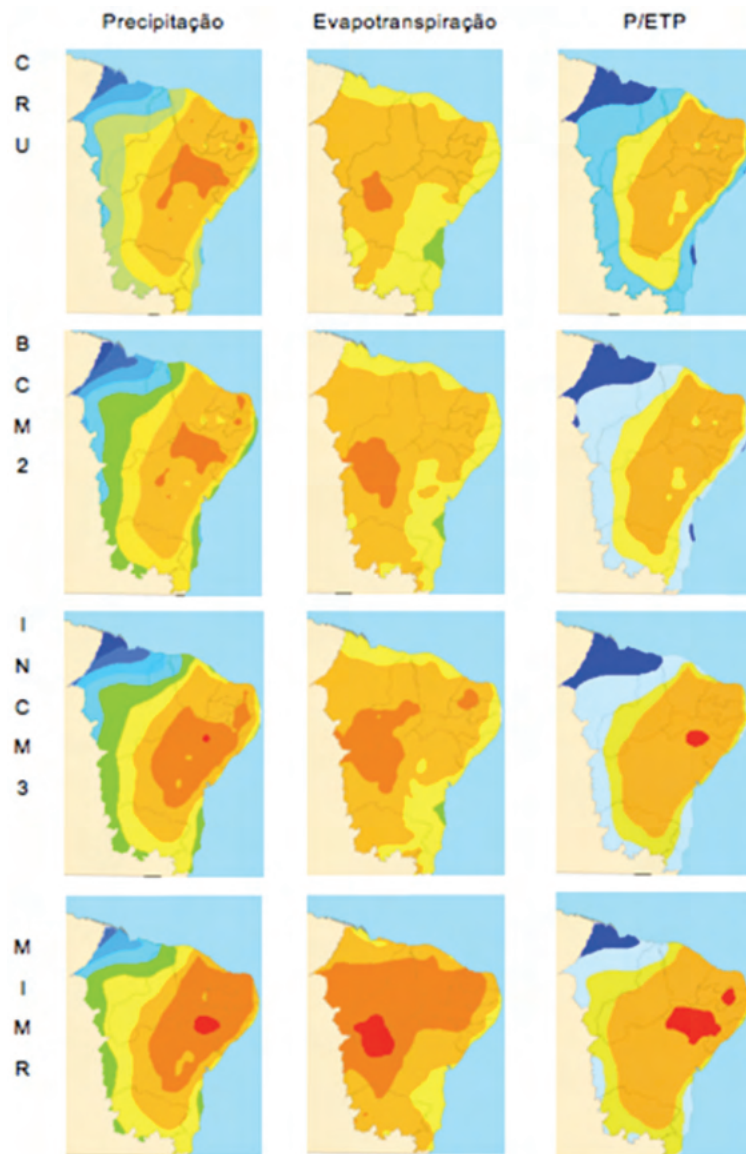


Figura 19. Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para os dados CRU (período: 1971-2000) e modelos climáticos globais BCM2, INCM3 e MIMR (B1 período: 2041-2070).

(Fonte: Elaboração Própria).

LEGENDA				
P (mm)	0-300	300-600	600-900	900-1200
	1500-1800	1800 - 2100	2100-2400	> 2400
ETP (mm)	1300-1500	1500-1700	1700-1900	1900-2100
	> 2100			
P/ETP	Árido 0,05-0,20	Semiárido 0,20-0,50	Sub-úmido Seco 0,50-0,65	Sub-úmido Úmido 0,65-1,00
				Úmido > 1,00

3

O Impacto das Mudanças Climáticas na Hidrologia das Bacias

Estudos de avaliação de impactos das mudanças de clima em geral, e, em particular, na hidrologia e recursos hídricos, requerem uma escala espacial muito mais fina que aquelas fornecidas por modelos climáticos globais (MCGs), ou até mesmo, modelos climáticos regionais (MCRs). Neste contexto, o presente estudo faz uso de modelos de regressão para detalhar as projeções climáticas dos MCGs ao nível das bacias dos hidrossistemas estudados. Este processo de detalhamento das projeções de MCGs baseado em métodos estatísticos é referido na literatura como *downscaling* estatístico.

O uso do *downscaling* estatístico assume que o clima regional está condicionado pelo estado do clima de grande escala e características fisiográficas regionais/locais (von Storch, 1999; Wilby *et al.*, 2004). Neste contexto, um modelo estatístico, relacionando as variáveis de grande escala (preditores) a variáveis regionais ou locais (preditandos), é empregado para determinar o clima regional. O *downscaling* estatístico assume que:

1. as variáveis preditoras são reproduzidas bem pelos MCGs em uma amplitude de escalas temporais;
2. a relação preditores-preditando é assumida ser estacionária, ou seja, válidas tanto para o presente como para os cenários futuros. Hewitson & Crane (2006) encontrou que o grau de não estacionariedade em mudanças climáticas projetadas é relativamente pequena.

Os hidrossistemas aqui estudados foram o Banabuiú, Castanhão e Orós para a Bacia do Rio Jaguaribe, e Armando Ribeiro Gonçalves e Sistema Coremas-Mãe D'água para a Bacia do Rio Piranhas-Açu. Assim, a partir dos resultados do *downscaling* estatístico, cenários climáticos (P, T e ETP) foram obtidos para cada hidrossistema e posteriormente utilizados por um modelo hidrológico concentrado (SMAP), previamente calibrado para as bacias de interesse, visando a geração de séries de vazões afluentes aos hidrossistemas anteriormente mencionados. O processo encontra-se ilustrado na Figura 20. A análise das mudanças nestas variáveis detectadas nos cenários futuros (A2 e B1) com relação ao período histórico (20C3M), permitirá avaliar os impactos das mudanças de clima na hidrologia das bacias estudadas.

Em termos de precipitação média anual, de modo geral, para ambos os cenários futuros, a regionalização desta variável a partir dos MCGs adotados (BCM2, INCM3 e MIMR) não indicou mudanças significativas no futuro em relação ao presente. Na grande maioria dos casos, com relação ao presente, foram identificadas reduções menores que 10% e aumentos inferiores a 5%. Contudo, as mudanças identificadas na variabilidade interanual da precipitação foram significativas para todos os MCGs utilizados, mas de forma diferenciada dependendo do modelo utilizado e bacia analisada. As Tabelas 4 e 5 apresentam em detalhes os aumentos e reduções percentuais em precipitação, evapotranspiração potencial e deflúvio superficial médios anuais para as duas bacias estudadas e cenários B1 e A2.

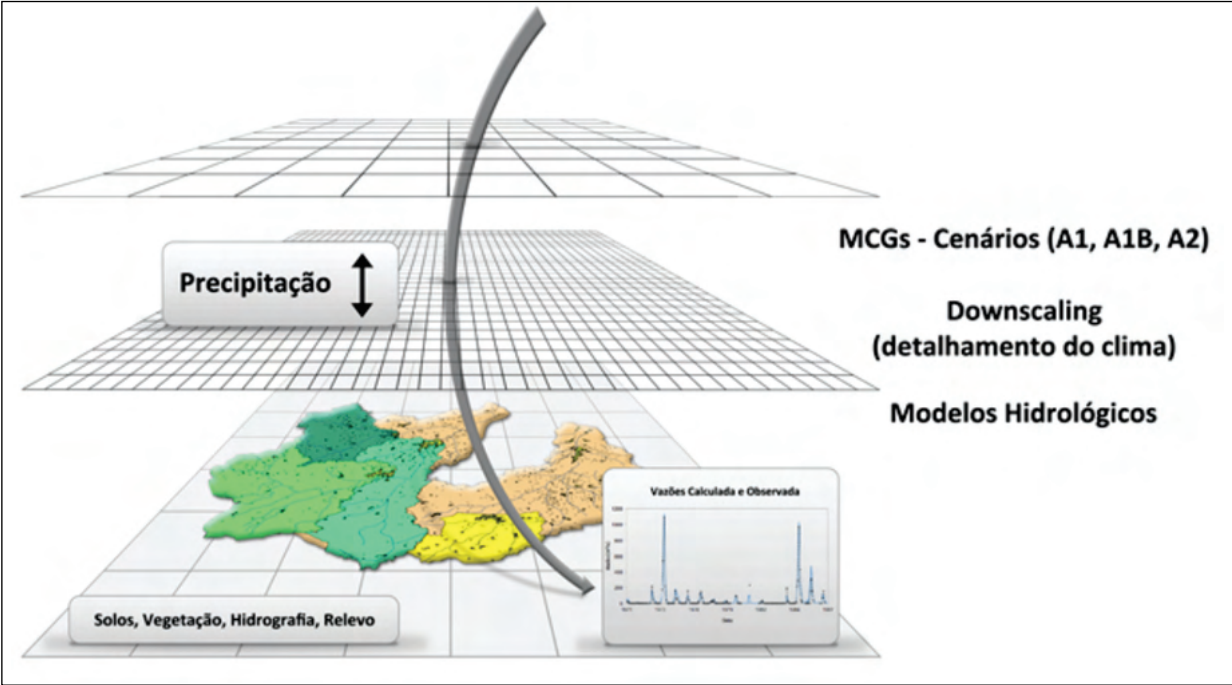


Figura 20. Componente Clima e Hidrologia.
(Fonte: Elaboração Própria).

Tabela 4. Aumentos e reduções em precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e deflúvio superficial (Q) médios anuais para os reservatórios das Bacias do Rio Jaguaribe e Piranhas-Açu no cenário B1 e modelos BCM2, INCM3 e MIMR.

Reservatório	P			ETP			Q		
	BCM2	INCM3	MIMR	BCM2	INCM3	MIMR	BCM2	INCM3	MIMR
Banabuiú	0,01	-0,04	-0,24	0,02	0,02	0,12	-0,05	-0,20	-0,73
Castanhão	0,01	0,01	0,00	0,02	0,03	0,13	0,01	-0,07	-0,26
Orós	0,02	0,01	0,00	0,02	0,03	0,13	0,00	-0,05	-0,21
A.R.G.	0,00	-0,05	-0,06	0,03	0,04	0,11	-0,15	0,06	-0,13
C.-M.	0,00	-0,13	-0,07	0,03	0,04	0,12	-0,14	-0,44	-0,47

Nota: Tabela mostra as mudanças relativas ([Futuro-Presente]/Presente) na precipitação média (P) evapotranspiração potencial (ETP), e escoamento (Q) para os cinco principais reservatórios nas bacias hidrográficas do Jaguaribe (Banabuiu, Castanhão, Orós) e Piranhas-Açu (Armando Ribeiro Gonçalves e Coremas-Mãe D’água) sob o Cenário de Emissão B1 e usando os modelos climáticos BCM2, INCM3 e MIMR. Itens marcados em azul correspondem a mudanças projetadas significativas com relação ao período presente (1971-2000).

Tabela 5. Aumentos e reduções em precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e deflúvio superficial (Q) médios anuais para os reservatórios das Bacias do Rio Jaguaribe e Piranhas-Açu no cenário A2 e modelos BCM2, INCM3 e MIMR.

Reservatório	P			ETP			Q		
	BCM2	INCM3	MIMR	BCM2	INCM3	MIMR	BCM2	INCM3	MIMR
Banabuiú	0,06	0,02	-0,05	0,02	0,03	0,14	0,04	0,02	0,00
Castanhão	0,00	0,01	-0,02	0,02	0,05	0,15	0,02	-0,01	0,02
Orós	0,01	0,05	-0,02	0,02	0,05	0,15	0,03	0,06	-0,09
A.R.G.	0,03	-0,03	-0,05	0,03	0,06	0,13	0,06	-0,01	-0,04
C.-M.	-0,01	0,00	-0,11	0,03	0,05	0,14	0,00	-0,02	-0,08

Nota: Tabela mostra as mudanças relativas ([Futuro-Presente]/Presente) na precipitação média (P) evapotranspiração potencial (ETP), e escoamento (Q) para os cinco principais reservatórios nas bacias hidrográficas do Jaguaribe (Banabuiú, Castanhão, Orós) e Piranhas-Açu (Armando Ribeiro Gonçalves e Coremas-Mãe D'água) sob o Cenário de Emissão A2 e usando os modelos climáticos BCM2, INCM3 e MIMR. Itens marcados em azul correspondem a mudanças projetadas significativas com relação ao período presente (1971-2000).

No que concerne à evapotranspiração potencial média anual, para ambos os cenários futuros, todas as sub-bacias apresentaram aumentos entre 2 e 15%, ficando os aumentos projetados pelos modelos BCM2, INCM3 e MIMR na ordem de 2%, 5% e 15%, respectivamente. O aumento na evapotranspiração, aliado a uma maior variabilidade interanual da precipitação, resultou em mudanças significativas no regime de escoamento superficial das sub-bacias dos hidrossistemas. Em geral, foi identificada uma redução no deflúvio médio anual (ver Tabela 4 e Tabela 5).

As reduções em escoamento superficial foram maiores para o modelo MIMR, quando comparadas com aquelas projetadas pelos modelos BCM2 e INCM3, sendo as diferenças maiores para o cenário B1 do que para o cenário A2. De qualquer forma, para ambos os cenários futuros de clima A2 e B1 e modelos INCM3 e MIMR, durante o período de 2041-2070, evidenciam uma redução no escoamento médio anual. Aliada a esta redução, em geral temos associado uma maior variabilidade interanual do escoamento superficial conforme os modelos BCM2 e INCM3, enquanto o modelo MIMR indica uma menor variabilidade interanual. Isto pode implicar

em mudanças relevantes nas vazões garantidas por cada hidrossistema, com importantes reflexos para a disponibilidade hídrica e mecanismos de alocação da água. Este aspecto é avaliado com alguns resultados na seção seguinte, e explorado com mais detalhe na seção 5 desta publicação.

3.1 – Possíveis Impactos Sobre o Processo de Alocação

Visando identificar o impacto possível das mudanças climáticas sobre o processo de alocação, determinou-se a vazão com garantia de 90% (Q90) para o reservatório correspondente a cada hidrossistema, assim como o Q90 para os Sistemas Jaguaribe e Piranhas-Açu como um todo, nos cenários presente (20C3M) e futuros (B1 e A2). Os resultados estão apresentados na Tabela 6, na qual aparecem as variações para o sistema como um todo, assim como os menores e maiores valores identificados para os reservatórios que compõem o respectivo sistema. Deve-se ressaltar aqui que os resultados não consideram a Transposição do Rio São Francisco, uma vez que o objetivo é identificar, em uma primeira análise, os impactos das mudanças de clima sobre os hidrossistemas existentes.

Tabela 6. Variações no Q90 do futuro com relação ao presente para os Sistemas Piranhas-Açu e Jaguaribe utilizando os modelos BCM2, INCM3 e MIMR.

CENÁRIO	Variação	MODELOS		
		BCM2	INCM3	MIMR
PIRANHAS - AÇU				
B1	SISTEMA	-0,07	-0,14	-0,33
	MIN	-0,17	-0,50	-0,58
	MAX	-0,04	-0,05	-0,25
A2	SISTEMA	-0,02	-0,33	-0,53
	MIN	-0,16	-0,39	-0,56
	MAX	0,03	-0,08	-0,53
JAGUARIBE				
B1	SISTEMA	0,05	-0,07	-0,34
	MIN	0,04	-0,18	-0,36
	MAX	0,05	-0,02	-0,29
A2	SIS	0,07	0,03	-0,23
	MIN	-0,04	-0,02	-0,24
	MAX	0,22	0,09	-0,20

A Figura 21 apresenta a razão entre a vazão com 90% de garantia correspondente ao cenário futuro B1 e aquela correspondente ao cenário de referência (Q90-B1/ Q90-20C3M), assim como a razão entre a vazão com 90% de garantia correspondente ao cenário futuro A2 e aquela correspondente ao cenário de referência (Q90-A2/ Q90-20C3M).

Verificou-se que para o Sistema Piranhas-Açu e cenário futuro B1, os modelos BCM2, INCM3 e MIMR projetaram reduções no Q90 com relação ao cenário de referência entre 4 a 17%, 5 a 50% e 25 a 58%, respectivamente. As maiores reduções para este cenário ocorreram para o sistema Coremas-Mãe D'água, independente da escolha do modelo. Para o Sistema Piranhas-Açu como um todo as reduções no Q90 no cenário B1 ficaram entre 7 e 33%.

Análise similar com os mesmos modelos foi realizada para o sistema Jaguaribe, identificando-se reduções

no Q90 no cenário B1 com relação ao cenário de referência, para os modelos INCM3 e MIMR, entre 2 a 18% e 29 a 36%, respectivamente, e aumentos da ordem de 5% para o modelo BCM2. Para o Sistema Jaguaribe como um todo, as variações no Q90 no cenário B1 com relação ao cenário de referência ficaram entre -34 a +5%.

No que se refere ao cenário A2, relativo ao cenário de referência, foi encontrado para os modelos INCM3 e MIMR uma intensificação nas reduções do Q90 correspondente ao sistema dos reservatórios da Bacia do Rio Piranhas-Açu, enquanto que para o modelo BCM2 tivemos uma atenuação destas reduções no Q90. Para os reservatórios do Sistema Jaguaribe foi observado de maneira geral, para todos os modelos, ou uma atenuação destas reduções ou um aumento no Q90 de cada reservatório pertencente a este sistema.

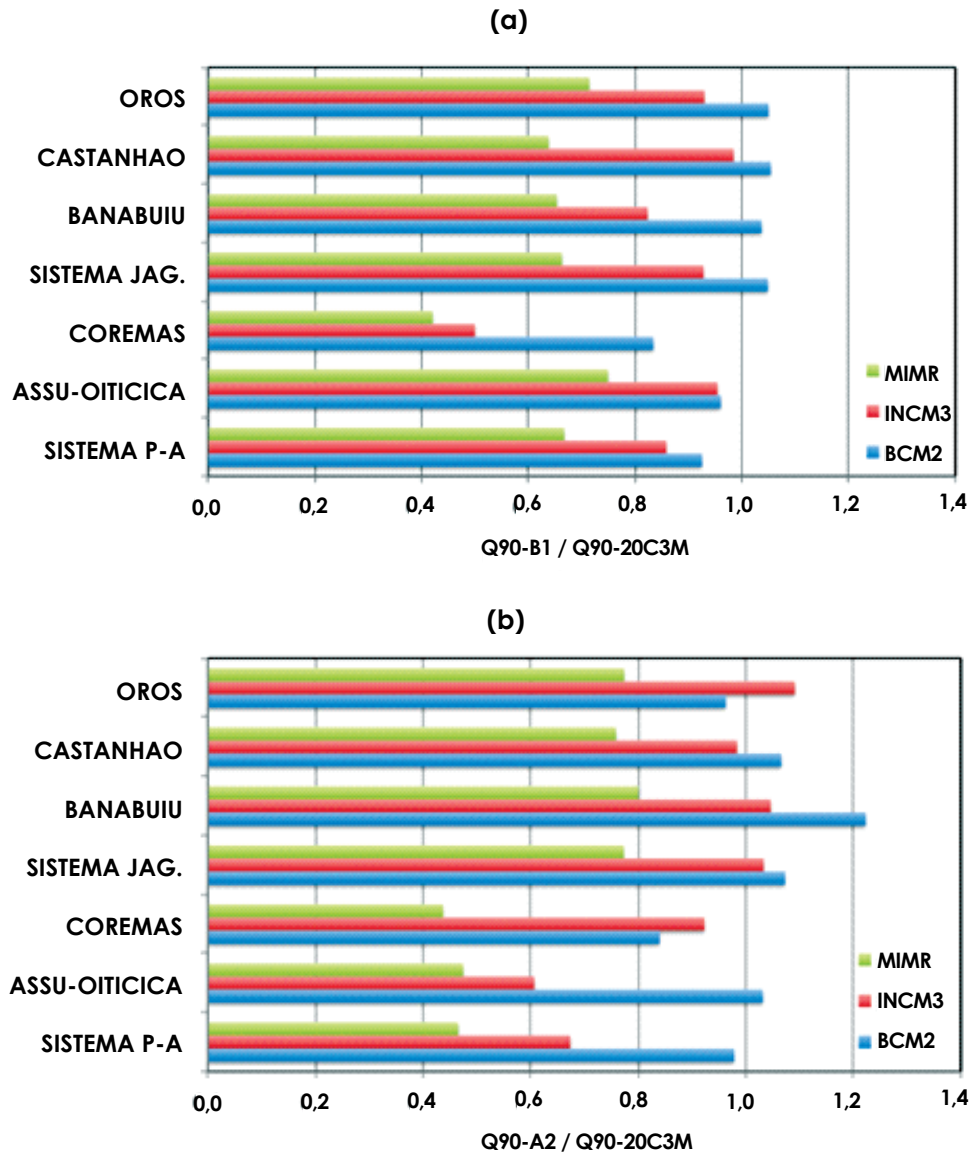


Figura 21. Razão entre a vazão com 90% de garantia dos cenários futuros (a) B1 (Q90-B1) e (b) A2 (Q90-A2) e a vazão com 90% de garantia dos período de referência de cada modelo (Q90-20C3M).

(Fonte: Elaboração Própria).

Para os modelos INCM3 e MIMR, os impactos negativos projetados sobre o Q90 dos hidrossistemas da Bacia do Rio Jaguaribe no cenário B1 foram maiores do que aqueles correspondentes ao cenário A2. De modo contrário, os respectivos impactos sobre os hidrossistemas da Bacia do Rio Piranhas-Açu no cenário B1 foram menores do que os correspondentes identificados no cenário A2.

Comparando-se os resultados para os sistemas Piranhas-Açu e Jaguaribe em ambos cenários B1

e A2, fica evidente que, em geral, as mudanças de clima projetadas para o período 2041-2070 terão maior impacto sobre a garantia dos hidrossistemas da Bacia do Piranhas-Açu do que da Bacia do Jaguaribe. Isto impõe um desafio ainda maior para o setor de recursos hídricos daquela bacia, quando comparado com a do Jaguaribe, em vista de tratar-se de um rio transfronteiriço e diante do quadro de organização e fragilidades dos sistemas de recursos hídricos dos estados que compõem a bacia do Piranhas-Açu.

4

Estratégias de Alocação

Nas últimas décadas vários investimentos em infraestrutura hídrica vêm sendo realizados nas Bacias do Rio Jaguaribe e do Rio Piranhas-Açu. Isto é, em particular, muito evidente para a Bacia do Rio Jaguaribe, onde podem ser encontrados vários reservatórios de médio e grande porte, transposições internas e externas, seja por adutoras ou canais de integração. Abstraído-se da questão do gerenciamento desta infraestrutura, que por si só, já pode ser considerada como uma medida estrutural visando tornar as populações e a economia local menos vulnerável às flutuações do clima. Ou seja, trata-se de uma medida de adaptação do setor de recursos às referidas flutuações. Aliada à infraestrutura existente, soma-se a transposição do Rio São Francisco, a qual vem dar ainda mais segurança hídrica aos diferentes usos das bacias receptoras do projeto, entre estas, as duas supracitadas.

Aliadas a estas medidas estruturais, outras de natureza não estrutural podem ser tomadas visando à adaptação, como é o caso da análise de diferentes estratégias de alocação de água para atendimento dos diversos usos. Deve-se aqui ressaltar que o objetivo não é identificar a estratégia de alocação mais apropriada, uma vez que a atualização das regras de alocação deve ser um processo contínuo, haja vista, não só as flutuações do clima, mas também as mudanças que possam vir a ocorrer no sistema de governança da água. O objetivo é demonstrar a **importância da flexibilização das estratégias de alocação de água buscando um gerenciamento do setor menos vulnerável à variabilidade e às mudanças de clima.** A

adaptação é um alvo em movimento, e não se trata somente da identificação de estratégias de alocação, ou de implementação de medidas estruturais, mas também da atualização dos modelos de governança da água. O processo de adaptação ocorre localmente e hoje, o que implica que as recomendações, em termos de estratégias de alocação, devem ser inseridas dentro do contexto local do sistema analisado, bem como, sob condições da variabilidade do clima do presente e em um processo contínuo de atualização.

Neste contexto, várias estratégias de alocação foram concebidas nessa seção com a finalidade de avaliar e comparar o comportamento e desempenho do sistema hídrico estudado sob diferentes condições no Clima Presente e Futuro. Desta forma, as estratégias apresentam diferentes combinações de prioridades de atendimento às demandas e regimes de operação de infraestrutura, cuja configuração foi concebida para (a) recriar condições próximas às atuais (cenário base ou de referência) e (b) explorar outras possibilidades e combinações possíveis, buscando reavaliar algumas operações e critérios de alocação da água atuais.

Essa análise foi realizada com o emprego de um Sistema de Suporte à Decisão (SSD) denominado ACQUANET, visando demonstrar que existe um espaço de soluções possíveis que precisa ser investigado. O ACQUANET é um sistema capaz de simular a alocação da água em um sistema hídrico sujeito a restrições de ordem física, hidrológica, legal e institucional (Porto, 2002), além de parâmetros de operação da infraestrutura existente. Este modelo caracteriza-se por:

- Sistema amigável que emprega formulação de redes de fluxo com representação do sistema com nós e arcos para efetuar as ligações entre os nós do sistema:
 - Arcos: trechos de rios, canais, etc;
 - Nós: reservatórios, demandas, confluências, etc;
- Simular sistemas complexos;
- Emprega um algoritmo de otimização para realizar simulação do sistema hídrico estudado, em que os resultados da simulação em um dado intervalo temporal são empregados como condições iniciais no próximo intervalo;
- Utiliza algoritmos matemáticos extremamente eficientes para maximizar as preferências dos usuários, distribuindo a água de acordo com prioridades (preferências) estabelecidas;

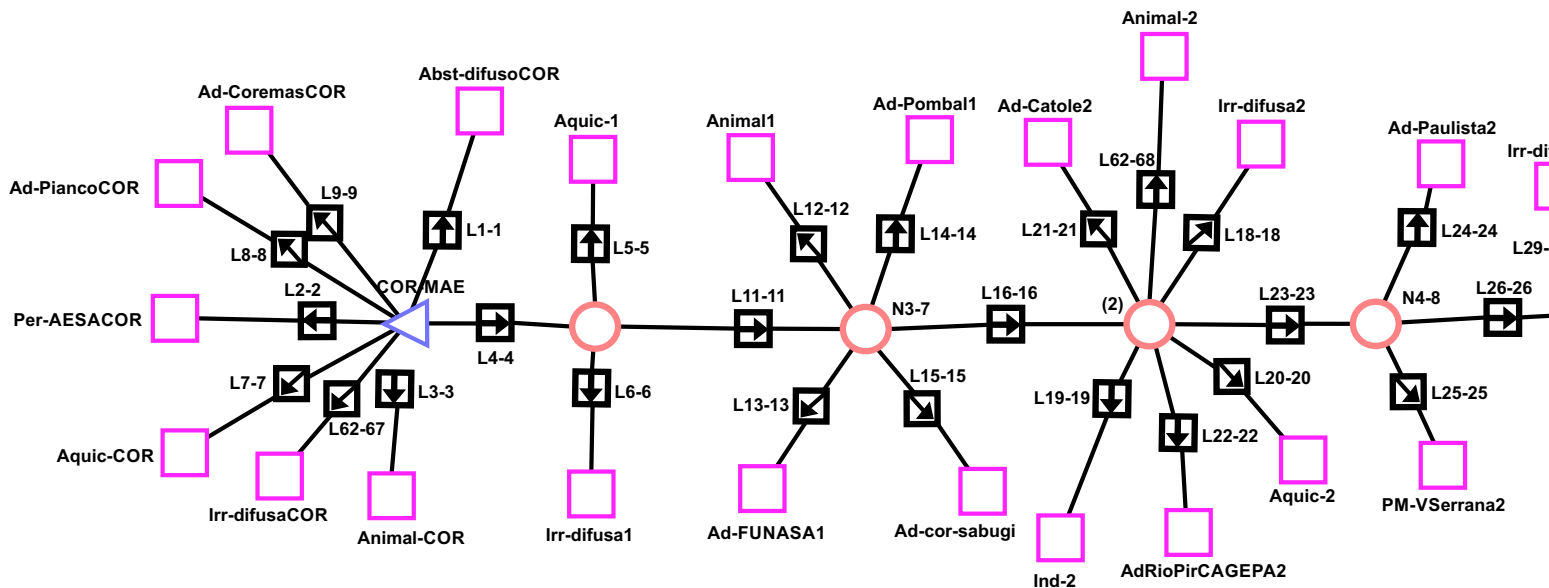


Figura 22. Rede de fluxo para o hidrossistema Piranhas-Açu.
(Fonte: Elaboração Própria).

Legenda

- Demanda
- Reservatório
- △ Nó de oferta ou de passagem
- Link

Figura 23. Rede de fluxo para o hidrossistema Ja
(Fonte: Elaboração Própria).

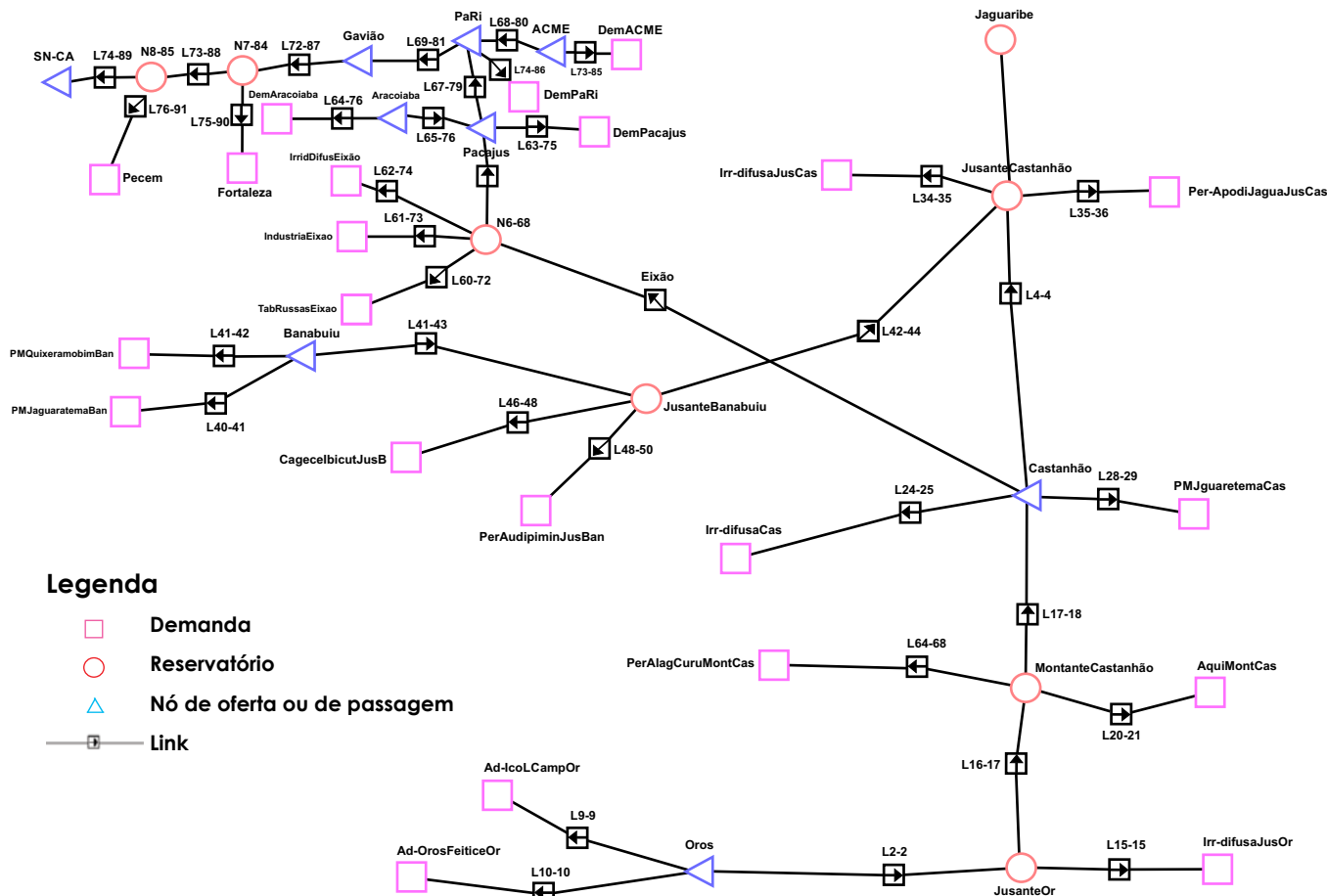


Figura 23. Rede de fluxo para o hidrossistema Jaguaribe-Metropolitano.

(Fonte: Elaboração Própria).

Antes de apresentarmos as estratégias exploradas de alocação, cabe aqui tecer algumas definições sobre as mesmas:

- Antes de apresentarmos as estratégias exploradas de alocação, cabe aqui tecer algumas definições sobre as mesmas:
- As estratégias objetivam representar o sistema físico e a gestão de recursos hídricos atual e outras alternativas (operacional e legal). Foram empregadas as mesmas estratégias para as duas bacias;
 - Estratégias com foco na demanda e na oferta (Tabela 7);
 - Estratégias de alocação (Tabela 7): combinação de estratégias de operação dos reservatórios e prioridade de atendimento;
 - Volume Meta é o percentual do volume máximo que deve ser mantido no reservatório de um mês para outro;

- Déficit de demanda é a quantidade de demanda desejada não atendida, isto é, a demanda desejada menos demanda alocada;
- P1, P2, P3, P4 e P5 são códigos de prioridades, de modo que P1 significa a prioridade mais alta (recebe água primeiro) e P5 a prioridade mais baixa (recebe água por último). Assim, temos $P1 > P2 > P3 > P4 > P5$;
- Independente das estratégias analisadas, a prioridade no armazenamento do reservatório de montante é sempre maior que o reservatório de jusante. Isso significa encher primeiro o reservatório de montante, o qual consiste em estratégia de minimizar vertimento para fora do sistema.

Tabela 7. Estratégias de alocação segundo oferta e demanda.

EA	Oferta	Demanda e prioridades	Observação
EA11	Volume meta dos reservatórios definido em 30%, sem transposição.	Demanda Urbana: P1	Configuração com maior prioridade ao atendimento urbano e menor flexibilidade. Após atendimento ao uso urbano em um dado <i>time step</i> , a água restante será prioritariamente armazenada, de modo a atender demanda urbana no futuro. Irrigação e indústria recebem atendimento com prioridade última. Esta configuração provavelmente se aproxima mais das operações atuais.
		Vol. Reservatório: P2	
		Demanda Irrigação: P3	
EA12	Volume meta dos reservatórios definido em 30%, com transposição.	Demanda Indústria P3	
		Demanda Urbana: P1	Um pouco mais flexível que EA11, nesta configuração a demanda urbana ainda tem a maior prioridade, porém as demandas Irrigação e indústria têm prioridade sobre o armazenamento no reservatório. A água que sobrar em um dado <i>time step</i> , após atendimento a todas as demandas (urbana, irrigação e indústria) é armazenada, ficando disponível para atender a demanda urbana prioritária no próximo <i>time step</i> .
		Vol. Reservatório: P3	
EA21	Volume meta dos reservatórios definido em 30%, sem transposição.	Demanda Irrigação: P2	
		Demanda Indústria P2	
EA22	Volume meta dos reservatórios definido em 30%, com transposição.		

EA = Estratégia de Alocação.

A estratégia EA11 representa a atual adotada pelos órgãos gestores, mantendo a prioridade absoluta do abastecimento humano e a posição conservadora de manter pelo menos 30% do reservatório cheio. A análise realizada neste artigo baseou-se na comparação de indicadores agregados para cada sistema que refletissem as alterações das garantias da oferta e da demanda, além de avaliar a vulnerabilidade do sistema através da frequência que o reservatório/sistema permanece abaixo de um nível crítico. Estes indicadores foram avaliados para duas classes de Estratégias de Alocação, a primeira classe que prioriza em absoluto o Abastecimento Urbano (EA11 e EA12) e a segunda que prioriza proporcionalmente

o Abastecimento Urbano e a Irrigação (E21 e EA22). Cada uma das classes apresentam alternativas que consideram ou não a Transposição do Rio São Francisco. As estratégias EA11 e EA21 não consideram a Transposição do Rio São Francisco, enquanto as estratégias EA12 e EA22 consideram esta transposição. As análises destas estratégias foram realizadas para as regionalizações obtidas a partir dos três MCGs (BCM2, INCM3 e MIMR).

As estratégias de alocação apresentadas na Tabela 7 foram escolhidas para o Estudo entre várias estratégias simuladas para diferentes condições de oferta (p.ex. 50% de volume meta dos reservatórios), demanda e prioridades.

5

Impactos das Mudanças de Clima Sobre o Processo de Alocação de Água das Demandas do Presente ao Nível de Hidrossistemas

Para a presente seção foram avaliados os impactos das mudanças de clima (cenários futuros B1 e A2) no processo de alocação de água das demandas do presente (D0) conforme apresentadas na seção

2.6 (Tabela 8). A estimativa das demandas futuras (representadas como D1 e D2) será detalhada na seção 6 desta publicação.

Tabela 8. Combinação de cenários de Clima e Demandas simulados nesta seção (X indica cada caso simulado).

Demanda	Clima		
	Presente (1971-2000)	Futuro (2041-2070)	
		B1	A2
D0	X	X	X
D1	---	---	---
D2	---	---	---

A análise das garantias (ou falhas) apresentadas nas Tabelas 09 a 14 deve considerar a vazão de referência ótima para o sistema e não para um usuário individual.

Os usuários de água sempre desejam que o abastecimento tenha uma garantia de 100%. No entanto, não é esta a garantia ótima socialmente. Como forma de verificar esta assertiva, tomemos como exemplo a irrigação. Quanto maior a garantia menor a oferta hídrica e menor

a quantidade de área irrigada poderá ser plantada. Assim, a área total irrigada varia inversamente com a garantia do suprimento. Sendo o benefício agregado o produto desta área por um benefício por hectare (ex. cultura temporária) teremos que o benefício total crescerá com a área total irrigável.

Por outro lado, quanto menor a garantia maior será a falha de abastecimento, isto é, maior será o tempo

que uma área passará sem produzir. Caso o custo fixo desta área seja zero, isto não imporá nenhum ônus econômico, por outro lado quanto maior o custo fixo maior será o custo do desabastecimento. Desta forma haverá uma garantia ótima para cada valor da razão custo fixo e benefício $(CF/(B-CV))^1$. Culturas com baixa razão requerem menores garantias e culturas com alta razão requerem garantias elevadas.

Usualmente, no Nordeste do Brasil, adota-se como a garantia de 90% a ser outorgada, e por tanto a que se torna referência para os empreendimentos. Garantias menores (ou falhas maiores) que esta podem levar a impactos econômicos no sistema.

A Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11 apresentam, para o sistema do Piranhas-Açu e três modelos climáticos, as vazões alocadas para o Abastecimento Urbano (AU) e Irrigação (I), bem como o percentual (%) do tempo que as demandas de abastecimento urbano e de irrigação não foram atendidas, NR e NR-I, respectivamente. A análise dessas tabelas mostra claramente que, para a estratégia EA11, a vazão alocada AU permanece praticamente inalterada para os três modelos climáticos e cenários B1 e A2, relativo ao presente. Para a estratégia EA21, apesar da vazão alocada AU permanecer praticamente inalterada, isto é conseguido às custas de um percentual (%) maior de tempo de falha no qual a respectiva demanda não foi atendida. Este percentual (%) é ligeiramente maior para o cenário A2 do que para o cenário B1. Contudo, fica evidente que estas falhas poderiam ser “corrigidas” pelos órgãos gestores e operadoras das adutoras, ao adotar alternativas de gestão da demanda, como redução de perdas, educação ambiental, entre outros. Os resultados referentes a NR e NR-I são apresentados graficamente na Figura 24.

¹ CF é o custo fixo, CV é o custo variável e B é o benefício

No caso da irrigação, há um % de falha pequeno ($<9\%$) para o presente, o qual é reduzido e até anulado (dependendo do modelo) nas estratégias com prioridade relativa e naquelas que incorporam a transposição (EA12, EA21 e EA22). Para a estratégia EA21, observa-se que a redução da falha na irrigação “impôs” uma mínima falha no AU, o que pode ser entendido como um compartilhamento de prejuízos destes setores. Para os climas B1 e A2, comportamento é semelhante ao presente, exceto para simulação do modelo MIMR para o A2.

Observa-se que as falhas para a situação atual são baixas, menores que os 10% previstos na outorga. No Cenário A2 as falhas na irrigação do modelo MIMR se elevam para patamares elevadíssimos 57% no EA11 (Baixa prioridade para irrigação e sem Transposição do São Francisco), permanecendo com valores elevados mesmo aumentando-se a prioridade relativa da irrigação e transpondo-se as águas do São Francisco, 29% no EA22. Sob este cenário não haveria condições de se suportar irrigação de menor valor agregado. Os cenários do modelo INCM3 apresentam falhas elevadas para as condições de alocação EA11 que podem ser reduzidas através de medidas de adaptação, notadamente modificações no sistema de prioridades da alocação de água e transposição de bacia, estas adaptações não imporiam falhas significativas no abastecimento urbano.

No Cenário B1 o MIMR apresenta falhas elevadas que podem ser reduzidas com adaptação da regra de alocação (aumentando a prioridade de uso da irrigação) e/ou com a utilização de águas do São Francisco.

Tabela 9. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelos de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: Demanda e Clima Presentes (20C3M) - 1971-2000.

PRIORIDADE	ABSOLUTA	EA11				EA12				
		BCM2	3,73		0,00		3,73		0,00	
		INCM3	AU (m³/s)	3,73	NR (%)	0,00	AU (m³/s)	3,73	NR (%)	0,00
		MIMR		3,73		0,00		3,73		0,00
		BCM2		10,98		7,09		11,28		4,70
		INCM3	I (m³/s)	11,26	NR-I (%)	5,41	I (m³/s)	11,73	NR-I (%)	1,58
		MIMR		10,87		8,05		11,23		5,43
		Transposto do SF				Transposto do SF				
		BCM2		0,00		BCM2		2,00		
		INCM3		0,00		INCM3		2,00		
	MIMR		0,00		MIMR		2,00			
	RELATIVA	EA21				EA22				
		BCM2	3,70		0,62		3,73		0,00	
INCM3		AU (m³/s)	3,73	NR (%)	0,00	AU (m³/s)	3,73	NR (%)	0,00	
MIMR			3,66		1,49		3,72		0,10	
BCM2			11,62		1,22		11,89		0,00	
INCM3		I (m³/s)	11,89	NR-I (%)	0,00	I (m³/s)	11,89	NR-I (%)	0,00	
MIMR			11,29		1,82		11,86		0,31	
Transposto do SF				Transposto do SF						
BCM2			0,00		BCM2		2,00			
INCM3			0,00		INCM3		2,00			
MIMR		0,00		MIMR		2,00				

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; SF = São Francisco.

Tabela 10. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelos de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: Demanda Presente e Clima Futuro B1 - 2041-2070.

PRIORIDADE	ABSOLUTA	EA11				EA12				
		BCM2	AU (m³/s)	3,73	NR (%)	0,00	AU (m³/s)	3,73	NR (%)	0,00
		INCM3		3,73		0,00		3,73		0,00
		MIMR		3,73		0,00		3,73		0,00
		BCM2	I (m³/s)	11,03	NR-I (%)	7,43	I (m³/s)	11,20	NR-I (%)	5,63
		INCM3		11,15		8,68		11,79		1,11
		MIMR		10,15		19,17		11,58		3,87
		Transposto do SF				Transposto do SF				
		BCM2	0,00		BCM2	2,00				
		INCM3	0,00		INCM3	2,00				
		MIMR	0,00		MIMR	2,00				
RELATIVA	RELATIVA	EA21				EA22				
		BCM2	AU (m³/s)	3,66	NR (%)	1,62	AU (m³/s)	3,71	NR (%)	0,28
		INCM3		3,63		3,91		3,73		0,00
		MIMR		3,56		6,81		3,73		0,00
		BCM2	I (m³/s)	11,57	NR-I (%)	2,45	I (m³/s)	11,76	NR-I (%)	1,04
		INCM3		11,49		4,44		11,89		0,00
		MIMR		11,27		7,22		11,89		0,00
		Transposto do SF				Transposto do SF				
		BCM2	0,00		BCM2	2,00				
		INCM3	0,00		INCM3	2,00				
		MIMR	0,00		MIMR	2,00				

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; SF = São Francisco.

Tabela 11. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelos de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: Demanda Presente e Clima Futuro A2 - 2041-2070.

PRIORIDADE	ABSOLUTA	EA11				EA12					
		BCM2	AU (m³/s)	3,73	NR (%)	0,00	AU (m³/s)	3,73	NR (%)	0,00	
		INCM3		3,73		0,00		3,73		0,00	
		MIMR		3,73		0,00		3,73		0,00	
		BCM2	I (m³/s)	10,49	NR-I (%)	11,78	I (m³/s)	10,99	NR-I (%)	6,78	
		INCM3		9,08		22,80		10,15		13,45	
		MIMR		5,25		57,06		6,50		44,45	
		Transposto do SF					Transposto do SF				
		BCM2	0,00			BCM2	2,00				
		INCM3	0,00			INCM3	2,00				
		MIMR	0,00			MIMR					
			RELATIVA	EA21				EA22			
				BCM2	AU (m³/s)	3,59	NR (%)	3,42	AU (m³/s)	3,69	NR (%)
INCM3	3,51			5,62		3,71		0,40			
MIMR	2,54			31,32		3,04		11,64			
BCM2	I (m³/s)			11,29	NR-I (%)	4,35	I (m³/s)	11,65	NR-I (%)	1,69	
INCM3				10,94		7,41		11,71		1,39	
MIMR				7,47		37,08		8,31		28,73	
Transposto do SF					Transposto do SF						
BCM2	0,00			BCM2	2,00						
INCM3	0,00			INCM3	2,00						
MIMR	0,00			MIMR	2,00						

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; SF = São Francisco.

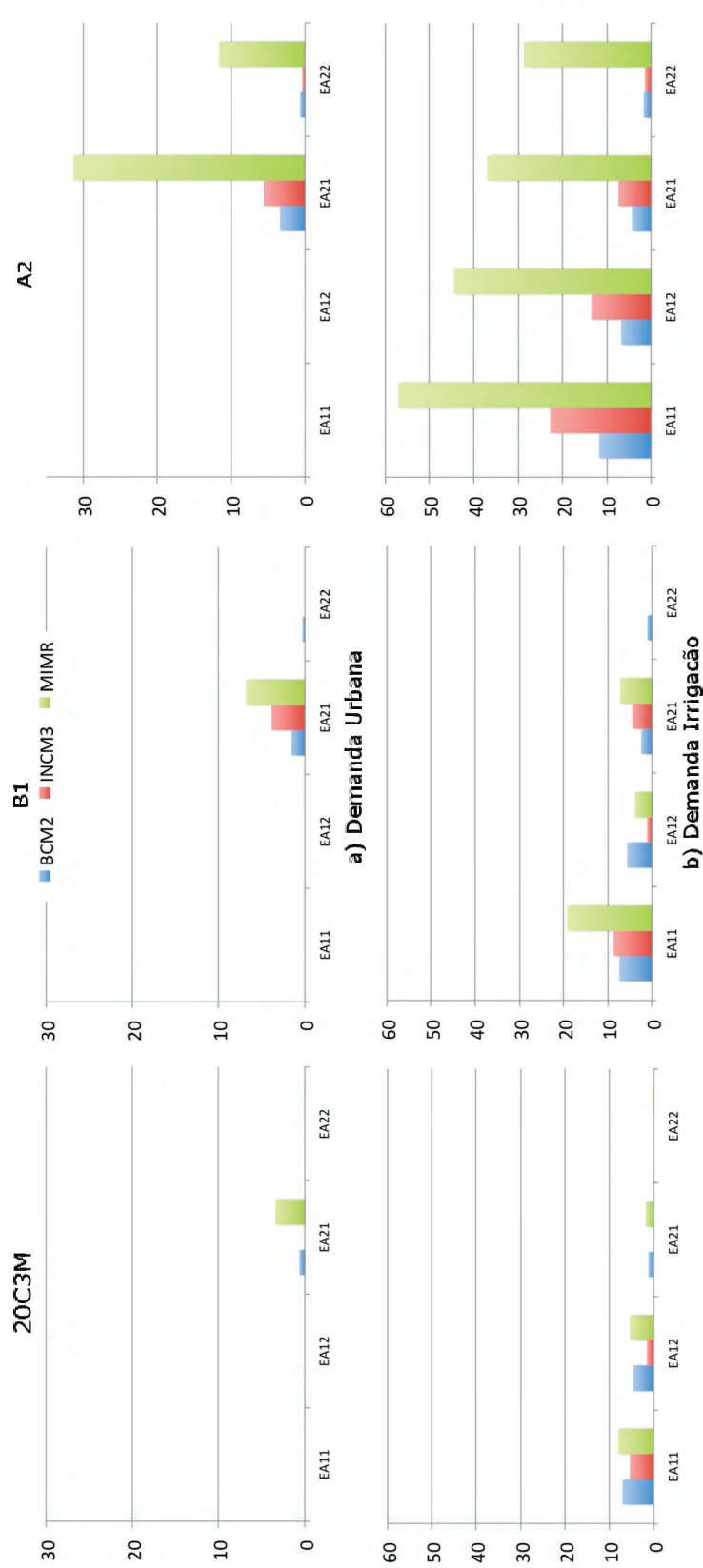


Figura 24. Percentual do Tempo que (a) Demanda Urbana - NR(%) e (b) Demanda da Irrigação - NR-I (%) não são atendidas conforme a estratégia de alocação (EA11, EA12, EA 21, EA22) e modelo climático (BCM2, INCM3, MIMR) utilizados nos Climas Presente (Período: 1971-2000) e Futuro (Período: 2041-2070) para cenários B1 e A2 no Sistema Piranhas-Açu.
(Fonte: Elaboração Própria, 2012).

Os resultados para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas, mostrados na Tabela 12, Tabela 13 e Tabela 14, indicam claramente que, para ambas as estratégias EA11 e EA21, a vazão alocada AU permanece inalterada para os cenários B1 e A2 relativo ao presente. No caso da irrigação, a vazão alocada I também permanece praticamente inalterada em relação ao presente, seja para a estratégia de alocação EA11 ou EA21, não havendo modificações significativas no % do tempo que esta demanda não é atendida, ou seja, não havendo praticamente falhas no atendimento.

As vazões médias transpostas do Jaguaribe para as bacias Metropolitanas, através do Eixão das Águas, variam significativamente de acordo com o MCG utilizado na análise, mas não dependem tanto da estratégia de alocação adotada (EA11, EA12, EA21 ou EA22). Assim, observa-se que a infraestrutura hídrica instalada refletem uma certa “folga” do sistema que absorveriam os eventuais impactos das mudanças climáticas, uma vez que as estratégias (EA21) apresentaram pequenas falhas e o aporte da transposição resolveu o problema (EA22 sem falhas).

Tabela 12. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: Presente (20C3M) - 1971-2000.

		EA11				EA12			
		BCM2	AU-F	NR-F	0,00	AU-F	6,89	NR-F	0,00
ABSOLUTA	INCM3		6,89		0,00		6,89		0,00
	MIMR	m³/s	6,89	%	0,00	m³/s	6,89	%	0,00
	BCM2	AU-J	1,51	NR-J	0,00	AU-J	1,51	NR-J	0,00
	INCM3		1,51		0,00		1,51		0,00
	MIMR	m³/s	1,51	%	0,00	m³/s	1,51	%	0,00
	BCM2	I-J	27,77	NR-I-J	0,14	I-J	27,77	NR-I-J	0,14
	INCM3		27,77		0,14		27,77		0,14
	MIMR	m³/s	27,30	%	1,46	m³/s	27,31	%	1,41
	Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)					Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)			
	SF --> Jag	BCM2			0,00	BCM2			11,41
		INCM3			0,00	INCM3			11,41
		MIMR			0,00	MIMR			11,41
PRIORIDADE	Jag --> Met	BCM2			2,42	BCM2			3,01
		INCM3			4,51	INCM3			4,63
		MIMR			8,64	MIMR			8,79
	RELATIVA	EA21				EA22			
		BCM2	AU-F	NR-F	0,00	AU-F	6,89	NR-F	0,00
		INCM3			0,00		6,89		0,00
		MIMR	m³/s	%	0,00	m³/s	6,89	%	0,00
		BCM2	AU-J	NR-J	0,00	AU-J	1,49	NR-J	0,00
		INCM3			0,00		1,49		0,00
		MIMR	m³/s	%	0,00	m³/s	1,49	%	0,00
		BCM2	I-J	NR-I-J	0,00	I-J	27,79	NR-I-J	0,00
		INCM3			0,00		27,79		0,00
		MIMR	m³/s	%	0,27	m³/s	27,69	%	0,27
		Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)				Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)			
		Qto está sendo transposto				Qto está sendo transposto			
		SF --> Jag	BCM2		0,00	BCM2			11,41
			INCM3		0,00	INCM3			11,41
			MIMR		0,00	MIMR			11,41
		Jag --> Met	BCM2		2,42	BCM2			3,01
			INCM3		4,51	INCM3			4,63
			MIMR		8,67	MIMR			8,83

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; Sistema: J=Jaguaribe; F=Fortaleza; SF = São Francisco.

Os cenários B1 e A2 do modelo MIMR são os mais pessimistas impondo falhas altíssimas. Estas falhas podem ser reduzidas significativamente para patamares muito inferiores a outorga através da mudança do sistema de prioridade da irrigação na alocação e da utilização das águas transposição do São Francisco. Neste caso, os potenciais impactos econômicos da mudança climática podem ser

reduzidos por estas duas medidas adaptativas. Os resultados referentes a NR-I são apresentados graficamente na Figura 25. Os valores referentes a NR são, em geral, nulos, mostrando que o sistema não apresenta falhas referentes ao atendimento urbano. A Figura 26 mostra que a flexibilização da estratégia de alocação não resultou em mudanças nas transferências entre a bacia do Jaguaribe e o Sistema Metropolitano.

Tabela 13. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: demanda presente e Clima Futuro B1 - 2041-2070.

		EA11				EA12			
		BCM2	AU-F	NR-F	0,00	AU-F	6,89	NR-F	0,00
ABSOLUTA	INCM3		6,89		0,00		6,89		0,00
	MIMR	m³/s	6,89	%	0,00	m³/s	6,89	%	0,00
	BCM2	AU-J	1,49	NR-J	0,00	AU-J	1,49	NR-J	0,00
	INCM3		1,49		0,00		1,49		0,00
	MIMR	m³/s	1,49	%	0,00	m³/s	1,49	%	0,00
	BCM2	I-J	27,67	NR-I-J	0,95	I-J	27,78	NR-I-J	0,10
	INCM3		27,78		0,10		27,78		0,10
	MIMR	m³/s	19,82	%	37,61	m³/s	23,66	%	17,35
	Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)					Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)			
	SF --> Jag		BCM2		0,00	SF --> Jag	BCM2		11,41
PRIORIDADE			INCM3		0,00		INCM3		11,41
			MIMR		0,00		MIMR		11,41
	Jag --> Met		BCM2		2,57	Jag --> Met	BCM2		2,86
			INCM3		2,83		INCM3		2,89
			MIMR		8,43		MIMR		10,31
	EA21					EA22			
	BCM2	AU-F	6,89	NR-F	0,00	AU-F	6,89	NR-F	0,00
	INCM3		6,89		0,00		6,89		0,00
	MIMR	m³/s	6,89	%	0,00	m³/s	6,89	%	0,00
	BCM2	AU-J	1,49	NR-J	0,00	AU-J	1,49	NR-J	0,00
RELATIVA	INCM3		1,49		0,00		1,49		0,00
	MIMR	m³/s	1,45	%	0,00	m³/s	1,46	%	0,00
	BCM2	I-J	27,79	NR-I-J	0,00	I-J	27,79	NR-I-J	0,00
	INCM3		27,79		0,00		27,79		0,00
	MIMR	m³/s	25,67	%	5,85	m³/s	26,16	%	4,57
	Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)					Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)			
	Qto está sendo transposto		BCM2		0,00	Qto está sendo transposto	BCM2		11,41
			INCM3		0,00		INCM3		11,41
			MIMR		0,00		MIMR		11,41
	Jag --> Met		BCM2		2,58	Jag --> Met	BCM2		2,87
			INCM3		2,83		INCM3		2,89
			MIMR		9,07		MIMR		10,59

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; Sistema: J=Jaguaribe; F=Fortaleza; SF = São Francisco

Tabela 14. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA11, EA 12, EA 21 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2/INCM3/MIMR - Cenário: Demanda Presente e Clima Futuro A2 - 2041-2070.

		EA11				EA12				
ABSOLUTA	BCM2	AU-F	6,89	NR-F	0,00	AU-F	6,89	NR-F	0,00	
	INCM3		6,89		0,00		6,89		0,00	
	MIMR	m³/s	6,89	%	0,00	m³/s	6,89	%	0,00	
	BCM2	AU-J	1,49	NR-J	0,00	AU-J	1,49	NR-J	0,00	
	INCM3		1,49		0,00		1,49		0,00	
	MIMR	m³/s	1,49	%	0,00	m³/s	1,49	%	0,00	
	BCM2	I-J	27,77	NR-I-J	0,14	I-J	27,77	NR-I-J	0,14	
	INCM3		27,77		0,14		27,77		0,14	
	MIMR	m³/s	20,16	%	32,18	m³/s	25,46	%	9,08	
Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)					Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)					
PRIORIDADE	SF --> Jag	BCM2			0,00	SF --> Jag	BCM2			11,41
		INCM3			0,00		INCM3			11,41
		MIMR			0,00		MIMR			11,41
	Jag --> Met	BCM2			2,67	Jag --> Met	BCM2			2,72
		INCM3			2,51		INCM3			2,66
		MIMR			8,58		MIMR			10,93
		EA21				EA22				
RELATIVA	BCM2	AU-F	6,89	NR-F	0,00	AU-F	6,89	NR-F	0,00	
	INCM3		6,89		0,00		6,89		0,00	
	MIMR	m³/s	6,89	%	0,00	m³/s	6,89	%	0,00	
	BCM2	AU-J	1,49	NR-J	0,00	AU-J	1,49	NR-J	0,00	
	INCM3		1,49		0,00		1,49		0,00	
	MIMR	m³/s	1,46	%	1,99	m³/s	1,48	%	0,25	
	BCM2	I-J	27,79	NR-I-J	0,00	I-J	27,79	NR-I-J	0,00	
	INCM3		27,79		0,00		27,79		0,00	
	MIMR	m³/s	25,84	%	5,28	m³/s	27,52	%	0,70	
Qto está sendo transposto					Qto está sendo transposto					
Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)					Vazão média transposta do Jag p/ Met (m³/s)					
SF --> Jag	BCM2			0,00	SF --> Jag	BCM2			11,41	
	INCM3			0,00		INCM3			11,41	
	MIMR			0,00		MIMR			11,41	
Jag --> Met	BCM2			2,70	Jag --> Met	BCM2			2,75	
	INCM3			2,51		INCM3			2,65	
	MIMR			9,98		MIMR			10,93	

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; Sistema: J=Jaguaribe; F=Fortaleza; SF = São Francisco.

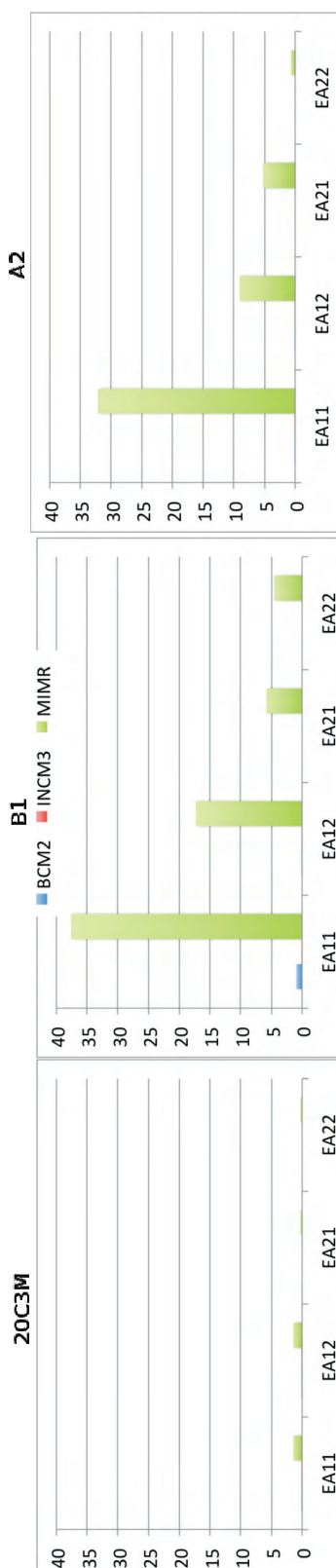


Figura 25. Percentual do Tempo que Demanda da Irrigação – NR-I (%) não é atendida conforme a estratégia de alocação (EA11, EA12, EA21, EA22) e modelo climático (BCM2, INCM3, MIMR) utilizados nos Climas Presente (Período: 1971-2000) e Futuro (Período: 2041-2070) para cenários B1 e A2 no sistema Jaguaribe.
(Fonte: *Elaboração Própria, 2012*).



Figura 26. Transferências de águas da bacia do Jaguaribe para o Sistema Metropolitano em função da estratégia de alocação (EA11, EA12, EA21, EA22).
(Fonte: *Elaboração Própria, 2012*).

Para o Sistema Piranhas-Açu observa-se que a estratégia de alocação EA11 apresenta a mesma vazão alocada para Abastecimento Urbano (AU) para todos os cenários e modelos, não permanecendo o sistema tempo algum sem atender esta demanda ($NR = 0$). A vazão alocada associada à demanda de Irrigação (I), cerca de três vezes maior do que AU, teve um comportamento diferenciado, quando comparado com o AU. Esta vazão I foi aproximadamente a mesma para os três modelos climáticos no presente e cenário B1, variando de forma mais significativa no cenário A2. Isto se dá às custas de um tempo maior sem atender esta demanda ($NR-I_{20C3M} \approx NR-I_{B1} < NR-I_{A2}$).

A estratégia de alocação EA21 apresentou uma vazão alocada AU menor para o futuro (B1, A2) do que para o presente (20C3M), sendo isto também obtido às custas de um maior NR ($NR_{20C3M} < NR_{B1} < NR_{A2}$). Comparada com a estratégia EA11 nota-se claramente um comportamento diferenciado para AU e um aumento do tempo sem atender esta demanda quando comparado com aqueles da estratégia EA11. Ao analisarmos o comportamento da vazão alocada I, percebe-se que a adoção da estratégia EA21, como esperado, resultou em um tempo menor abaixo do nível crítico relativo aos resultados identificados com a estratégia EA11.

Os resultados para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas

revelam, assim como já observado para o Sistema Piranhas-Açu, que a estratégia de alocação EA11 apresenta a mesma vazão alocada à demanda para Abastecimento Urbano de Fortaleza e Jaguaribe (AU-F e AU-J) para todos os cenários e modelos, não permanecendo o sistema tempo algum sem atender estas demandas ($NR-F, NR-J$). A vazão alocada associada à demanda de Irrigação (I) permaneceu praticamente constante, independente do cenário, para os modelos BCM2 e INCM3, mas para o modelo MIMR ocorreu uma redução na vazão alocada nos cenários futuros em relação ao presente. O tempo sem atender esta demanda, associado ao modelo MIMR, é bem maior que quando comparado com os outros dois modelos, BCM2 e INCM3 ($NR-I$). Comportamento similar foi identificado para a estratégia de alocação EA21 em termos de AU-F, AU-J, NR-F e NR-J. No caso do MIMR, as vazões alocadas para a Irrigação (I) foram menores nos cenários futuros para a estratégia EA11 relativos aos correspondentes da EA21, sendo isto alcançado às custas de um maior tempo do sistema sem atender esta demanda ($NR-I$),

Ao considerarmos a Transposição do Rio São Francisco, em ambos os sistemas, os percentuais de tempo sem atender as demandas urbanas e de irrigação são reduzidos significativamente, conforme esperado. Isto corresponde às estratégias EA12 e EA22.

6

Demandas Futuras

As projeções das demandas futuras (ano de referência 2050) nas bacias dos Rios Piranhas-Açu e Jaguaribe-Metropolitanas consideraram um aumento apenas das demandas de abastecimento urbano e irrigação em cenários com e sem impacto das mudanças climáticas. Esta abordagem foi em função da alta incerteza associada ao crescimento e a baixa expressividade nos usos das bacias dos setores de pecuária, aquicultura (exceto no Baixo Açu) e indústria. Adicionalmente, a demanda de carcinicultura no Baixo Açu é extremamente vulnerável às cheias, à taxa cambial e ao mercado

externo, implicando em projeções com elevado grau de incerteza para o ano de referência de 2050.

Neste sentido, os valores utilizados para o ano de referência de 2050 foram gerados a partir de: 1. uma análise de sensibilidade do cenário projetado para as bacias receptoras do Projeto de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco com o Nordeste Setentrional (PISF), adotado na Nota Técnica n.º 390/2005/SOC (ANA, 2005; Tabela 15); 2. a incorporação das projeções de crescimento populacional estimados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008); e 3. dados dos órgãos gestores dos Estados.

Tabela 15. Demandas dos Hidrossistemas Piranhas-Açu e Jaguaribe PISF Projeção 2025.

Hidrossistema	Demanda Total (m³/s)
Coremas-M.A.	11,64
Armando Ribeiro Gonçalves	24,62
Orós	3,71
Castanhão	42,28
Banabuiu	3,31
Bacia	Demanda Total (m³/s)
Piranhas-Açu	36,26
Jaguaribe	49,30

Para as demandas de abastecimento previstas em ANA (2005) foram, feitos ajustes seguindo aumento indicado pelo IBGE (2008). Neste mesmo sentido observou-se ainda uma subestimativa da demanda para a irrigação atendida pelo reservatório Banabuiú, a qual totalizava 1,7 m³/s para 2025, enquanto este estudo estimou uma demanda no valor de 8,44 m³/s já no presente. Assim, optou-se por aumentar percentualmente esta demanda de forma similar

ao estabelecido no comparativo das demandas do Jaguaribe identificadas neste estudo e no PISF.

De acordo com os dados do IBGE (2008), no que se refere ao crescimento populacional, há uma clara estabilização na tendência ascendente da curva de crescimento populacional (Figura 27), enquanto que a taxa crescimento geométrica acumulada no período 2010-2050 seria de 0,3% (Figura 28).

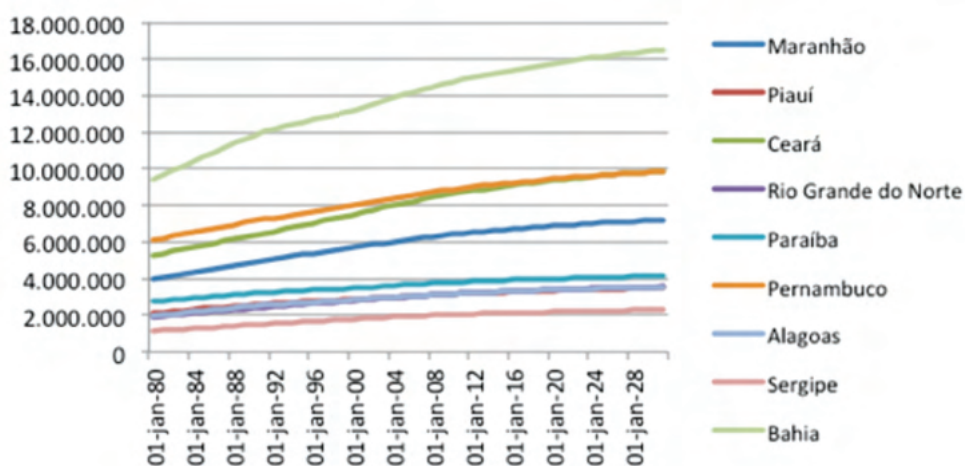


Figura 27. Estimativas de projeção da população período 1980-2030
(Fonte: IBGE, 2008).

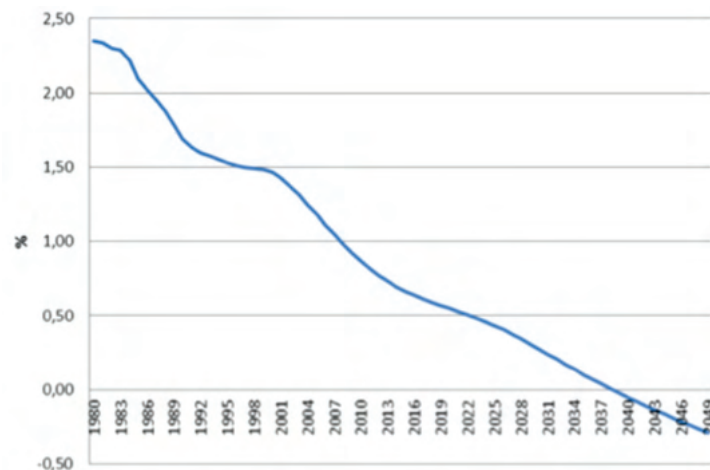


Figura 28. Taxas médias geométricas de crescimento anual (%)
(Fonte: IBGE, 2008).

Na simulação do sistema Jaguaribe-Metropolitanas, a expectativa de aumento da demanda da Região Metropolitana de Fortaleza, em função dos projetos em andamento, foi adotada nas projeções. Entre estes projetos em andamento, tem-se a duplicação da capacidade da ETA Gavião, cuja demanda passaria a 15 m³/s, e o sistema portuário do Pecém com uma demanda de 5,00 m³/s (COGERH, 2011), ambos surgindo após a elaboração do PISF.

A demanda do século XXI de irrigação sofreu impacto das mudanças de clima em função do aumento da Evapotranspiração Potencial (ETP) no futuro, relativo à ETP do século XX. A Tabela 16 apresenta os aumentos percentuais de ETP para os cenários futuros B1 e A2 e ano de referência 2050, em comparação à ETP do período histórico, ambos, futuro e presente, simulados com os resultados do mesmo modelo (BCM2, INCM3 e MIMR).

Tabela 16. Aumento da evapotranspiração potencial (ETP) para cada hidrossistema em função do cenário e modelo.

Cenário	Reservatório	% Aumento ETP		
		BCM2	INCM3	MIMR
B1	BANABUIU	2%	2%	11%
	CASTANHAO	2%	3%	13%
	OROS	2%	3%	13%
	COREMAS	3%	3%	12%
	ASSU	3%	4%	11%
A2	BANABUIU	0%	0%	1%
	CASTANHAO	0%	0%	1%
	OROS	0%	0%	1%
	COREMAS	0%	0%	1%
	ASSU	0%	1%	1%

A Tabela 17 indica as projeções das demandas futuras de abastecimento e irrigação estabelecidas a partir de IBGE (2010), ANA (2005) e COGERH (2012).

Tabela 17. Demandas futuras para abastecimento e irrigação estabelecidas a partir de IBGE (2010), ANA (2005) e COGERH (2012).

Hidrossistema	PIRANHAS-AÇU		JAGUARIBE + METROPOLITANA			
	AU	I	AU	RMF	I	Pecém
Uso						
Demanda presente (m ³ /s)	3,73	11,89	8,37		29,6	1,5
Aumento	12,73%	106,55%	12,73%	8,33 m ³ /s	30,62%	3,50 m ³ /s
Demanda século XXI (2050) s/ MC (m ³ /s)	4,18	24,57	17,76		38,66	
Demanda futura (2050) -B1 (m ³ /s)	BCM2	25,30			39,44	
	INCM3	4,18	26,19	17,76	40,49	
	MIMR		29,20		45,48	5,00
Demanda futura (2050) -A2 (m ³ /s)	BCM2		24,57		38,66	
	INCM3	4,18	24,69	17,76	38,66	
	MIMR		24,81		39,05	
Demanda PISF (2025)						
(m ³ /s)	2,79	24,60	12,31		27,61	

AU = Abastecimento Urbano; I = Irrigação; RMF = Região Metropolitana de Fortaleza. Outros usos permaneceram inalterados

7

Impactos Das Projeções de Demanda Sobre o Processo de Alocação de Água Sob Condições do Clima Presente

Para a presente seção foram avaliados os impactos das projeções de demanda futura no processo de alocação de água sob condições do clima presente, conforme apresentado na Tabela 18. A demanda presente (D0) corresponde às demandas atuais levantadas junto aos órgãos estaduais e federais, enquanto que as demandas D1 e D2 correspondem

a 50% e 100%, respectivamente, das demandas futuras apresentadas em seção anterior. No cenário de demanda presente (D0), o sistema foi simulado com a existência da transposição do São Francisco, ou seja, estratégias de alocação EA12 e EA22, o que permitirá avaliar o impacto marginal das projeções de demanda relativo ao cenário de demanda presente sob condições de clima presente.

Tabela 18. Combinação de cenários de Clima e Demandas simulados nesta seção (X indica cada caso simulado).

Demanda	Clima		
	Presente (1971-2000)	Futuro (2041-2070)	
		B1	A2
D0	X	---	---
D1	X	---	---
D2	X	---	---

As Tabelas 19 a 21 apresentam, para o sistema do Piranhas-Açu, os resultados das estratégias de alocação visando atender as demandas presente (D0) e futuras (D1 e D2) correspondentes aos três

modelos BCM2, INCM3 e MIMR, respectivamente. Os mesmos são apresentados graficamente na Figura 30. Nestas tabelas são apresentadas as vazões alocadas para atendimento das demandas de Abastecimento

Urbano (AU) e de Irrigação (I) e o percentual do tempo que o sistema não atende estas demandas (NR e NR-I, respectivamente). A análise dessas tabelas mostra claramente que, para cada um dos cenários de demanda (D0, D1 e D2), a vazão alocada AU permanece praticamente inalterada para as duas estratégias EA12 e EA22. Na prioridade absoluta (EA12), aloca-se a vazão AU, checa-se o nível do reservatório, e somente após é alocada a vazão I. Enquanto que com a prioridade relativa (EA22), primeiro aloca-se as vazões AU e I, e posteriormente checa-se o nível do reservatório. Assim, para a estratégia EA22, a vazão alocada AU permanece praticamente inalterada às custas de um % maior de

tempo sem atender esta demanda. Esta % de tempo aumenta a medida que a demanda aumenta (D0 → D1 → D2).

No caso da irrigação, a vazão alocada I sofre alterações significativas em relação ao presente, seja qual for a estratégia de alocação, EA12 ou EA22. Isto é obtido também às custas de um maior tempo do sistema sem atender esta demanda. Este tempo é, devido ao sistema de prioridades adotado, maior para EA12 (prioridade absoluta) do que para a EA22 (prioridade relativa) e maior a medida que a demanda aumenta (D0 → D1 → D2).

Tabela 19. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2 - Cenário: Clima Presente (20C3M) - 1971-2000.

PRIORIDADE	ABSOLUTA	EA12							
			D0	D1	D2		D0	D1	D2
		AU m³/s	3,73	3,94	4,18	NR %	0,00	0,00	0,00
		I m³/s	11,28	15,60	18,48	NR-I %	4,70	13,36	19,64
		Quanto está sendo transposto							
		SF --> PA	2,00						
	RELATIVA	EA22							
			D0	D1	D2		D0	D1	D2
		AU m³/s	3,73	3,87	3,95	NR %	0,00	1,21	3,36
		I m³/s	11,89	16,88	20,61	NR-I %	0,00	6,66	10,66
Quanto está sendo transposto									
SF --> PA		2,00							

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; SF = São Francisco; PA = Piranhas-Açu.

Tabela 20. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: INCM3 - Cenário: Clima Presente (20C3M) - 1971-2000.

PRIORIDADE	ABSOLUTA	EA12							
		D0	D1	D2		D0	D1	D2	
		AU m³/s	3,73	3,94	4,18	NR %	0,00	0,00	0,00
		I m³/s	11,73	15,56	17,99	NR-I %	1,58	14,46	22,65
		Quanto está sendo transposto							
		SF --> PA	2,00						
	RELATIVA	EA22							
		D0	D1	D2		D0	D1	D2	
		AU m³/s	3,73	3,83	3,80	NR %	0,00	1,78	5,59
		I m³/s	11,89	16,76	19,42	NR-I %	0,00	7,61	16,45
		Quanto está sendo transposto							
		SF --> PA	2,00						

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; SF = São Francisco; PA = Piranhas-Açu.

Tabela 21. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: MIMR - Cenário: Clima Presente (20C3M) - 1971-2000.

PRIORIDADE	ABSOLUTA	EA12							
			D0	D1	D2		D0	D1	D2
		AU m³/s	3,73	3,94	4,18	NR %	0,00	0,00	0,00
		I m³/s	11,23	15,11	17,86	NR-I %	5,43	15,88	21,79
		Quanto está sendo transposto							
		SF --> PA	2,00						
	RELATIVA	EA22							
			D0	D1	D2		D0	D1	D2
		AU m³/s	7,67	3,87	3,87	NR %	0	1,72	4,39
		I m³/s	7,75	19,78	19,91	NR-I %	2,01	5,49	13,46
		Quanto está sendo transposto							
		SF --> PA	2,00						

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; SF = São Francisco; PA = Piranhas-Açu.



Figura 29. Percentual do Tempo que (a) Demanda Urbana - NR(%) e (b) Demanda da Irrigação - NR-I (%) não são atendidas conforme a estratégia de alocação (EA12, EA22) visando atender às demandas presente (D0) e futuras, D1 e D2, sob condições do clima presente (C0) e futuro, B1 e A2 no Sistema Piranhas-Açu.
(Fonte: Elaboração Própria, 2012).

Os resultados para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas, mostrados nas Tabelas 22, 23 e 24, indicam claramente que, para cada um dos cenários de demanda, D0, D1 e D2, as vazões alocadas ao abastecimento urbano de Fortaleza (AU-F) e da Bacia do Jaguaribe (AU-J) permanecem praticamente inalteradas para as duas estratégias, EA12 e EA22. O percentual de tempo que o sistema não atende estas demandas (AU-F e AU-J) não é significativo qualquer que seja o MCG analisado, BCM2, INCM3 ou MIMR. No caso da Região Metropolitana de Fortaleza, isto é muito em função do aumento da necessidade de transposição de águas do Jaguaribe para aquela bacia.

A vazão alocada para a Irrigação do Jaguaribe não sofre alterações significativas em função da estratégia de alocação, EA12 ou EA22. Para EA12, de prioridade absoluta, isto ocorre às custas de um maior percentual de tempo sem o sistema atender à Irrigação (NR-I), o que acontece a medida que a demanda projetada aumenta (D1 → D2). Quando muda-se o sistema de

prioridade absoluto para o relativo, de EA12 para EA22, ocorre uma diminuição do percentual de tempo que o sistema não consegue atender a demanda de irrigação. Os resultados referentes a NR-I são apresentados graficamente na Figura 30. Os valores referentes a NR são, em geral, nulos, mostrando que o sistema não apresenta falhas referentes ao atendimento urbano. A Figura 31 mostra que a flexibilização da estratégia de alocação não resultou em mudanças nas transferências entre a bacia do Jaguaribe e o Sistema Metropolitano.

No que se refere à necessidade de transposição da Bacia do Jaguaribe para as Bacias Metropolitanas, conforme esperado, esta aumenta com o aumento da demanda independente do sistema de prioridades adotado, absoluto (EA12) ou relativo (EA22).

O atendimento ao Pecém falha nas estratégias EA11 e EA12 com a demanda futura em todos os cenários. Na estratégia EA22 só falha nos cenários B1 e A2 com demanda futura para o modelo MIMR.

Tabela 22. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2 - Cenário: Clima Presente (20C3M) - 1971-2000.

PRIORIDADE	ABSOLUTA	EA12							
			D0	D1	D2		D0	D1	D2
		AU-F m³/s	6,89	7,50	15,00	NR-F %	0,00	0,00	0,00
		AU-J m³/s	1,51	1,58	1,68	NR-J %	0,00	0,00	0,00
		I-J m³/s	27,77	32,03	36,02	NR-I-J %	0,14	0,13	1,81
		Quanto está sendo transposto			Vazão média transposta do Jag p/ Met				
		SF --> Jag	11,41	11,40	11,40	Jag--> Met	3,01	3,34	6,15
	RELATIVA	EA22							
			D0	D1	D2		D0	D1	D2
		AU-F m³/s	6,89	7,50	15,00	NR-F %	0,00	0,00	0,00
		AU-J m³/s	1,49	1,58	1,70	NR-J %	0,00	0,00	0,00
		I-J m³/s	27,79	32,05	36,31	NR-I-J %	0,00	0,00	0,00
		Quanto está sendo transposto			Vazão média transposta do Jag p/ Met				
		SF --> Jag	11,40	11,40	11,40	Jag--> Met	3,01	3,40	6,46

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; Sistema: J=Jaguaribe; F=Fortaleza; SF = São Francisco; PA = Piranhas-Açu.

Tabela 23. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: INCM3 - Cenário: Presente (20C3M) - 1971-2000.

PRIORIDADE	ABSOLUTA	EA12							
			D0	D1	D2		D0	D1	D2
		AU-F m³/s	6,89	7,50	15,00	NR-F %	0,00	0,00	0,00
		AU-J m³/s	1,51	1,58	1,70	NR-J %	0,00	0,00	0,00
		I-J m³/s	27,77	32,03	35,48	NR-I-J %	0,14	0,13	5,68
		Qto está sendo transposto			Vazão média transposta do Jag p/ Met				
		SF --> Jag	11,41	11,40	11,40	Jag--> Met	4,63	5,62	11,97
	RELATIVA	EA22							
			D0	D1	D2		D0	D1	D2
		AU-F m³/s	6,89	7,50	15,00	NR-F %	0,00	0,00	0,00
		AU-J m³/s	1,49	1,58	1,70	NR-J %	0,00	0,00	0,00
		I-J m³/s	27,79	32,05	36,31	NR-I-J %	0,00	0,00	0,00
		Qto está sendo transposto			Vazão média transposta do Jag p/ Met				
		SF --> Jag	11,41	11,40	11,40	Jag--> Met	4,63	5,62	12,56

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; Sistema: J=Jaguaribe; F=Fortaleza; SF = São Francisco; PA = Piranhas-Açu.

Tabela 24. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: MIMR - Cenário: Presente (20C3M) - 1971-2000.

PRIORIDADE	ABSOLUTA	EA12							
			D0	D1	D2		D0	D1	D2
		AU-F m³/s	6,89	7,50	15,00	NR-F %	0,00	0,00	0,00
		AU-J m³/s	1,51	1,58	1,70	NR-J %	0,00	0,00	0,00
		I-J m³/s	27,31	31,35	34,12	NR-I-J %	1,41	1,81	11,14
		Quanto está sendo transposto			Vazão média transposta do Jag p/ Met				
		SF --> Jag	11,41	11,40	11,40	Jag--> Met	8,79	10,58	17,79
		RELATIVA	EA22						
			D0	D1	D2		D0	D1	D2
	AU-F m³/s		6,89	7,50	15,00	NR-F %	0,00	0,00	0,00
	AU-J m³/s		1,49	1,57	1,70	NR-J %	0,00	0,27	0,54
	I-J m³/s		27,69	31,73	35,76	NR-I-J %	0,27	0,73	1,15
	Quanto está sendo transposto			Vazão média transposta do Jag p/ Met					
	SF --> Jag		11,41	11,40	11,40	Jag--> Met	8,83	10,63	19,49

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; Sistema: J=Jaguaribe; F=Fortaleza; SF = São Francisco; PA = Piranhas-Açu.

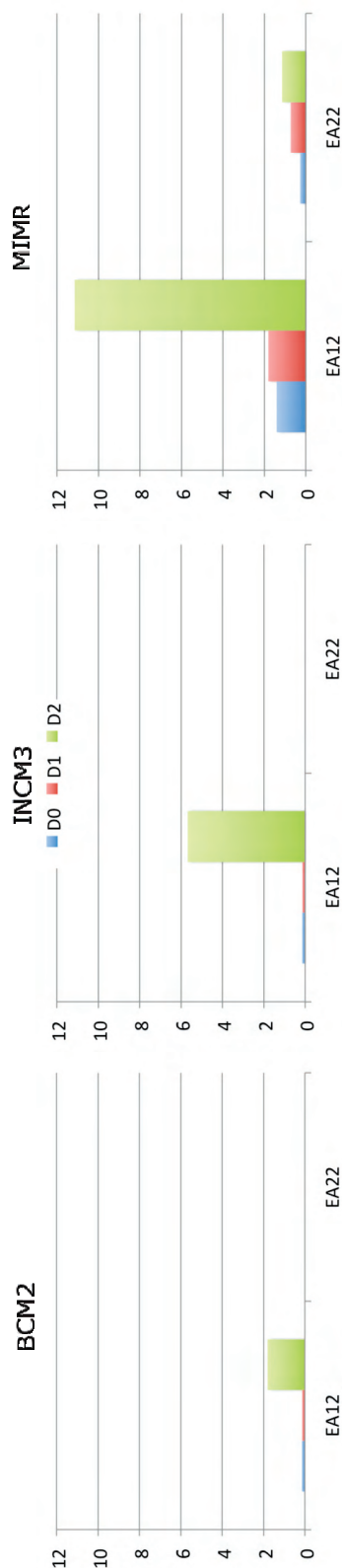


Figura 30. Percentual do Tempo que a Demanda da Irrigação – NR-I (%) não são atendidas conforme a estratégia de alocação (EA12, EA22) visando atender às demandas presente (D0) e futuras, D1 e D2, sob condições do clima presente (C0) e futuro, B1 e A2 no Sistema Jaguaribe.
(Fonte: *Elaboração Própria, 2012*).

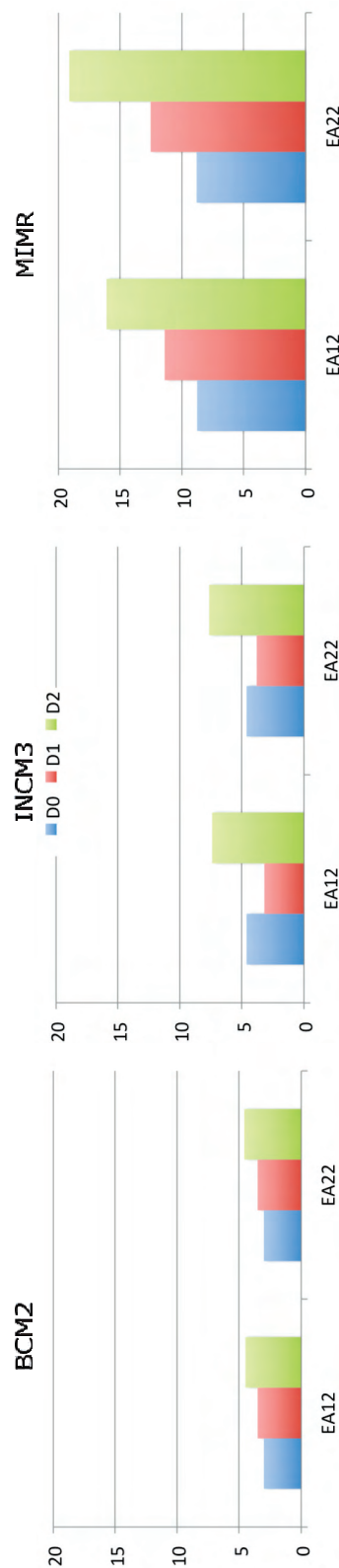


Figura 31. Transferências de águas entre as bacia do Jaguaribe e Sistema Metropolitano em função da estratégia de alocação (EA12, EA22).
(Fonte: *Elaboração Própria, 2012*).

De maneira geral, **ficam evidentes os impactos dos cenários climáticos sobre o processo de alocação. Pode-se ainda observar que os impactos marginais destes cenários são menores que os impactos marginais das projeções de demanda.** Aliado a medidas estruturais, como transposições internas ou externas à bacia, **a flexibilização das**

regras de operação resulta em uma amenização destes impactos. Adicionalmente, no caso do Sistema Jaguaribe-Metropolitanas, **a necessidade de transpor água da Bacia do Jaguaribe para as Bacias Metropolitanas é maior decorrente das projeções de demanda (D1 ou D2) do que resultantes das mudanças de clima (B1 ou A2).**

8

Impactos das Projeções de Demanda e de Clima Sobre o Processo de Alocação de Água

Os impactos das projeções futuras de clima e de demanda sobre o processo de alocação de água foram aqui examinados conforme apresentado na Tabela 25. Da mesma forma que nas seções anteriores, a demanda presente (D0) corresponde às demandas levantadas junto aos órgãos estaduais e federais, enquanto que as demandas futuras, D1 e D2, correspondem a 50% e 100%, respectivamente, das demandas futuras projetadas apresentadas na seção 6 desta publicação.

Os cenários de clima presente (C0) e futuros (B1 e A2) já foram definidos anteriormente. Novamente, no cenário de demanda presente (D0), o sistema foi simulado com a existência da transposição do São Francisco, ou seja, estratégias de alocação EA12 e EA22, o que permitirá avaliar o impacto agregado das projeções de clima/demanda relativo ao cenário de clima/demanda presente, ambos levando em consideração à existência do Projeto da Transposição do Rio São Francisco.

Tabela 25. Combinação de cenários de Clima e Demandas simulados nesta seção (X indica cada caso simulado).

Demanda	Clima		
	Presente(1971-2000)	Futuro	
		(2041-2070)	
	C0	B1	A2
Presente: D0	X	---	---
Futura: D1	---	X	---
Futura: D2	---	---	X

Os resultados correspondentes às estratégias de alocação EA12 e EA22, aplicadas ao sistema do Piranhas-Açu, estão apresentados nas Tabelas 26 a 28 e para os modelos BCM2, INCM3 e MIMR, respectivamente. Os mesmos são apresentados graficamente na Figura 32. As estratégias de alocação

visando atender às demandas presente (D0) e futuras, D1 e D2, sob condições do clima presente (C0) e futuro, B1 e A2, foram analisadas utilizando os mesmos indicadores previamente descritos: as vazões alocadas para atendimento das demandas de Abastecimento Urbano (AU) e de Irrigação (I) e o

tempo que o sistema não consegue atender as mesmas (NR e NR-I, respectivamente).

A análise dessas tabelas mostra que, para os cenários combinados futuros (D1/B1 e D2/A2), as vazões alocadas para abastecimento urbano (AU) e irrigação (I) sofrem mudanças significativas de acordo com o sistema de prioridades adotado, EA12 ou EA22. A adoção do sistema de prioridade relativo, a partir do uso da EA22, permitiu a redução significativa do tempo em que o sistema não conseguiu atender à demanda de irrigação (NR-I), sem implicar em um aumento correspondente no tempo de não atendimento à demanda urbana (NR).

Os impactos combinados das projeções de clima e demanda sobre o processo de alocação resultam em um % de tempo maior do sistema sem conseguir atender à demanda de irrigação (NR-I) a medida que passamos pelas combinações de cenários climáticos

(presente (C0) e futuro (B1 e A2)) e de demanda (presente (D0) e futuro (D1 e D2): D0/C0 → D1/B1 → D2/A2. Consequentemente, os prejuízos cada vez maiores na irrigação indicam uma preferência de aumento da demanda em contra ponto a alocação que incorpore uma “acomodação” de todos os usos, sem que a prioridade de um uso inviabilize a possibilidade de outro. Assim, a flexibilização das estratégias de alocação se constitui em um instrumento que deve ser buscado na adaptação do setor de recursos hídricos.

Os investimentos econômicos para redução da demanda fruto do desperdício podem ser recuperados em menor tempo do que os prejuízos advindos do não atendimento da demanda. Deve-se ampliar as políticas de gestão da demanda de água e evitar, ou pelo menos reduzir não só a demanda, mas, também, os prejuízos econômicos e sociais impostos a alguns setores pelas falhas de atendimento.

Tabela 26. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2.

PRIORIDADE	ABSOLUTA	EA12							
			D0-C0	D1-B1	D2-A2		D0-C0	D1-B1	D2-A2
		AU m³/s	3,73	3,94	4,18	NR %	0,00	0,00	0,00
		I m³/s	11,28	15,31	17,78	NR-I %	4,70	14,07	28,38
		Quanto está sendo transposto							
	SF --> PA	2,00	2,00	2,00	SF --> PA	2,00	2,00	2,00	
	RELATIVA	EA22							
			D0-C0	D1-B1	D2-A2		D0-C0	D1-B1	D2-A2
		AU m³/s	3,73	3,81	3,77	NR %	0,00	2,14	5,93
		I m³/s	11,89	16,78	19,65	NR-I %	0,00	6,94	20,53
		Quanto está sendo transposto							
SF --> PA		2,00	2,00	2,00	SF --> PA	2,00	2,00	2,00	

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; SF = São Francisco; PA = Piranhas-Açu.

Tabela 27. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: INCM3.

PRIORIDADE		EA12									
		ABSOLUTA									
				D0-C0	D1-B1	D2-A2		D0-C0	D1-B1	D2-A2	
				AU				NR			
				3,73	3,94	4,17		0,00	0,00	1,53	
				m³/s				%			
		I				NR-I					
		11,73	17,02	13,40		1,58	8,98	42,71			
		m³/s				%					
		Quanto está sendo transposto									
SF --> PA	2,00	2,00	2,00	SF --> PA	2,00	2,00	2,00				
RELATIVA		EA22									
		D0-C0	D1-B1	D2-A2		D0-C0	D1-B1	D2-A2			
		AU				NR					
		3,73	3,81	3,98		0,00	1,41	4,06			
		m³/s				%					
		I				NR-I					
		11,89	17,62	21,72		0,00	6,27	14,91			
		m³/s				%					
		Quanto está sendo transposto									
SF --> PA	2,00	2,00	2,00	SF --> PA	2,00	2,00	2,00				

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; SF = São Francisco; PA = Piranhas-Açu.

Tabela 28. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Piranhas-Açu segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: MIMR.

PRIORIDADE		EA12											
		ABSOLUTA		D0-C0		D1-B1		D2-A2					
				D0-C0		D1-B1		D2-A2					
				D0-C0		D1-B1		D2-A2					
				D0-C0		D1-B1		D2-A2					
				D0-C0		D1-B1		D2-A2					
		AU		NR									
		m³/s		%									
		I		NR-I									
		m³/s		%									
		Quanto está sendo transposto											
SF --> PA		2,00	2,00	2,00	SF --> PA	2,00	2,00	2,00					
RELATIVA		EA22											
		D0-C0		D1-B1		D2-A2		D0-C0		D1-B1		D2-A2	
		D0-C0		D1-B1		D2-A2		D0-C0		D1-B1		D2-A2	
		D0-C0		D1-B1		D2-A2		D0-C0		D1-B1		D2-A2	
		D0-C0		D1-B1		D2-A2		D0-C0		D1-B1		D2-A2	
		AU		NR									
		m³/s		%									
		I		NR-I									
		m³/s		%									
				Quanto está sendo transposto									
SF --> PA		2,00	2,00	2,00	SF --> PA	2,00	2,00	2,00					

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; SF = São Francisco; PA = Piranhas-Açu.

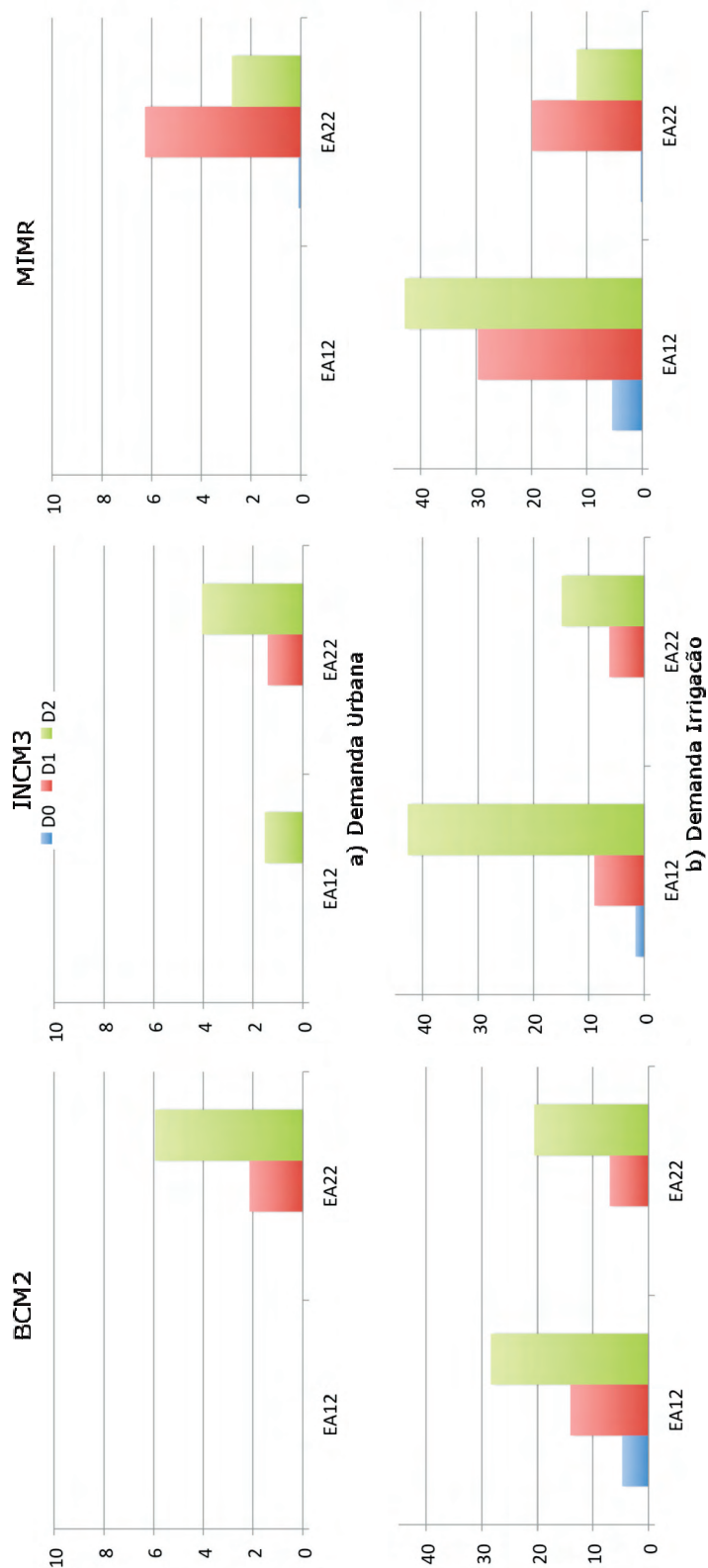


Figura 32. Percentual do Tempo que (a) Demanda Urbana - NR(%) e (b) Demanda da Irrigação - NR-I (%) não são atendidas conforme a estratégia de alocação (EA12, EA22) visando atender às demandas presente (D0) e futuras, D1 e D2, sob condições do clima presente (C0) e futuro, B1 e A2 no Sistema Piranhas-Açu.
(Fonte: Elaboração Própria, 2012).

Os resultados para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas, mostrados nas Tabelas 29, 30 e 31, indicam claramente que, para os cenários futuros combinados demanda/clima, D0/C0, D1/B1 e D2/A2, as vazões alocadas para o abastecimento urbano (AU-F e AU-J) permanecem inalteradas para as duas estratégias, EA12 e EA22. Isto é muito em função de medidas estruturais que permitiram tornar as Bacias Metropolitanas e a Bacia do Jaguaribe menos vulneráveis às mudanças de clima e aumento da demanda projetados para a bacia. Assim, é verificado um aumento da necessidade de transposição de águas da bacia do Jaguaribe para as Bacias Metropolitanas, não havendo, para os modelos BCM2 e INCM3, mudanças significativas em função da estratégia adotada.

No caso da Irrigação do Jaguaribe, a adoção do sistema de prioridade relativo, a partir do uso da

EA22, permitiu ainda a redução do tempo em que o sistema não conseguiu atender à demanda de irrigação (NR-I), sem implicar em um aumento correspondente no tempo de não atendimento à demanda urbana (NR). Assim, como esperado, esta % de tempo é maior, ou igual quando ambos forem nulos, para EA12 do que para a EA22 e maior a medida que passarmos do cenário combinado D0/C0 para D1/B1, e deste para D2/A2. Os resultados referentes a NR-I são apresentados graficamente na Figura 33. Os valores referentes a NR são, em geral, nulos, mostrando que o sistema não apresenta falhas referentes ao atendimento urbano. A Figura 34 mostra que a flexibilização da estratégia de alocação não resultou em mudanças nas transferências entre a bacia do Jaguaribe e o Sistema Metropolitano.

Tabela 29. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: BCM2.

PRIORIDADE		EA12										
		ABSOLUTA		D0-C0	D1-B1	D2-A2		D0-C0	D1-B1	D2-A2		
		AU-F m³/s	6,89	7,50	15,00	NR-F %	0,00	0,00	0,00			
		AU-J m³/s	1,51	1,60	1,71	NR-J %	0,00	0,00	0,00			
		I-J m³/s	27,77	32,65	36,21	NR-I-J %	0,14	0,45	0,74			
		Quanto está sendo transposto										
		SF --> Jag	11,41	11,40	11,40	Jag --> Met	3,01	3,51	4,50			
		RELATIVA		EA22								
						D0-C0	D1-B1	D2-A2		D0-C0	D1-B1	D2-A2
				AU-F m³/s	6,89	7,50	15,00	NR-F %	0,00	0,00	0,00	
AU-J m³/s	1,49			1,60	1,70	NR-J %	0,00	0,00	0,00			
I-J m³/s	27,79			32,72	36,31	NR-I-J %	0,00	0,00	0,00			
Quanto está sendo transposto												
SF --> Jag	11,41			11,40	11,40	Jag --> Met	3,01	3,51	4,59			

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; Sistema: J=Jaguaribe; F=Fortaleza.

Tabela 30. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: INCM3.

PRIORIDADE	ABSOLUTA	EA12							
			D0-C0	D1-B1	D2-A2		D0-C0	D1-B1	D2-A2
		AU-F m³/s	6,89	7,50	15,00	NR-F %	0,00	0,00	0,00
		AU-J m³/s	1,51	1,60	1,70	NR-J %	0,00	0,00	0,00
		I-J m³/s	27,77	32,73	35,88	NR-I-J %	0,14	0,51	3,01
		Quanto está sendo transposto							
		SF --> Jag	11,41	11,40	11,40	Jag --> Met	4,63	3,19	7,42
	RELATIVA	EA22							
			D0-C0	D1-B1	D2-A2		D0-C0	D1-B1	D2-A2
		AU-F m³/s	6,89	7,50	15,00	NR-F %	0,00	0,00	0,00
		AU-J m³/s	1,49	1,60	1,70	NR-J %	0,00	0,00	0,00
		I-J m³/s	27,79	32,91	36,31	NR-I-J %	0,00	0,00	0,00
		Quanto está sendo transposto							
		SF --> Jag	11,41	11,40	11,40	Jag --> Met	4,63	3,81	7,66

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; Sistema: J=Jaguaribe; F=Fortaleza.

Tabela 31. Indicadores agregados de performance da alocação para o Sistema Jaguaribe-Metropolitanas segundo as estratégias de alocação EA 12 e EA 22. Modelo de Clima Global: MIMR.

AU-AU0JAGPRIORIDADE	ABSOLUTA	EA12							
			D0-C0	D1-B1	D2-A2		D0-C0	D1-B1	D2-A2
		AU-F m³/s	6,89	7,50	15,00	NR-F %	0,00	0,00	0,00
		AU-J m³/s	1,51	1,60	1,70	NR-J %	0,00	0,00	0,00
		I-J m³/s	27,30	27,43	23,56	NR-I-J %	1,46	27,78	41,45
		Quanto está sendo transposto							
		SF --> Jag	11,41	11,40	11,40	Jag --> Met	8,79	11,40	16,12
	RELATIVA	EA22							
			D0-C0	D1-B1	D2-A2		D0-C0	D1-B1	D2-A2
		AU-F m³/s	6,89	7,50	14,90	NR-F %	0,00	0,00	2,22
		AU-J m³/s	1,51	1,55	1,66	NR-J %	0,00	2,87	2,77
		I-J m³/s	27,69	32,62	32,14	NR-I-J %	0,27	7,11	9,79
		Quanto está sendo transposto							
		SF --> Jag	11,41	11,40	11,40	Jag --> Met	8,83	12,54	19,12

AU = Vazão fornecida (alocada) de Abastecimento Urbano do sistema; I = Vazão fornecida (alocada) de Irrigação do sistema; NR = percentual do tempo que a demanda Abastecimento Urbano não foi atendida; NR-I = percentual do tempo que a demanda irrigação não foi atendida; Sistema: J=Jaguaribe; F=Fortaleza.

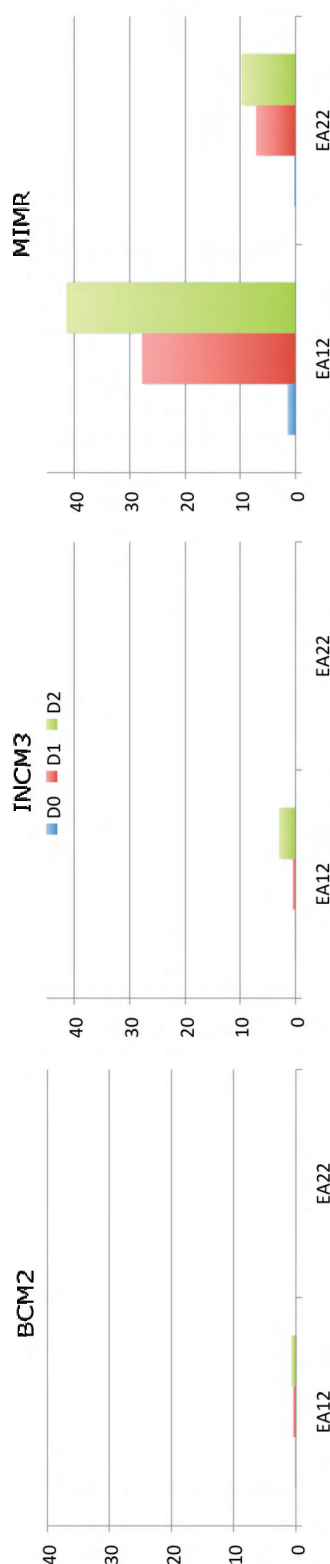


Figura 33. Percentual do Tempo que a Demanda da Irrigação – NR-I (%) não é atendida conforme a estratégia de alocação (EA12, EA22) visando atender às demandas presente (D0) e futuras, D1 e D2, sob condições do clima presente (C0) e futuro, B1 e A2 no Sistema Jaguaribe.

(Fonte: Elaboração Própria, 2012).

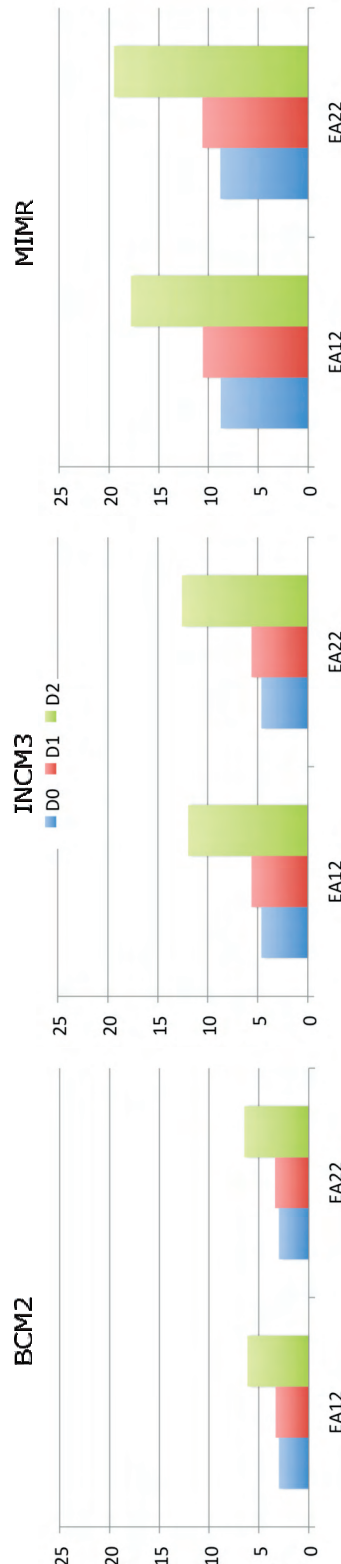


Figura 34. Transferências de águas da bacia do Jaguaribe para o Sistema Metropolitano em função da estratégia de alocação (EA12, EA22).

(Fonte: Elaboração Própria, 2012).

Os impactos das projeções combinadas (demanda/clima) penalizam ainda mais o processo de alocação de água, contudo os impactos marginais da projeção da demanda são mais significativos do que aqueles advindos das projeções do clima.

Similarmente à seção anterior, ficou demonstrado que a flexibilização das regras de operação aliada à existência/previsão de medidas estruturais (transposição Jaguaribe-Metropolitanas e a

transposição do São Francisco) permitem atenuar significativamente os impactos das projeções de clima e demanda sobre o processo de alocação de água na bacia.

Adicionalmente, no caso do Sistema Jaguaribe-Metropolitanas, **a necessidade de transpor água da Bacia do Jaguaribe para as Bacias Metropolitanas é maior decorrente das projeções de demanda (D1/C0 ou D2/C0) do que a resultante das mudanças combinadas de clima e demanda (D1/B1 ou D2/A2).**

9

Considerações Sobre Adaptação do Planejamento e da Operação de Sistemas de Recursos Hídricos à Variabilidade e Mudanças Climáticas

A capacidade de adaptação influencia diretamente a eficácia das instituições no gerenciamento dos recursos de uso comum. Sendo assim, é importante aprimorar o conhecimento sobre os processos que permitem a adaptação das instituições às mudanças. Na verdade, a questão não se restringe somente às instituições, havendo, em uma visão mais abrangente, a necessidade constante de revisão dos conceitos de governança empregados. Esta busca visa à adequação do modelo adotado às mudanças constantes no sistema, sejam estas de natureza física, institucionais, técnicas, socioeconômicas, entre outras.

Neste contexto, as instituições, reagindo à dinâmica da sociedade, devem incorporar algumas características da gestão integrada de recursos hídricos, aqui elencadas como requisitos fundamentais para a governança adaptativa (Ostrom, 2009; Cysne, 2012):

- **Informação e Conhecimento** – geração e disponibilização de informações confiáveis e conhecimento sobre os sistemas naturais e humanos, incorporando as incertezas naturais e epistêmicas (existência de cadastros

confiáveis e atuais de usuários, informação sobre as culturas, utilização de previsão climática, monitoramento, séries hidrológicas longas, base espacial de dados, etc);

- **Gestão de conflitos** – mecanismos para resolução de potenciais conflitos (existência de comitês de bacia, estímulo da participação do usuário, existência de mecanismos de alocação negociada, flexibilidade na alocação em anos secos, existência de planos de contingência, capital social, etc);
- **Cumprimento de Regras** - regras de utilização dos recursos bem definidas e adaptadas à realidade local, de amplo conhecimento, e com mecanismos que induzam o seu cumprimento, com sanções compatíveis às violações;
- **Presença de infraestrutura física, tecnológica e institucional** – a forma com que os recursos hídricos serão gerenciados depende da *infraestrutura física* existente (reservatórios, canais, adutoras, poços, etc), da *tecnologia disponível* (modelagem

para previsão de Tempo e Clima, hidrológica e agrícola, modelos para simulação e operação de sistemas hídricos, sistema de monitoramento meteorológico e hidrológico, etc) e do *arcabouço institucional* (diversidade institucional, aninhamento das instituições, participação do usuário, etc);

- **Aprendizado e Adaptação** – as instituições devem ser concebidas para proporcionar a adaptação para lidar com novos problemas e contextos de mudança. O “aprendizado social”, baseado em participação diversa, através da qual surgem novos entendimentos compartilhados sobre as condições e problemas dos recursos, é considerado fundamental para a governança eficiente de recursos hídricos. Os instrumentos da gestão da demanda podem ser entendidos como essenciais para garantir o aumento da resiliência do sistema diante das incertezas e das mudanças.

O gerenciamento dos recursos hídricos enfrenta grandes desafios em ambiente de alta variabilidade, onde a incerteza é a única certeza que se tem. Souza Filho e Porto (2003) enfatizam que as incertezas hidrológicas exigem mecanismos de gestão de risco, a qual, por sua vez, exige flexibilidade e capacidade de adaptação dos sistemas jurídico-institucionais. Sendo assim, os autores advertem que o arcabouço jurídico e institucional deverá estar capacitado a administrar os eventos extremos e as incertezas a estes associados. Sejam estes cenários de incerteza ligados ao clima (variabilidade e mudanças do clima) ou à socioeconomia em geral.

As medidas de adaptação necessárias para operacionalizar os cinco princípios da gestão adaptativa (Souza Filho e Porto, 2003) são:

- **Vulnerabilidade do sistema analisada** a partir de ações estruturais e não estruturais dos sistemas hídricos – como os modelos legais, institucionais e técnicos e os procedimentos econômicos - considerando as mudanças e a variabilidade climática;

- **Flexibilidade e capacidade de adaptação** alcançada através de ações estruturais e não estruturais. Como exemplo dos processos que estão associados a esta flexibilidade cita-se: a) o sistema de alocação de água flexível deverá prever formas ágeis de realocação de água em anos secos; b) um sistema de oferta hídrica que disponha de mananciais alternativos (tais como reuso e dessalinização) e boa capacidade de transporte espacial desta disponibilidade;
- **Água como uma política pública fundamental para o desenvolvimento das demais políticas setoriais.** Analisar os processos e condicionantes históricos que levaram a afirmar que o entendimento de que o homem é o foco da questão, e que de uma certa forma, faz-se necessário conviver e integrar diferentes formas e setores de produção (da subsistência a indústria petroquímica) são elementos indispensáveis para a construção de uma solução socialmente justa e tecnicamente sustentável para o Nordeste;
- **Gestão da oferta (infraestrutura hidráulica e transposições de bacias)** através do aumento da capacidade de armazenamento de água, transportando a água no tempo, mitigará os efeitos da variabilidade temporal, e através das transposições de bacias para mitigar os efeitos da variabilidade espacial. Indica-se ainda outras fontes de suprimento alternativo: tais como reuso da água e dessalinização; aprimorar os sistemas de operação de reservatórios de curto prazo incorporando previsão climática; e aprimorar as ferramentas de operação de reservatórios de longo prazo com vistas a incorporar as incertezas oriundas da variabilidade e mudança climáticas;
- **Gestão da demanda e a adaptação institucional** como instrumentos essenciais para garantir o aumento da resiliência

do sistema diante das incertezas e da variabilidade climática. Para isso sugerem os seguintes programas: a) cadastro de usuários de água; b) programa de hidrometração; c) programa para adaptar às mudanças; d) transposições e integração de bacias e e) fiscalização como instrumento de garantia do direito de uso da água. O cadastro de usuários de água é fundamental para a implementação dos programas de promoção do direito de uso da água (outorga), hidrometração e cobrança. A hidrometração consiste na medição do consumo de água dos maiores e mais importantes usuários da bacia hidrográfica;

- ***Planejamento e gestão de riscos*** na construção de cenários futuros para o planejamento de longo prazo, levando-se em conta conjuntamente as incertezas nas vazões nas demandas futuras provenientes das mudanças do clima ou da modelagem do comportamento dos diversos atores econômicos e sociais que definem esta demanda. Desse modo, deve-se realizar a melhoria nos métodos de planejamento

diante das incertezas por meio de ações de desenvolvimento e aplicação;

- ***Elaboração de planos de contingência (a seca e cheias)*** associados ao planejamento de longo prazo e continuamente atualizados, pois estes planos orientarão as ações em momentos de eventos extremos, preparando as condições que mitiguem a ocorrência dos mesmos;
- ***Aprimoramento dos modelos de previsão climática*** para geração de informação e sua utilização acopladas a modelos hidrológicos e agrícolas, a fim de avaliar os impactos na hidrologia e agricultura, ou na economia em geral;
- ***Aprimoramento do conhecimento da natureza para prever mudanças***, visando avaliar melhor os processos físicos nas bacias hidrográficas;
- ***Produção de conhecimento e trocas de conhecimentos*** entre as instituições de administração da água objetivando a atualização do mesmo sobre impactos da variabilidade e mudanças de clima no setor.

10

Recomendações em Como Adaptar o Planejamento e a Operação dos Sistemas Hídricos Estudados à Variabilidade e Mudanças Climáticas

A variabilidade climática presente da Região Nordeste já impõe grandes desafios ao gerenciamento dos recursos hídricos e à agricultura de sequeiro. As projeções das mudanças de clima, por sua vez, indicam que este quadro pode se agravar para a região. A utilização desta informação para o planejamento do setor ainda se constitui um desafio, seja pela ausência de ferramental teórico ainda não totalmente desenvolvido, seja pela necessidade de estudos específicos para a bacia/região de interesse.

Deve-se ressaltar, entretanto, que as políticas nacional e estadual de recursos hídricos já possuem alguns dispositivos e ferramentas visando à adaptação das bacias às mudanças do clima. Contudo, observa-se que estas políticas não foram implementadas na sua plenitude até hoje e, ademais, as projeções indicam problemas no atendimento às demandas, cada vez maiores, e, conseqüentemente, um provável aumento dos conflitos de uso e prejuízos nos setores de irrigação e indústria.

Entende-se ainda que a implementação dos instrumentos da política de recursos hídricos (outorga, cobrança, enquadramento, planos de bacia

e sistemas de informação), acompanhada de outras ações listadas abaixo, e sua integração com outras políticas públicas (ambiental, planejamento urbano, agrícola, saneamento, de mudanças climáticas) fornecerão os elementos básicos necessários à adaptação dos sistemas hídricos a alta variabilidade climática da região. *Este processo de adaptação é dinâmico, devendo ser buscado continuamente e localmente.* A referência local na governança da água assume uma importância fundamental na garantia dos incentivos aos atores da gestão da água. Por outro lado, por ser um processo contínuo, a busca da adaptação deve levar em consideração as mudanças na variabilidade climática ao longo do tempo, fazendo-se, para tanto, uso de um sistema de monitoramento que forneça séries históricas sempre atualizadas.

Disponibilidade e qualidade da base de dados hidrometeorológicas e geoespaciais: A disponibilidade e qualidade de séries de dados meteorológicos e hidrológicos, batimetrias recentes de alguns reservatórios, em especial os mais antigos (p.ex. Coremas-Mãe d'água, Banabuiú), assim como a disponibilidade de informações geo-espaciais de qualidade (ex.: solos, uso do solo, vegetação) em

escala compatível com a modelagem, representaram um desafio para este estudo. As séries de dados são de fundamental importância para a correção de *bias*/tendência de modelos atmosféricos, assim como para a calibração de modelos hidrológicos. Faz-se necessário investimentos, em particular para a Bacia do Rio Piranhas-Açu, para ampliação da rede de monitoramento hidrometeorológico, assim como a aplicação de recursos visando à manutenção apropriada da rede existente. Da mesma forma, esforços devem ser realizados para a disponibilização destes dados.

Institucionais: Para a Bacia do Rio Piranhas-Açu, observa-se uma fragilidade institucional muito forte no setor de recursos hídricos. Neste sentido, algumas ações devem ser implementadas, tais como:

- o fortalecimento institucional da AESA com realização de concurso e ampliação do quadro de recursos humanos;
- a readequação do sistema gestor do Rio Grande do Norte, com nitidez de função e missão de cada ente do sistema, a regulamentação do IGARN, e a realização de concurso e ampliação do quadro de recursos humanos;
- o compromisso entre os Estados e a União para integração e harmonização de critérios de alocação, em especial a outorga;
- a corresponsabilidade dos gestores públicos na implementação da gestão de recursos hídricos;
- o reconhecimento da água como elemento estratégico nos processos decisórios da União e dos Estados, garantindo as condições de desenvolvimento socioeconômico das bacias.

Operacionais: A vulnerabilidade das bacias hidrográficas dos Rios Piranhas-Açu e Jaguaribe requer ações e decisões compartilhadas entre Estados e União, entre estas:

- a ampliação da rede de monitoramento das bacias, com a definição de seções de controle e acompanhamento da alocação;

- a atualização sistemática do cadastro de usuários de recursos hídricos, para manter o conhecimento sobre a demanda hídrica atualizado;
- a implementação do uso de um sistema de informação único para toda a bacia, com a possibilidade de acesso pelos gestores estaduais e da União, para garantir o acesso a informação e dados de disponibilidade hídrica, precipitação e demanda;
- a flexibilização das estratégias de alocação adotadas pelos órgãos gestores, incorporando as previsões climáticas e incorporando um maior “compartilhamento” de uso;
- o uso de modelos de simulação de redes de fluxo, ou de outra natureza, adotando os hidrossistemas interligados e não reservatórios isolados;
- a redução de perdas nos sistemas de abastecimento de água, para ampliação da disponibilidade de oferta para outros usos como irrigação e indústria;
- a adoção de métodos de irrigação mais eficientes como gotejamento e microaspersão;
- a implementação do uso racional da água na bacia, com a adoção de políticas públicas que incorporem instrumentos regulatórios, econômicos, financeiros, tecnológicos e educacionais;
- a fiscalização dos usos, com a ampliação dos recursos humanos;
- a implementação de campanhas de regularização dos usos;
- a incorporação da gestão participativa no processo de alocação na bacia do Piranhas-Açu, incorporando a negociação no processo de alocação para os Hidrossistemas e não apenas por reservatório;

- o estabelecimento de um arcabouço operacional e institucional para incorporar as previsões climáticas no âmbito dos comitês de bacia nos processos de alocação da água;
- a adoção de dispositivo funcional para controle e comunicação das ações de gestão entre Estados e União.

Novos Estudos: Como resultados das discussões e reflexões realizadas no escopo deste trabalho, ficaram evidentes algumas necessidades futuras, em termos de temáticas para investigação, que têm alguma aderência com o estudo aqui realizado:

Estratégias alternativas de downscaling - Alternativamente aos estudos de *downscaling* estatístico, esforços para a realização de downscaling dinâmico devem ser realizados para estudos focados em alocação de água, assim como a presente assistência, e em extremos (cheias e secas). A própria atualização dos resultados aqui obtidos, agora com os modelos que compõem o CMIP5, seria objeto de um novo estudo.

Uso da informação climática no setor de recursos hídricos em outras escalas temporais - O esforço aqui realizado refere-se à avaliação dos impactos das mudanças de clima no setor de recursos hídricos, mas outras escalas, como a sazonal e decenal, carecem de estudos para o setor. Vários estudos vêm sendo realizados visando o uso da informação sazonal de clima no setor de recursos hídricos, estando as ferramentas prontas para seu uso, mas ainda não incorporadas nas rotinas operacionais do sistema de gerenciamento de recursos hídricos estaduais. Uma articulação maior entre os órgãos de meteorologia e de recursos hídricos deve ser estimulada por estudos como este, favorecendo treinamento e a elaboração de estratégias de comunicação deste tipo de informação junto a tomadores de decisão e comitês de bacias. No que refere-se a escala decenal, a inexistência de estudos para uso desta informação no setor de recursos hídricos fica evidente. Esforços devem ser realizados para implementação de estudos voltados para o setor nestas escalas de variação do clima.

Transposição do Rio São Francisco - De modo a avaliar adequadamente o impacto das mudanças de clima no sistema integrado, incorporando assim adequadamente o Projeto da Transposição do Rio São Francisco, é necessária a modelagem de clima, hidrologia e de recursos hídricos, não somente para as bacias receptoras, mas como também para a bacia doadora do Rio São Francisco. Somente assim teríamos uma visão integrada do impacto das mudanças de clima nas bacias dos rios estudados.

Mudanças no uso e ocupação do solo - Uma das deficiências do trabalho corrente foi a base geoespacial, em particular, aquela referente ao uso e ocupação do solo. Estudos mostram que, para algumas bacias do semiárido, os impactos indiretos das mudanças de uso e ocupação do solo na quantidade e qualidade da água são muito maiores do que a influência direta da variabilidade climática (Favreau *et al.*, 2009). Neste sentido, é importante examinar, diante de uma cenarização futura apropriada para uso e ocupação do solo, os impactos no processo de geração de escoamento e na alocação de água relativas às mudanças futuras de uso e ocupação do solo e de clima. Deve-se ressaltar, que as informações mais recentes de uso e ocupação do solo para as bacias aqui estudadas datam do fim da década de 80, início da década de 90, não sendo disponibilizadas em escala adequada para os estudos em pauta.

Outros estudos - Incorporar aspectos ligados as seguintes componentes: qualidade de água e potencial hídrico subterrâneo.

Capacitação: As ferramentas utilizadas no NLTA são de amplo conhecimento da academia, mas ainda existe uma distância razoável entre o conhecimento produzido na academia e o uso efetivo deste conhecimento no setor de recursos hídricos. Faz-se necessária a elaboração de eventos visando à capacitação das equipes dos órgãos gestores de recursos hídricos nos estados para uso das ferramentas (modelos hidrológicos, sistemas de suporte à decisão, etc...) e, em particular, a utilização das mesmas com os

cenários gerados no âmbito deste estudo, permitindo assim, um novo olhar estratégico para o futuro. Da mesma forma, deve-se estimular a ação coordenada entre os órgãos de meteorologia e de recursos hídricos dos estados envolvidos no âmbito destas oficinas de capacitação, permitindo a eles realizarem a atualização dos resultados aqui gerados para futuras gerações dos modelos climáticos, assim como para outras escalas temporais de variação do clima.

Comunicação dos resultados: Como ponto final de recomendação, fica a elaboração de estratégias de comunicação dos resultados gerados no âmbito deste estudo junto aos vários setores públicos e privados envolvidos, em particular, os órgãos gestores estaduais de recursos hídricos e os comitês de bacias. Apesar deste processo ter sido iniciado no âmbito de várias oficinas realizadas, com a participação de todos estes atores, ficou evidente a carência muito grande de informação relativa a estudos neste contexto.

11

Referências e Bibliografia Consultada

-
- ANA, 2010. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água - Panorama Nacional. Vol.1.** Agência Nacional de Águas. Brasília. 68p.
- ANA, 2009. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídrico do Brasil – 2009.** Agência Nacional de Águas. Brasília, 204p.
- ANA, 2006. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil.** Disponível em: < [http:// \(www.ana.gov.br\)](http://www.ana.gov.br)> Acesso em: 08. Mai. 2012.
- ANA, 2005 **Nota Técnica n.º 390 / 2005/SOC.** Agência Nacional de Águas.
- BRASIL, 2011. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: Território do Vale do Jaguaribe.** MDA/SDT/Fortaleza: Instituto Agropolos do Ceará. 366p
- CBHPA, 2011. **Hidrografia da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu.** Disponível em: < www.piranhasacu.cbh.gov.br>. Acesso em: 08. Mai. 2012.
- COGERH, 2012. Companhia de Gestão das Águas do Ceará.
- Cysne, A.P., 2012. **Proposta de um modelo robusto de governança adaptativa para os recursos hídricos utilizando cenários climáticos.** Tese de Doutorado. Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará. 2012.
- Frazão, C.C.B., 2013. **Alocação de água no semiárido: cenários climáticos presente e futuro no contexto da demanda do presente.** Trabalho técnico apresentado no XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17 a 23 de novembro de 2013, Bento Gonçalves-RS, Brasil.
- Freitas, M.A.S. de, 2013. **Estratégias para a redução de riscos de secas no Nordeste do Brasil.** Trabalho técnico apresentado no XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17 a 23 de novembro de 2013, Bento Gonçalves-RS, Brasil.
- Hewitson, B.C.; Crane, R.G. 2006. **Consensus between GCM climate change projections with empirical downscaling: precipitation downscaling over South Africa.** International Journal of Climatology 26: 1315–1337.
- IBGE, 2010. **Censo Demográfico 2010.** Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>> Acesso em: 13.09.2012.
- IBGE/Diretoria de Pesquisas. **Coordenação de População e Indicadores Sociais. Gerência de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica. Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 1980-2050 - Revisão 2008.** www.ibge.gov.br
- IPCC, 2007. **Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Emission Scenarios.** Vienna, Assessment Report 04.

- IPECE. **Anuário Estatístico do Estado do Ceará**. Instituto de Pesquisa Econômica do Estado do Ceará. Ceará, 2010
- _____. **Perfil Básico Regional**. Instituto de Pesquisa Econômica do Estado do Ceará. Ceará, 2011.
- Lopes, J.E.G., Braga, B.P.F. e Conejo, J.G.L. 1981. **Hydrological simulation: aplicacion of a simplified model (In Portuguese)**, In: **Anal of III Brazilian of Water Resources**, v.2, 42-62, Fortaleza.
- Martins, E.S.P.R., Burte, J.D.P., Reis Júnior, D.S. e Vieira, R.F. 2010. **As águas do Nordeste e o balanço hídrico, Cap. 3** in: A questão da água no Nordeste, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos/Agência Nacional de Águas, Brasília, DF, 101-120.
- Martins, E.S.P.R., 2013. **Avaliação dos impactos das mudanças do clima na hidrologia das bacias do Jaguaribe e Piranhas-Açu**. Trabalho técnico apresentado no XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17 a 23 de novembro de 2013, Bento Gonçalves-RS, Brasil.
- Mendiondo, E.M. 2013. **Demandas atuais e futuras sob incertezas e adaptações de longo prazo em bacias do Jaguaribe e Piranhas-Açu**. Trabalho técnico apresentado no XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17 a 23 de novembro de 2013, Bento Gonçalves-RS, Brasil.
- Moraes, M.M.G.A. de, Marques, G.F., 2013. **Impactos econômicos da alocação de recursos hídricos sob mudanças de clima no Nordeste e Semi-Árido**. Trabalho técnico apresentado no XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17 a 23 de novembro de 2013, Bento Gonçalves-RS, Brasil.
- Oliveira, A. C. M; Silva, S. M. O. Souza Filho, F. A., 2012. **A cobrança pelo uso da água como instrumento financeiro: rateio de custos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Submetido.
- Ostrom, E. A., 2009. **General Framework for Analyzing Sustainability of Social Ecological Systems**. *Revista Science* 24 July 2009: Vol. 325 no. 5939 pp. 419-422 DOI: 10.1126/science.1172133.
- Pinheiro, M.I.T.; Campos, J.N.B.; Studart, T.M.C. 2011. **Conflitos por águas e alocação negociada: o caso do vale dos Carás no Ceará**. Rev. Adm. Pública vol. 45 nº. 6 Rio de Janeiro Nov./Dec.
- PORTO, R. L. L. (2002). **AcquaNet**. <http://www.labsid.eng.br/>. (Acesso em 30/03/2011).
- Souza Filho, F.A., 2013a. **Análise das estratégias de operação de hidrossistemas: o caso do hidrossistema de Cruzeta-RN**. Trabalho técnico apresentado no XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17 a 23 de novembro de 2013, Bento Gonçalves-RS, Brasil.
- Souza Filho, F.A; Porto, R.L.L., 2003. **Gerenciamento de Recursos Hídricos e a Variabilidade Climática Climática nos Semiáridos Brasileiros**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15. Curitiba. Anais. Curitiba: ABRH. CDROM.
- Souza Filho, F.A., 2013b. **Programa Águas do Vale e a cobrança pelo uso da água bruta para setor de irrigação no Ceará**. Trabalho técnico apresentado no XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17 a 23 de novembro de 2013, Bento Gonçalves-RS, Brasil.
- von Storch, H. 1999. **On the Use of “Inflation” in Statistical Downscaling**. *Journal of Climate*, 12, 3505–3506.
- Wilby, R.L.; Charles, S.P.; Zorita, E.; Timbal, B.; Whetton, P., Mearns, L.O. 2004. **Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods, IPCC Reports**.
- World Bank, 2013. **Climate Change Impacts on Water Resources Management: Adaptation Challenges and Opportunities in Northeast Brazil**. Latin America and Caribbean Region. Environment & Water Resources Occasional Paper Series.

Anexo I

Características socioeconômicas dos hidrossistemas

Tabela 32. Características socioeconômicas das Regiões Hidrográficas do Médio e Baixo Jaguaribe e Banabuiú.

	Município	PIB (R\$ mil)	PIB per Capita	PIB por setor			IDH
				Agricultura	Industria	Serviços	
Baixo Jaguaribe	Aracati	378.640	5.514	15.75	27.97	56.28	0.672
	Fortim	48.451	3.494	26.72	14.10	59.18	0.633
	Icapuí	138.136	7.752	40.54	25.88	33.58	0.631
	Itaíçaba	28.537	3.948	32.55	15.14	52.30	0.641
	Jaguaruana	142.745	4.384	21.38	26.33	52.29	0.654
	Limoeiro do Norte	1.098.232	5.983	33.84	18.46	47.70	0.711
	Palhano	22.774	2.734	25.95	9.43	64.62	0.649
	Quixeré	171.215	8.953	64.17	6.82	29.00	0.652
	Russas	374.204	5.320	8.91	23.70	67.40	0.698
Médio Jaguaribe	Alto Santo	44.474	2.661	28.00	12.74	59.26	0.654
	Dep. Irapuan Pinheiro	24.232	2.795	25.10	8.55	66.36	0.600
	Ererê	15.934	2.569	21.22	9.14	65.59	0.619
	Iracema	38.743	3.095	14.52	8.98	75.50	0.660
	Jaguaribara	37.127	3.917	24.86	17.42	57.72	0.653
	Jaguetama	66.161	3.605	42.23	7.45	50.33	0.645
	Jaguaribe	138.845	3.749	23.43	12.64	63.93	0.672
	Milha	36.714	2.624	23.80	9.38	66.82	0.637
	Potiretama	18.038	3.142	28.38	7.75	63.87	0.617
	Pereiro	38.411	2.471	16.98	9.44	73.57	0.626
	São Joao do Jaguaribe	27.806	3.050	23.73	11.75	64.52	0.694
	Solonopole	68.725	3.937	38.13	6.66	55.20	0.640
	Tabuleiro do Norte	96.101	3.364	11.82	14.10	74.07	0.698
Banabuiú	Banabuiú	54.763	3.128	21,14	18,64	60,22	0,629
	Boa Viagem	149.387	2.869	24,46	8,23	67,31	0,611
	Ibicuitinga	29.269	2.911	25,54	8,43	66,03	0,642
	Madalena	51.048	3.095	34,67	7,57	57,76	0,634
	Mombaça	102.316	2.466	18,57	9,12	72,31	0,604
	Monsenhor Tabosa	42.372	2.500	21,49	9,26	69,26	0,628
	Morada Nova	243.215	3.553	18,16	27,53	54,3	0,67
	Pedra Branca	101.222	2.400	16,49	15,1	68,41	0,605
	Piquet Carneiro	34.487	2.621	20,38	8,89	70,73	0,622
	Quixadá	258.337	3.412	15,21	10,64	74,16	0,673
	Quixeramobim	248.285	4.191	15,56	27,17	57,27	0,64
	Senador Pombeu	84.636	3.076	14,35	16,11	69,55	0,618

DEMANDA DO SÉCULO XX
Tabela 33. Demanda século XX – Hidrossistema Piranhas-Açu.

Trecho	uso	Demanda Sazonal (m³/s)											
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Açude Coremas - Mãe D'água	Abastecimento difuso	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Irrigação difusa	0,107	0,107	0,107	0,107	0,107	0,107	0,107	0,107	0,107	0,107	0,107	0,107
	Perímetros irrigados/ AESA	1,972	0,456	0,028	0,087	1,104	1,018	2,079	2,722	3,116	3,191	2,925	1,875
	Indústria	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Aquicultura	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
	Pecuária	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
	CAGEPA Piancó	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
	CAGEPA Coremas	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
1 - Rio Piancó	Abastecimento difuso	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Irrigação difusa	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641	0,641
	Indústria	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Aquicultura	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
	Pecuária	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183	0,183
	Comunidade/ FUNASA	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CAGEPA Pombal	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059
	Adutora Coremas-Sabugi	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547
2 - Rio Piranhas-PB	Abastecimento difuso	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Irrigação	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605
	Indústria	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
	Aquicultura	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
	Pecuária	0,399	0,399	0,391	0,391	0,399	0,399	0,399	0,399	0,399	0,399	0,399	0,399
	Adutora Catolé do Rocha/CAGEPA	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
	Autora Rio Piranhas/CAGEPA	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085
	CAGEPA Paulista	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031
	PM de Vista Serrana	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
	Comunidade malhada Preta	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
3 - Rio Piranhas-Açu RN	Irrigação	0,468	0,423	0,412	0,412	0,423	0,423	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468
	Indústria	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
	Pecuária	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345	0,345
	CAERN Jucurutu	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
	CAERN Jardim de Piranhas	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
	Adutora Piranhas-Caicó/CAERN	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151
	Irrigação	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040

Trecho	uso	Demanda Sazonal (m³/s)											
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Reservatório Armando Ribeiro Gonçalves	Perímetros irrigados-DNOCS	3,576	2,514	1,500	1,331	2,112	2,570	3,984	5,186	6,382	5,179	6,143	5,397
	Aquicultura	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
	Pecuária	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037
	Mineração	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
	CAERN São Rafael	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
	Adutora Serra de Santana	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
	Adutora Médio Oeste	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097
	Abastecimento difuso	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
	Irrigação difusa	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522
	Perímetro DIBA	1,388	1,025	0,694	0,717	0,694	0,956	1,157	1,157	1,434	1,619	1,673	1,619
4 - Rio Açu RN	Perímetro Del Monte	1,924	1,714	0,532	0,523	0,813	0,935	1,315	1,814	2,241	2,109	2,314	2,134
	Perímetro Finobrasa	0,155	0,118	0,036	0,035	0,098	0,219	0,352	0,452	0,506	0,455	0,208	0,201
	Indústria	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077
	Aquicultura	5,122	5,122	5,122	4,938	4,927	5,122	4,930	4,930	4,928	5,122	5,122	5,122
	Pecuária	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159
	CAERN Assú	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233
	CAERN Alto do Rodrigues	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031
	Pendências	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031
	CAERN Carnaubais	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	CAERN Pendências-Macau	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153
	Adutora Piató Panon	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300
	Adutora Gerônimo Rosado	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411	0,411
	Adutora Sertão Central Cabugi	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153
	Canal do Pataxó	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050

Tabela 34. Demanda século XX Hidrossistema Jaguaribe.

HS	Finalidade	Demandas (m³/s)											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Óros	Abastecimento difuso	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
	CAGECE/Óros	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
	Canal Icó/Lima Campos	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
	Sistema de Transposição												
	Óros/Feiticeiro	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850
	PM Óros	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Irrigação difusa	0,225	0,176	0,176	0,176	0,221	0,727	0,922	0,993	0,993	0,993	0,993	0,970
	Pecuária	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153
2-Jusante	Indústria	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Irrigação difusa	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,661	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672
Óros	Pecuária	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
	Irrigação difusa	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306	1,133	3,466	4,748	4,748	4,745	4,745	4,703
3-Montante	Perímetro Alagamar/												
	Curupati	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882
	Pecuária	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Aquicultura	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097
	PM Jaguaribe	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	SAAE Jaguaribe	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081
	Abastecimento humano	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Irrigação difusa	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,999	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028
Castanhão	Indústria	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
	Eixo das Águas (Canal da												
	Integração)	8,691	8,691	8,691	8,691	8,691	8,691	8,691	8,691	8,691	8,691	8,691	8,691
	PM de Jaguaretama	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	PM de Jaguaribara	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Irrigação difusa	0,668	0,662	0,662	0,662	0,740	1,760	3,782	3,823	3,823	3,823	3,816	3,799
	Perímetro Jaguaribe-Apodi												
	(FAPIJA)	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400
4-Jusante	Pecuária	0,066	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
	SAAE LIMOEIRO DO												
	NORTE	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092
	PM de Quixeré	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
	CAGECE/TABULEIRO												
	DO NORTE	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
	PM de TABULEIRO DO												
	NORTE	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
Banabuiú	Abastecimento humano	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Irrigação (DNOCS)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	SAAE de Banabuiú	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
	PM de Jaguaretama	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	PM de Quixeramobim	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Abastecimento humano	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CAGECE Ibicutinga	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
	Irrigação difusa/												
5-Jusante	PROMOVALE	0,828	0,734	0,734	0,692	0,692	1,320	2,698	3,416	3,511	3,482	3,276	3,108
	Perímetro AUDIPIMN	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401
	Pecuária	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
	Indústria	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SAAE Morada Nova	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116
	Abastecimento humano	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
	Irrigação difusa	2,417	2,417	2,440	2,472	2,501	2,575	2,734	2,782	2,809	2,793	2,793	2,787
	Pecuária	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,008	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
6-Jaguaribe	Indústria	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
	Aquicultura	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468
	CAGECE Aracati	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	CAGECE Itaicaba	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
	CAGECE Jaguaruana	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
	CAGECE Palhano	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
	CAGECE Russas	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
	Canal do Trabalhador	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527
	PM Jaguaruana	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006

Tabela 35. Demandas século XX Hidrossistema Jaguaribe-Metropolitanas.

HS	Finalidade	Demandas (m³/s)											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Óros	Abastecimento difuso	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
	CAGECE/Óros	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
	Canal Icó/Lima Campos	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
	Sistema de Transposição Óros/Feiticeiro	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850	0,850
	Irrigação difusa	0,225	0,176	0,176	0,176	0,221	0,727	0,922	0,993	0,993	0,993	0,993	0,970
	Pecuária	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153
	Indústria	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
2-Jusante Óros	Irrigação difusa	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,661	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672	0,672
	Pecuária	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
3-Montante Castanhão	Irrigação difusa	0,306	0,306	0,306	0,306	0,306	1,133	3,466	4,748	4,748	4,745	4,745	4,703
	Perímetro Alagamar/ Curupati	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882	0,882
	Pecuária	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Aquicultura	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097
	PM Jaguaribe	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	SAAE Jaguaribe	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081
Castanhão	Abastecimento humano	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Irrigação difusa	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,982	0,999	1,028	1,028	1,028	1,028	1,028
	Indústria	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
	PM de Jaguaretama	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Irrigação difusa	0,668	0,662	0,662	0,662	0,740	1,760	3,782	3,823	3,823	3,823	3,816	3,799
4-Jusante Castanhão	Perímetro Jaguaribe-Apodi (FAPIJA)	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400	6,400
	Pecuária	0,066	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
	SAAE LIMOEIRO DO NORTE	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092
	PM de Quixeré	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
	CAGECE/TABULEIRO DO NORTE	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048
	PM de TABULEIRO DO NORTE	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
Banabuiú	Abastecimento humano	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	Irrigação (DNOCS)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	SAAE de Banabuiú	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
	PM de Jaguaretama	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	PM de Quixeramobim	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
5-Jusante Banabuiú	Abastecimento humano	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	CAGECE Ibicutinga	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
	Irrigação difusa/ PROMOVALE	0,828	0,734	0,734	0,692	0,692	1,320	2,698	3,416	3,511	3,482	3,276	3,108
	Perímetro AUDIPIMN	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401	5,401
	Pecuária	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
	SAAE Morada Nova	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116

HS	Finalidade	Demandas (m³/s)											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
6-Jaguaribe	Abastecimento humano	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
	Irrigação difusa	2,417	2,417	2,440	2,472	2,501	2,575	2,734	2,782	2,809	2,793	2,793	2,787
	Pecuária	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,008	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	Indústria	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
	Aquicultura	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,407	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468	0,468
	CAGECE Aracati	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
	CAGECE Itaipaba	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
	CAGECE Jaguaruana	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
	CAGECE Palhano	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
	CAGECE Russas	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
	Canal do Trabalhador	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527	0,527
	PM Jaguaruana	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
7-Eixo das Águas (Canal da Integração)	Abastecimento humano	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
	Indústria	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
	Irrigação difusa	0,441	0,441	0,441	0,441	0,441	0,441	0,441	0,441	0,441	0,441	0,441	0,441
	Pecuária	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018
	Tabuleiro de Russas	1,613	1,613	1,613	1,613	1,613	1,613	1,613	1,613	1,613	1,613	1,613	1,613
8-Pacajus	Demanda - Pacajus	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
9-Aracoiaba	Demanda - Aracoiaba	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
10- Acaripe do Meio	Demanda - ACME	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
11- Pacoti e Riachão	Demanda - PaRi	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209	0,209
12-Gavião	Região Metropolitana de Fortaleza	7,234	7,644	6,046	6,866	6,476	6,827	6,489	6,658	7,200	6,887	7,351	6,954
	Porto do Pecém	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500

Anexo II

O Clima Futuro Segundo os Modelos do CMIP5

Apesar do presente estudo ter sido realizado a partir dos resultados dos Modelos Climáticos Globais (MCGs) que foram utilizados na fase 3 do Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados (CMIP3), os quais serviram de base para o *Assessment Report 4* (AR4), nesse anexo examina-se o que os MCGs utilizados na fase 5 do mesmo projeto (CMIP5) estão sinalizando para a região que engloba as duas bacias. A comparação não é fácil, uma vez que a tipologia dos cenários adotados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) mudou dos **cenários de emissões** (Cenários do *Special Report on Emission Scenarios* - SRES) para os **cenários das forçantes radiativas** (*Representative Concentration Pathways* - RCPs).

No caso da nova tipologia de cenários, os RCPs, estes foram selecionados e definidos como forçante radiativa total, o qual representa uma medida das emissões de gases estufa em Watts/m². A vantagem dos RCPs, relativo aos SRES, é que os mesmos representam um amplo espectro de realizações de clima, baseadas na revisão de literatura, não sendo previsões ou resultantes de recomendações ligadas a políticas públicas. Apesar de não existir uma correspondência direta entre as duas cenarizações, é possível tentar uma aproximação a

partir da comparação da variação de aumento da temperatura no futuro, relativo ao presente, entre os dois cenários. Assim fazendo-se, para o ano de 2100, o cenário B1/SRES seria correspondente ao RCP4.5, este representando um aumento na forçante radiativa em 4,5 W/m². Quanto ao A2/SRES, ao compararmos com os cenários RCPs, verifica-se que a variação no seu aumento de temperatura em 2100, relativo ao presente, engloba as variações correspondentes dos RCPs 6 e 8,5 W/m², não havendo assim uma correspondência entre as duas tipologias de cenários. A Figura 35 ilustra esta tentativa de correspondência entre os RCPs e SRES.

Para avaliar o que alguns dos MCGs do CMIP5 estão indicando para a região dos estudos de casos, as médias anuais de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e índice de aridez (P/ETP) foram calculados para o presente (1971-2000) a partir da base CRU TS 2.1, e para o futuro (2041-2070) a partir dos resultados de três MCGs (CSIRO, MIROC5 e INCM4) para os cenários RCPs 4,5 e 8,5 W/m². Os resultados dos modelos foram corrigidos com base nas suas performances em descrever o presente (1971-2000).

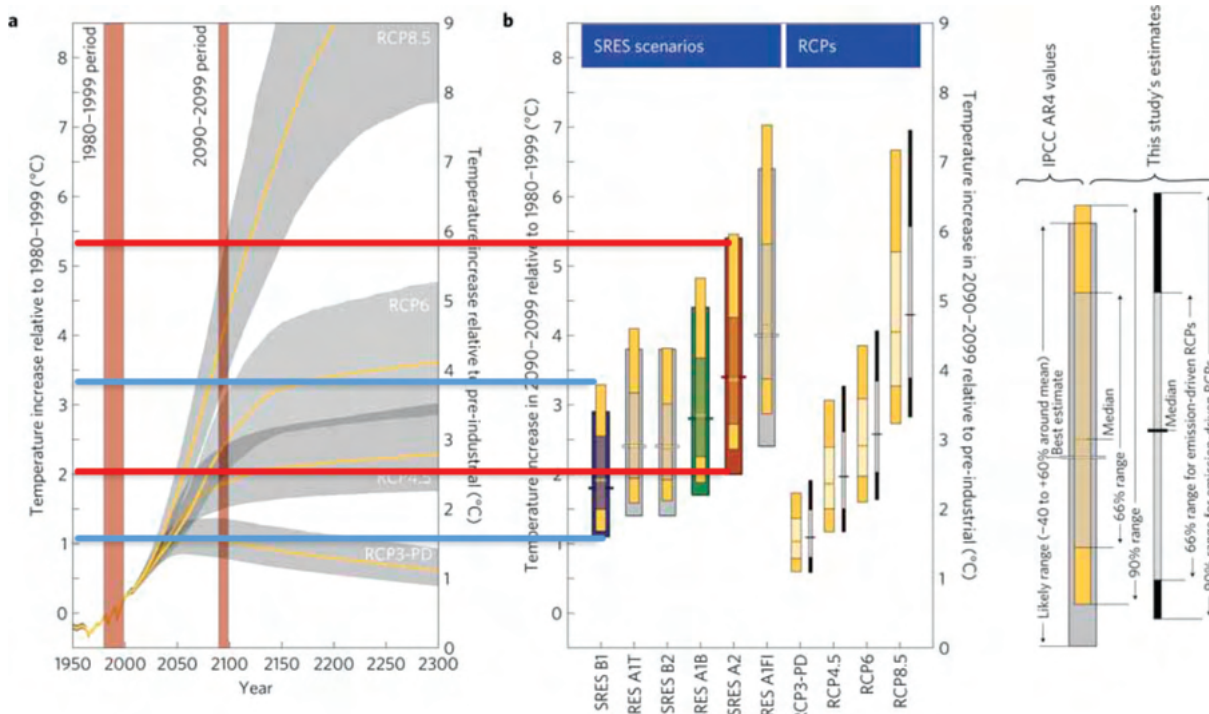


Figura 35. Correspondência entre os cenários RCPs, a esquerda, e os cenários SRES, a direita.
(Fonte: IPCC, 2007).

A análise destes resultados, apresentados na Figura 36 para o Cenário RCP4,5 e na Figura 37 para o Cenário RCP8,5, indicam, apesar da incerteza inerente da variável, uma redução na precipitação média anual, nos dois cenários futuros, menor para os modelos MIROC5 e INCM4 relativo ao CSIRO-Mk3-6-0. Comparando-se os resultados de cada modelo entre os dois cenários, observa-se que as reduções em precipitação foram maiores para o cenário RCP8,5. Estes são valores médios anuais e não refletem os efeitos de uma possível mudança no regime intranual de precipitações, como por

exemplo, o aumento no período seco.

As mesmas figuras revelam um aumento da ETP para os três modelos e os dois cenários, sendo estes aumentos, como esperado, mais intensos para o RCP8,5. De maneira geral, o modelo CSIRO-Mk3-6.0 é o que apresenta, em geral, maiores ETPs na região. No tocante à relação P/ETP, em geral as figuras ilustram uma intensificação das condições de aridez para toda a Região Nordeste. Este quadro é ainda mais expressivo para os resultados do cenário RCP8,5, e em cada cenário, para o modelo CSIRO-Mk3-6-0.

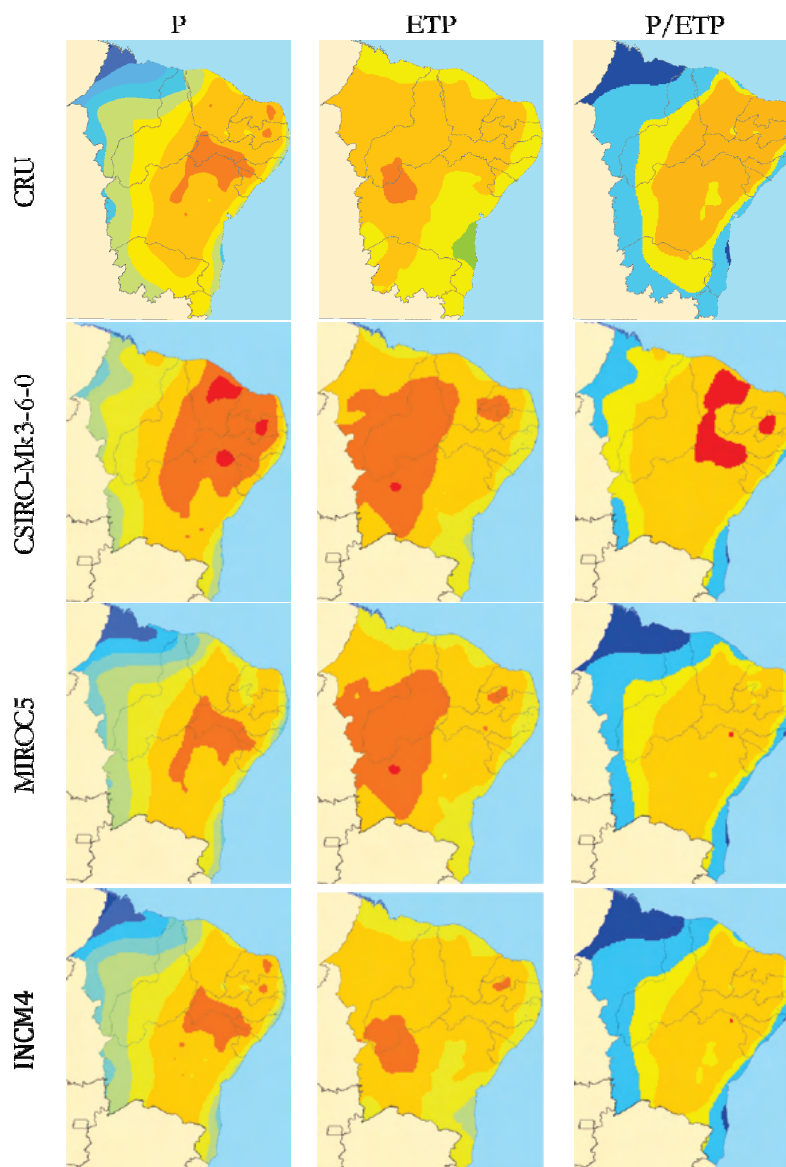


Figura 36. Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para os dados CRU (período: 1971-2000) e modelos climáticos globais CSIRO-Mk3-6, MIROC5 e INCM4 (Cenário RCP4,5, período: 2041-2070).

(Fonte: Elaboração Própria).

LEGENDA					
P (mm)	0-300	300-600	600-900	900-1200	1200-1500
	1500-1800	1800 - 2100	2100-2400	> 2400	
ETP (mm)	1300-1500	1500-1700	1700-1900	1900-2100	> 2100
P/ETP	Árido 0,05-0,20	Semiárido 0,20-0,50	Sub-úmido Seco 0,50-0,65	Sub-úmido Úmido 0,65-1,00	Úmido > 1,00

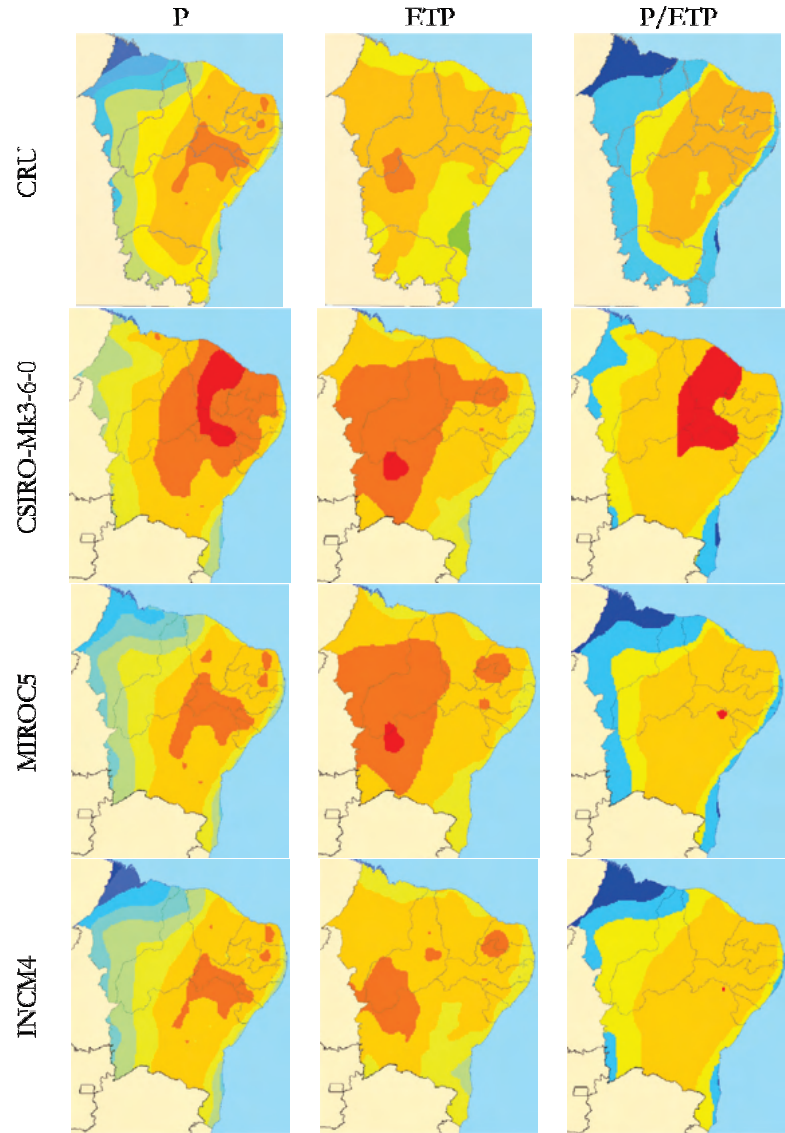


Figura 37. Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para os dados CRU (período: 1971-2000) e modelos climáticos globais CSIRO-Mk3-6, MIROC5 e INCM4(Cenário RCP8,5, período: 2041-2070).
(Fonte: Elaboração Própria).

LEGENDA					
P (mm)	0-300	300-600	600-900	900-1200	1200-1500
	1500-1800	1800 - 2100	2100-2400	> 2400	
ETP (mm)	1300-1500	1500-1700	1700-1900	1900-2100	> 2100
P/ETP	Árido 0,05-0,20	Semiárido 0,20-0,50	Sub-úmido Seco 0,50-0,65	Sub-úmido Úmido 0,65-1,00	Úmido > 1,00



SÉRIE Água Brasil 8

Impacto das Mudanças do Clima e Projeções
de Demanda Sobre o Processo de Alocação de Água
em Duas Bacias do Nordeste Semiárido



Ministério do
Meio Ambiente



Para informações adicionais sobre o Banco Mundial
consultar a internet nos sites:

www.bancomundial.org.br
www.worldbank.org/br

ou diretamente por meio do nosso escritório em Brasília:

Banco Mundial
SCN Quadra 02 - Lote A
Ed. Corporate Financial Center - Salas 702/703
Brasília - Brasil
Tel: 55 (61) 3329 1000
Fax: 55 (61) 3329 1010

