

Diego Nobuhiko Miyajima

A transposição do Rio São Francisco: impactos regionais e setoriais da oferta hídrica, custos de operação e alternativas de custeio

Belo Horizonte, MG

UFMG/Cedeplar

2024

Diego Nobuhiko Miyajima

A transposição do Rio São Francisco: impactos regionais e setoriais da oferta hídrica, custos de operação e alternativas de custeio

Tese apresentada ao curso de Doutorado em Economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Edson Paulo Domingues

Coorientadora: Prof. Dra. Aline Souza Magalhães

Belo Horizonte, MG

Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional

Faculdade de Ciências Econômicas – UFMG

2024

Ficha catalográfica

Miyajima, Diego Nobuhiko.
M685t A transposição do Rio São Francisco [manuscrito]: impactos
2024 regionais e setoriais da oferta hídrica, custos de operação e
alternativas de custeio / Diego Nobuhiko Miyajima. – 2024.
155 f.: il., gráfs. e tabs.

Orientador: Edson Paulo Domingues
Coorientadora: Aline Souza Magalhães.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Centro
de Desenvolvimento e Planejamento Regional.
Inclui bibliografia.

1. São Francisco, Rio – Brasil – Teses. 2. Transposição de águas
– Teses. 3. Bacias Hidrográficas – Brasil – Teses. 4. Economia –
Teses. I. Domingues, Edson Paulo. II. Magalhães, Aline Souza. III.
Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e
Planejamento Regional. IV. Título.

CDD: 330

Elaborado por Rosilene Santos CRB-6/2527
Biblioteca da FACE/UFG. –RSS121/2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

A TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO: IMPACTOS REGIONAIS E SETORIAIS DA OFERTA
HÍDRICA, CUSTOS DE OPERAÇÃO E ALTERNATIVAS DE CUSTEIO

DIEGO NOBUHIKO MIYAJIMA

Tese de Doutorado defendida e aprovada, no dia 21 de fevereiro de 2024, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Prof. Édson Paulo Domingues (Orientador) (Cedeplar/FACE/UFMG)

Profa. Aline Souza Magalhães (Coorientadora) (Cedeplar/FACE/UFMG)

Prof. Bernardo Palhares Campolina Diniz (Cedeplar/FACE/UFMG)

Prof. Ricardo Machado Ruiz (Cedeplar/FACE/UFMG)

Profa. Kênia Barreiro de Souza (UFPR)

Profa. Terciane Sabadini Carvalho (UFPR)

Belo Horizonte, 21 de fevereiro de 2024.

RAFAEL SAULO MARQUES RIBEIRO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia



Documento assinado eletronicamente por **Edson Paulo Domingues, Subcoordenador(a)**, em 22/02/2024, às 09:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Terciane Sabadini Carvalho, Usuário Externo**, em 22/02/2024, às 10:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Machado Ruiz, Professor do Magistério Superior**, em 22/02/2024, às 11:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Kênia Barreiro de Souza, Usuária Externa**, em 22/02/2024, às 14:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Aline Souza Magalhaes, Professora do Magistério Superior**, em 22/02/2024, às 14:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bernardo Palhares Campolina Diniz, Professor do Magistério Superior**, em 22/02/2024, às 14:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Saulo Marques Ribeiro, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 22/02/2024, às 16:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 3042065 e o código CRC 81F56327.

AGRADECIMENTOS

Expresso profunda gratidão à minha família, em especial aos meus pais, Nobuo e Hitomi, pela compreensão, incentivo e apoio incondicional ao longo desta jornada acadêmica.

Aos meus orientadores, Edson Domingues e Aline Magalhães, pelo valioso conhecimento compartilhado e pela paciência demonstrada durante todo o processo de pesquisa. Suas orientações foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Não posso deixar de reconhecer a amizade e colaboração de Thiagon, que esteve ao meu lado desde os tempos da Rural, proporcionando parceria, incentivos e valiosos conselhos.

Estendo meus agradecimentos a todos os professores e colegas do Cedeplar pela significativa contribuição para o meu crescimento acadêmico.

Aos moradores de Tijolinhos, agradeço pela amizade e convivência animada, que tornaram esta jornada ainda mais especial.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio de bolsa de doutorado, viabilizando a realização deste estudo.

Agradeço também ao CNPq pelo apoio financeiro referente às bolsas dos editais:

- "Rede de modelagem em Simulações Econômicas para Propostas de Crescimento Verde" no edital CNPq/MCTI/FNDCT Nº 59/2022 – Produção de Conhecimento Voltada para Soluções e Tecnologias Associadas à Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima - Linha 3 – Simulações Econômicas para Propostas de Crescimento Verde”; e

- "Metodologia e ferramenta de projeção de impactos socioeconômicos e ambientais de políticas de redução de desmatamento e controle das emissões de gases de efeito estufa no Brasil" - Chamada CNPq Nº 26/2021”.

Cada um de vocês desempenhou um papel fundamental no meu caminho até aqui, e por isso, meu mais sincero obrigado!

RESUMO

Esta tese investiga os impactos econômicos do aumento da oferta hídrica resultante do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) na região do Semiárido do Nordeste brasileiro no período de 2023-2040. Para tanto, este trabalho adotou um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) regional construído para o Semiárido do Nordeste brasileiro e as regiões beneficiadas pelo PISF, incorporando água como insumo produtivo. O modelo resultante possui 22 regiões (composto por 16 regiões beneficiadas pelo PISF e mais 6 regiões restantes do Brasil) e 41 setores, dando maior ênfase aos cultivos mais relevantes do Nordeste. Os cenários analisados foram três: Cenário 1, aumento da oferta hídrica pelo PISF; Cenário 2, cobrança pelo uso de recursos hídricos fornecidos pelo PISF, junto com os efeitos do Cenário 1; Cenário 3, aumento do consumo do governo com o fim do custo da operação do PISF, junto com os efeitos dos Cenários 1 e 2. Os resultados das simulações indicam que o aumento da disponibilidade hídrica no Semiárido do Nordeste gera um crescimento positivo nos principais indicadores econômicos, porém esse efeito é modesto. Caso fosse implementada a cobrança pelo uso de água do PISF, os efeitos seriam negativos. Por outro lado, o aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF geraria um maior crescimento nos principais indicadores econômicos, porém ainda modesto. Consequentemente, a expansão das áreas de lavoura e pasto seria pequena também. Em síntese, as simulações do modelo indicam que o aumento da oferta hídrica pela transposição por si só no Semiárido do Nordeste não geraria os benefícios esperados na economia para promover o desenvolvimento regional.

Palavras-chave: Transposição da Água do rio São Francisco. Cobrança pelo Uso de Água. Semiárido do Nordeste Brasileiro. Equilíbrio Geral Computável.

ABSTRACT

This thesis investigates the economic impacts of the São Francisco River Integration Project with the Hydrographic Basins of Northeastern Brazil (PISF) in the Semi-Arid region of Northeast Brazil from 2023 to 2040. To achieve this, the study adopted a regional Computable General Equilibrium (CGE) model built for the Semi-Arid region of Northeast Brazil and the regions benefited by the PISF, incorporating water as a productive input. The resulting model comprises 22 regions (composed of 16 regions benefited by the PISF and 6 remaining regions of Brazil) and 41 sectors, with a focus on the most relevant crops in the Northeast. Three scenarios were analyzed: Scenario 1, increased water supply by the PISF; Scenario 2, charging for the use of water resources supplied by the PISF, along with the effects of Scenario 1; Scenario 3, increased government consumption with the end of the PISF operation cost, along with the effects of Scenarios 1 and 2. Simulation results indicate that the increase in water availability in the Semi-Arid region of the Northeast generates positive growth in key economic indicators, but this effect is modest. If the charge for the use of PISF water were implemented, the effects would be negative. On the other hand, the increase in government consumption with the end of the PISF operation cost would lead to greater growth in key economic indicators, albeit still modest. Consequently, the expansion of crop and pasture areas would also be small. In summary, the model simulations suggest that the increase in water supply alone in the Semi-Arid region of the Northeast with the PISF would not generate the expected economic benefits to promote regional development.

Keywords: Water Transposition of the São Francisco River. Water Use Fee. Brazilian Northeast Semi-Arid Region. Computable General Equilibrium.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Prejuízos da seca em 2017 a 2021 no Nordeste por setores (em milhões de reais*)	21
Figura 2- Balanço hídrico e limite territorial do Semiárido Nordeste	25
Figura 3- Estrutura Político-Institucional do SINGREH.....	39
Figura 4- Cobranças pelo uso de recursos hídricos implementadas no Brasil até 2020.....	42
Figura 5- Histórico dos valores cobrados e arrecados pelo uso de recursos hídricos no Brasil de 1996 a 2021 (em milhões de reais e valores corrigidos para 2021).....	44
Figura 6- Histórico das Tarifas de Disponibilidade e Consumo pelo uso de Recursos Hídricos do PISF de 2018 a 2023 em R\$/m ³	53
Figura 7- Regionalização do modelo Aqua-land.....	61
Figura 8- Estrutura de demanda por terra entre setores (ano t)	65
Figura 9- Estrutura da oferta por terra entre categorias de uso	66
Figura 10 - Estrutura da Tecnologia de Produção do Modelo.....	70
Figura 11- Estrutura hierárquica da demanda das famílias	71
Figura 12- Mecanismo de composição da demanda do modelo.....	73
Figura 13- Variação % das áreas de lavoura no Cenário (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	110
Figura 14- Variações % das áreas de pasto no Cenário 1 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	112
Figura 15- Variações % das áreas de lavoura no Cenário 2 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)	116
Figura 16- Variações % das áreas de pasto no Cenário 2 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	118

Figura 17- Comparativo do impacto no PIB real nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência no período 2023-2040).....	121
Figura 18- Variações % das áreas de lavoura no Cenário 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)	124
Figura 19- Variações % das áreas de pasto no Cenário 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	126
Figura 20- Impacto regional do PISF sobre o PIB real (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)	140
Figura 21- Impacto regional do PISF sobre o Consumo das famílias (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)	141
Figura 22- Impacto regional do PISF sobre o Investimento (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)	142
Figura 23- Impacto regional do PISF sobre os Gastos do Governo (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)	143
Figura 24- Impacto regional do PISF sobre a Exportação (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)	144
Figura 25- Impacto regional do PISF sobre a Importação (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)	145
Figura 26- Impacto regional do PISF sobre o Emprego (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)	146

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Os projetos internacionais de transposição do rio	31
Tabela 2- Receita requerida do PISF referente ao 2023.....	49
Tabela 3- Repartição do valor anual da Receita Requerida para a prestação do serviço de adução de água bruta do PISF referente ao 2018 a 2023 (em R\$)	51
Tabela 4- Legenda da regionalização do modelo	62
Tabela 5- Configuração setorial do modelo	62
Tabela 6- Correspondência do uso da terra com setores do modelo	64
Tabela 7- Matriz de transição de uso da terra média anual no período de 2015-2021 da região beneficiada pelo PISF (em milhões de hectares).....	67
Tabela 8- Principais informações utilizados no procedimento de regionalização.....	76
Tabela 9- Participações regionais do PIB total das regiões considerados no modelo (%).....	77
Tabela 10- Participação dos setores de agricultura (Agric), pecuária (Pec), silvicultura e aquicultura (Silv/Aquic), indústria (Ind), água e esgoto (Água) e outros serviços (Serv) na produção das regiões beneficiadas pelo PISF no modelo (%).....	78
Tabela 11- Participação do trabalho, capital, terra, água e imposto no PIB por região	79
Tabela 12- Elasticidade do modelo	80
Tabela 13- Participação da terra utilizada e elasticidades de substituição na oferta do uso da terra.....	82
Tabela 14- Custo unitário implícito da água no Brasil em 2015 (em R\$/m ³)	84
Tabela 15- Consumo e custo monetário da água setorial nacional do modelo (ano base de 2015).....	89
Tabela 16- Descrição das variáveis exógenas do fechamento padrão do modelo.....	91
Tabela 17- Swaps aplicados no fechamento padrão para o cenário de referência.....	92
Tabela 18- Taxa de crescimento média anual do PIB regional no período de 2015 a 2022. ...	94

Tabela 19- Taxa de crescimento média anual da exportação por setor no período de 2015 a 2022 (var. %).	95
Tabela 20- Variáveis macroeconômicas observadas no período 2016-2022 (variação % anual)	96
Tabela 21- Áreas de desmatamento entre 2016 e 2021 (em var. % do total da área de floresta natural e demais usos)	97
Tabela 22- Disponibilidade hídrica superficial e vazão de água transposta pelo PISF para 22 regiões do modelo (em m ³ /s)	99
Tabela 23- A vazão de água disponibilizada pelo PISF no cenário de referência	100
Tabela 24- Taxa de variação percentual do aumento da oferta hídrica decorrente do PISF para 2016-2022 e 2023-2040 no cenário de referência	100
Tabela 25- Descrição dos cenários analisados e os choques aplicados nas simulações do modelo	101
Tabela 26- Taxa de variação percentual da ausência do aumento da oferta hídrica decorrente do PISF para 2016-2022 e 2023-2040 no Cenário 1	102
Tabela 27- Choques no Cenário 3: aumento do consumo do governo regional no ano 2025 (em var. %)	103
Tabela 28- Impacto sobre os indicadores econômicos no Cenário 1 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2016-2040)	105
Tabela 29- Impacto sobre a produção setorial agregado no Cenário 1 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2016-2040)	109
Tabela 30- Impacto sobre os indicadores econômicos no Cenário 2 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2016-2040)	114
Tabela 31- Impacto sobre a produção setorial agregado no Cenário 2 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2016-2040)	115

Tabela 32- Impacto sobre os indicadores econômicos no Cenário 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	119
Tabela 33- Impacto sobre a produção setorial agregado no Cenário 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	123
Tabela 34- Correspondência das classes de uso da terra do MapBiomias com modelo.....	147
Tabela 35- Impacto na produção do setor 1 a 14 no Cenário 1 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	148
Tabela 36- Impacto na produção do setor 15 a 28 no Cenário 1 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	149
Tabela 37- Impacto na produção do setor 29 a 41 no Cenário 1 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	150
Tabela 38- Impacto na produção do setor 1 a 14 no Cenário 2 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	151
Tabela 39- Impacto na produção do setor 15 a 28 no Cenário 2 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	152
Tabela 40- Impacto na produção do setor 29 a 41 no Cenário 2 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	153
Tabela 41- Impacto na produção do setor 1 a 14 no Cenário 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	154
Tabela 42- Impacto na produção do setor 15 a 27 no Cenário 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	155
Tabela 43- Impacto na produção do setor 28 a 41 no Cenário 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).....	156

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA	<i>Área Diretamente Afetada</i>
Agric	<i>Agricultura</i>
AID	<i>Área de Influência Direta</i>
ANA	<i>Agência Nacional de Águas</i>
ANEEL	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>
CA	<i>Custos Ambientais</i>
CBH	<i>Comitês de Bacia Hidrográfica</i>
CGE	<i>Controladoria-Geral da União</i>
CE	<i>Ceará</i>
CERH	<i>Conselho Estadual de Recursos Hídricos</i>
CES	<i>Constant Elasticity of Substitution</i>
CET	<i>Elasticidade de Transformação Constante</i>
CF	<i>Custos Fixos</i>
CFURH	<i>Compensação Financeira pelo Uso de Recursos Hídricos</i>
CNRH	<i>Conselho Nacional de Recursos Hídricos</i>
CoPS	<i>Centre of Policy Studies</i>
CRED	<i>Centre for Research on the Epidemiology of Disasters</i>
CV	<i>Custos Variáveis</i>
DA	<i>Despesas Administrativas</i>
DEP	<i>Depreciação</i>
EGC	<i>Equilíbrio Geral Computável</i>
FGV	<i>Fundação Getúlio Vargas</i>
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
IDH	<i>Índice de Desenvolvimento Humano</i>
IM	<i>Impostos</i>
IND	<i>Indústria</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPEA	<i>Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada</i>

LES	<i>Linear Expenditure System</i>
MDR	<i>Ministério do Desenvolvimento Regional</i>
NE	<i>Nordeste</i>
NEMEA	<i>Núcleo de Estudos em Modelagem Econômica e Ambiental Aplicada</i>
ONU	<i>Organização das Nações Unidas</i>
PAM	<i>Produção Agrícola Municipal</i>
PB	<i>Paraíba</i>
PE	<i>Pernambuco</i>
Pec	<i>Pecuária</i>
PGA	<i>Plano de Gestão Anual</i>
PIA	<i>Pesquisa Industrial Anual</i>
PIB	<i>Produto Interno Bruto</i>
PISF	<i>Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional</i>
PNRH	<i>Política Nacional de Recursos Hídricos</i>
POA	<i>Plano Operativo Anual</i>
POF	<i>Pesquisa de Orçamento Familiares</i>
PPM	<i>Pesquisa da Pecuária Municipal</i>
PPU	<i>Preço Público Unitário</i>
RAIS	<i>Relação Anual de Informações Sociais</i>
RIMA	<i>Relatório de Impacto Ambiental</i>
RMBH	<i>Região Metropolitana de Belo Horizonte</i>
RN	<i>Rio Grande do Norte</i>
RR	<i>Receita Requerida</i>
SABESP	<i>Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo</i>
SCP	<i>Semi-Automatic Classification Plugin</i>
Serv	<i>Serviços</i>
SIAA	<i>Sistema Isolado de Abastecimento de Água</i>
Silv/Aquic	<i>Silvicultura e Aquicultura</i>
SINGREH	<i>Sistema Nacional de Gerenciamento do Recursos Hídricos</i>

SIUP	<i>Serviços Industriais de Utilidade Pública</i>
SNIRH	<i>Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos</i>
SUDENE	<i>Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste</i>
TA	<i>Taxa de Administração</i>
TAR	<i>Tarifa Atualizada de Referência</i>
TERM	<i>The Enormous Regional Model</i>
UHE	<i>Usina hidrelétrica</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	CONTEXTUALIZAÇÃO	24
2.1	O semiárido do Nordeste e o PISF	24
2.2	Estudos econômicos sobre transposição do Rio São Francisco	26
2.3	As experiências de transposição de água pelo mundo.....	30
3	CUSTOS E GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS NA ECONOMIA BRASILEIRA	32
3.1	Crise hídrica e seus impactos na economia.	33
3.2	A cobrança pelo uso de recursos hídricos.	36
3.2.1	Breve histórico normativo no Brasil.....	36
3.2.2	Implementação e mecanismo de cobrança	39
3.2.2.1	<i>Dominialidade das águas no Brasil</i>	<i>40</i>
3.2.2.2	<i>Implementação da Cobrança.....</i>	<i>40</i>
3.2.2.3	<i>Mecanismo da cobrança pelo uso de recursos hídricos.....</i>	<i>44</i>
3.2.3	Caso da transposição do Rio São Francisco (do PISF).	45
3.2.3.1	<i>Funcionamento da operação do PISF.....</i>	<i>45</i>
3.2.3.2	<i>Custo do serviço de adução de água bruta do PISF</i>	<i>47</i>
4	METODOLOGIA.....	53
4.1	Aplicação do modelo de EGC para avaliar questões hídricas.....	54
4.2	Características gerais do Modelo Aqua-land.....	58
4.2.1	Módulo de uso da terra	63
4.2.2	Incorporação de uso da água	68
4.2.3	Produção setorial	69
4.2.4	Demanda regional/Famílias.....	70
4.2.5	Estoque de capital e investimento	74
4.2.6	Mercado de trabalho	74

4.2.7	Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preços de compra.....	74
4.2.8	Outras equações.....	75
4.3	Base de dados	75
4.3.1	Parâmetros e elasticidades	79
4.3.2	Estimação de consumo de água por setores.....	82
4.3.2.1	<i>Setor da Agricultura</i>	<i>84</i>
4.3.2.2	<i>Setor da Pecuária</i>	<i>85</i>
4.3.2.3	<i>Setor da Indústria Extrativa</i>	<i>85</i>
4.3.2.4	<i>Setor da Indústria de Transformação.....</i>	<i>86</i>
4.3.2.5	<i>Setor de energia elétrica.....</i>	<i>87</i>
4.3.2.6	<i>Setor de água e esgoto.....</i>	<i>87</i>
4.3.2.7	<i>Dados de água</i>	<i>87</i>
5	SIMULAÇÕES E RESULTADOS.....	90
5.1	Estratégia de Simulação	90
5.1.1	Cenário de referência.....	90
5.1.2	Cenários de política	101
5.2	Resultados das simulações	103
5.2.1	Cenário 1: o aumento da oferta hídrica decorrente do PISF.....	104
5.2.1.1	<i>Resultados macroeconômicos.....</i>	<i>104</i>
5.2.1.2	<i>Resultados setoriais.....</i>	<i>106</i>
5.2.1.3	<i>Impactos no uso da terra</i>	<i>109</i>
5.2.2	Cenário 2: a cobrança pelo uso de recursos hídricos dos produtores	112
5.2.2.1	<i>Resultados macroeconômicos.....</i>	<i>112</i>
5.2.2.2	<i>Resultados setoriais.....</i>	<i>114</i>
5.2.2.3	<i>Impactos no uso da terra</i>	<i>115</i>
5.2.3	Cenário 3: o aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF	118

5.2.3.1	<i>Resultados macroeconômicos.....</i>	<i>118</i>
5.2.3.2	<i>Resultados setoriais.....</i>	<i>121</i>
5.2.3.3	<i>Impactos no uso da terra.....</i>	<i>123</i>
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	126
	REFERÊNCIAS.....	129
	APÊNDICE A – FIGURAS COMPLEMENTARES	140
	APÊNDICE B – TABELAS COMPLEMENTARES.....	147

1 INTRODUÇÃO

O Semiárido do Nordeste brasileiro apresenta historicamente os menores indicadores econômicos e sociais do Brasil. No que diz respeito às atividades econômicas, ainda são visíveis os problemas de concentração e desigualdade na distribuição de terras, decorrentes da herança da estrutura agrária regional arcaica. Como resultado, os sistemas agrícolas de base familiar, caracterizados por baixa eficiência produtiva, continuam predominantes (SILVA et al., 2010). Esses desafios tornam-se ainda mais graves devido aos aspectos climáticos regionais.

Historicamente, o semiárido nordestino enfrenta períodos de seca, registrados inclusive antes da colonização portuguesa (CAMPOS; STUDART, 2001). O clima nessa região é quente e seco, com chuvas concentradas principalmente no verão e outono. As precipitações variam entre 500 e 800 mm e têm distribuição irregular ao longo do ano, sendo rara a ocorrência de chuvas sucessivas em curtos intervalos de tempo. Portanto, o que caracteriza a seca nesta região é a baixa frequência de chuvas, não o seu volume (SUASSUNA, 2007).

A distribuição espacial de recursos hídricos é desigual no Brasil. O país possui cerca de 12% da água doce disponível no mundo, sendo que 70% desse volume está na Bacia Amazônica, enquanto o Nordeste detém apenas 3% (BRASIL, 2010). Dentro dessa pequena parcela, o rio São Francisco contribui com 70%. A desigualdade na densidade demográfica também contribui para a escassez de água. Enquanto a bacia do rio São Francisco possui apenas 10 hab/km², o semiárido do Nordeste apresenta uma densidade de aproximadamente 50 hab/km² (CASTRO, 2009). Convertendo isso em um indicador, a disponibilidade hídrica no sertão nordestino é de 400 m³/hab/ano, um valor muito abaixo do recomendado pela ONU, que é de 1.500 m³/hab/ano (CASTRO, 2011a).

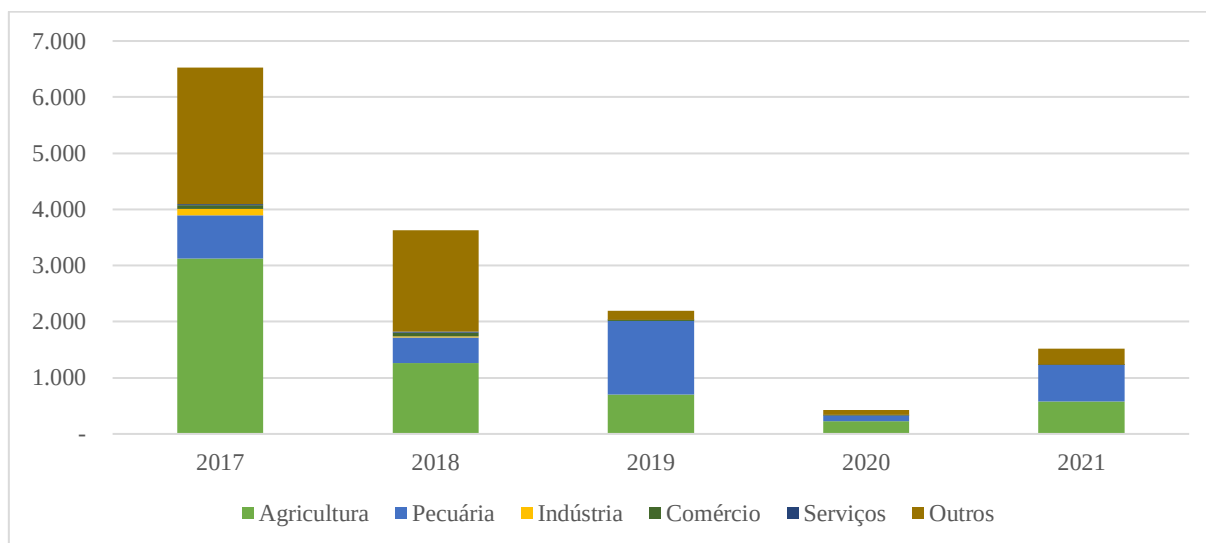
Abordar a questão hídrica na economia brasileira é crucial, uma vez que a crise hídrica, por exemplo, resulta em danos materiais e prejuízos econômicos significativos para o Brasil (CNM, 2022a). Segundo o Banco Mundial (2020), no período de 1995 a 2019, a seca/estiagem causou perdas de R\$ 199,83 bilhões em diversos setores do país. A região mais afetada foi o Nordeste, com aproximadamente R\$ 116,87 bilhões, correspondendo a 58,48% do total.

A seca afeta principalmente a pecuária e a agricultura, sendo essas duas atividades as mais vulneráveis à escassez de água. A Figura 1 evidencia esse fato, mostrando os prejuízos monetários causados pela seca no Nordeste de 2017 a 2021, discriminados por setores¹. Além

¹ Os valores dos prejuízos causados pela seca/estiagem são dados provenientes do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID).

disso, a escassez hídrica inviabiliza a produção agrícola, resultando, consequentemente, em situações de fome e miséria no semiárido nordestino (SILVA et al., 2017).

Figura 1- Prejuízos da seca em 2017 a 2021 no Nordeste por setores (em milhões de reais*)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do S2ID/MDR.

Nota: *valores corrigidos para o ano 2021.

As secas no semiárido do Nordeste ocorreram no passado, estão ocorrendo no presente e, de acordo com as projeções de mudanças climáticas, continuarão a ocorrer com maior intensidade no futuro (DA SILVA et al., 2019; MARENGO et al., 2013). Assim, a seca nordestina tem sido tema de diversas discussões ao longo da história. Segundo Campos e Studart (2001), várias propostas surgiram dos debates, algumas até não convencionais. As soluções convencionais passam por política de açude e irrigação, perfuração de poços, distribuição de cisternas e transposição de bacias. Apesar das inúmeras soluções implementadas, os dados históricos dos impactos das secas indicam que ainda não foram suficientes para erradicar a seca no Nordeste (MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016).

Nesse contexto, as expectativas em relação aos benefícios, como a segurança hídrica e o desenvolvimento regional, do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) eram elevadas. O projeto propõe a captação e o transporte de água para assegurar a segurança hídrica nas regiões mais secas do Brasil, o semiárido do Nordeste. Apesar de muitos estudiosos, políticos e movimentos populares se posicionarem contra o projeto, alegando custos elevados, sérios danos ambientais e benefícios limitados a setores específicos (KOSMINSKY; ZUFFO, 2009), o Governo Federal, responsável

pela execução, o considera ambientalmente viável diante dos benefícios econômicos e sociais (BRASIL, 2004).

O Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), produzido pelo Ministério do Meio Ambiente, classificou o PISF como a alternativa estrutural mais consistente para o fornecimento adequado de água à região. De acordo com Ministério do Desenvolvimento Regional² (MDR), o PISF teve como objetivo principal garantir a segurança hídrica para mais de 12 milhões de pessoas residentes na região Semiárida do Nordeste, beneficiando diretamente 390 municípios dos Estados mais vulneráveis às secas (Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte).

Com o aumento da oferta de água a longo prazo, esperava-se uma expansão do sistema de irrigação, embora essa expansão já ocorra no Nordeste, região que ocupa o 3º lugar no ranking nacional em termos de área irrigada (PAULINO et al., 2011). O ponto principal a ser destacado é que o sistema de irrigação desempenharia um papel crucial no desenvolvimento regional no Nordeste (BANCO MUNDIAL, 2004). Nakata e Zeigler (2014) apontam a irrigação como um fator determinante para aumentar a produtividade agrícola e a estabilidade do rendimento na agricultura. Por outro lado, no Semiárido nordestino, a região com menor disponibilidade de água, observa-se uma menor eficiência tecnológica na produção agropecuária quando comparada à região não-semiárida do Nordeste (SILVA et al., 2016).

A partir da década de 1970, surgiram diversas iniciativas para a implementação de sistemas de irrigação na agricultura semiárida nordestina. Observaram-se melhorias nos indicadores socioeconômicos nas regiões contempladas, quando comparadas às regiões não contempladas, no período entre 1970 e 2000 (BANCO MUNDIAL, 2004). As áreas beneficiadas pela agricultura irrigada apresentaram maior ganho no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) em relação às áreas não beneficiadas no período de 1970-2000, sugerindo mudanças socioeconômicas positivas nas regiões onde a disponibilidade hídrica aumentou. Uma possível explicação para esse fenômeno pode ser atribuída ao aumento da produtividade agrícola. Da mesma forma, o PISF visa promover o desenvolvimento econômico regional, como objetivo secundário, por meio do mesmo mecanismo: o aumento da oferta de água para regiões que enfrentam gargalos produtivos devido à disponibilidade insuficiente desse recurso.

Entretanto, as regiões beneficiadas pelo PISF ainda enfrentarão diversos desafios pela frente em relação à água: 1) Os conflitos pelo uso: as disputas pelos recursos hídricos já existentes na

² Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/projeto-sao-francisco>. Acesso em: 18 jan. 2021.

região poderão se intensificar (SILVA; DINIZ; MEDEIROS, 2020); 2) O gerenciamento eficaz: a deficiência de infraestrutura nas redes e mau gerenciamento causam escassez e estresse hídrico (ANA, 2014a; TUNDISI, 2008); 3) A cobrança pelo uso de água: definir os pagantes, a maneira como será cobrada e um valor sustentável, que não comprometa o desenvolvimento regional e a operação/manutenção da transposição, pois a água transposta tem custo elevado devido ao bombeamento para retirar do rio. Esse custo poderia variar entre R\$ 0,10/m³ a R\$ 0,46/m³, e o valor total pode chegar a R\$ 800 milhões anuais no cenário mais pessimista para serem arcados entre quatro estados contemplados pelo PISF (BRASIL, 2017b). Essas questões geram incertezas para o sucesso do PISF no longo prazo.

Nesse contexto, a recente conclusão de um projeto de escala tão significativa, com potencial impacto econômico regional, destaca a importância de realizar análises que permitam um entendimento mais aprofundado do papel dos recursos hídricos na economia da região. A transposição tem o potencial de proporcionar benefícios a uma das regiões mais carentes do Brasil. Uma vez que a escassez hídrica tende a limitar o crescimento econômico (WWAP, 2016), especialmente nas economias dependentes desse recurso, como é o caso do semiárido nordestino, o PISF surge como uma resposta relevante.

Contudo, é importante ressaltar que o crescimento econômico, por si só, aumenta a pressão sobre os recursos hídricos (SCHMITZ; BITTENCOURT, 2017). Assim, além da transposição em si, o gerenciamento eficiente da água torna-se fundamental para o desenvolvimento econômico sustentável no semiárido nordestino.

Uma maneira de contribuir para o gerenciamento de água é a implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos, ainda incipiente no Brasil. Nesse contexto, o objetivo principal desta tese é avaliar os impactos econômicos do aumento da oferta hídrica e realocação dos custos do serviço de adução de água bruta resultante da transposição do Rio São Francisco no período de 2023-2040. Assim, serão estudados os três cenários: a) o semiárido do Nordeste com e sem a oferta de recursos hídricos proveniente do PISF; b) a cobrança pelo uso de água sobre a produção; c) o aumento dos gastos do governo estaduais receptores da água do PISF, assumindo a hipótese de que a cobrança pelo uso de água da transposição sobre a produção aumenta o orçamento dos governos estaduais beneficiados pela realocação do custeio da operação do PISF, e esses estados aumentam seus gastos proporcionalmente aos recursos poupados. O intuito é identificar os efeitos regionais e setoriais nas áreas semiáridas do Nordeste. Adicionalmente, a consideração dessas características pode ser relevante para a formulação de políticas públicas.

Para conduzir esse estudo, a metodologia adotada foi o modelo de EGC (Equilíbrio Geral Computável) regional construído para semiárido do Nordeste e regiões beneficiadas do PISF, incorporando a água como insumo produtivo no modelo. Considerar o uso da água na economia brasileira é um fator relevante, direta ou indiretamente, como insumo na cadeia produtiva, no contexto da avaliação dos custos relacionados à água. Portanto, a metodologia capaz de considerar as diversas interdependências setoriais e regionais, como o EGC, é mais adequada para a análise deste estudo. Segundo Castro e Cerezini (2022), para avaliar o impacto de obras de infraestrutura, é necessário que tenha decorrido um período mínimo suficiente para que os efeitos esperados possam ser verificados. Esse tempo mínimo varia de acordo com o tipo de intervenção. No caso de obras como o PISF, com caráter indutor de desenvolvimento regional, demandaria um período longo de maturação. Entretanto, o PISF ainda não atingiu um período suficientemente longo para que seus efeitos possam ser verificados. Assim, o modelo EGC é adequado para o estudo do impacto do PISF, pois permite realizar uma projeção *ex-ante* sem a necessidade de dados de série histórica, baseando-se nos fundamentos microeconômicos.

Esta tese está dividida em 6 seções, incluindo esta introdução. O segundo capítulo aborda a contextualização do tema do estudo: o PISF e as transposições no mundo. O terceiro capítulo trata da cobrança de uso da água no Brasil em geral, posteriormente focando no PISF. O quarto capítulo discute questões relacionadas a metodologia adotada. O quinto capítulo apresenta as estratégias adotadas para simulações e seus resultados. O último capítulo traz as considerações finais sobre o estudo.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1 O semiárido do Nordeste e o PISF

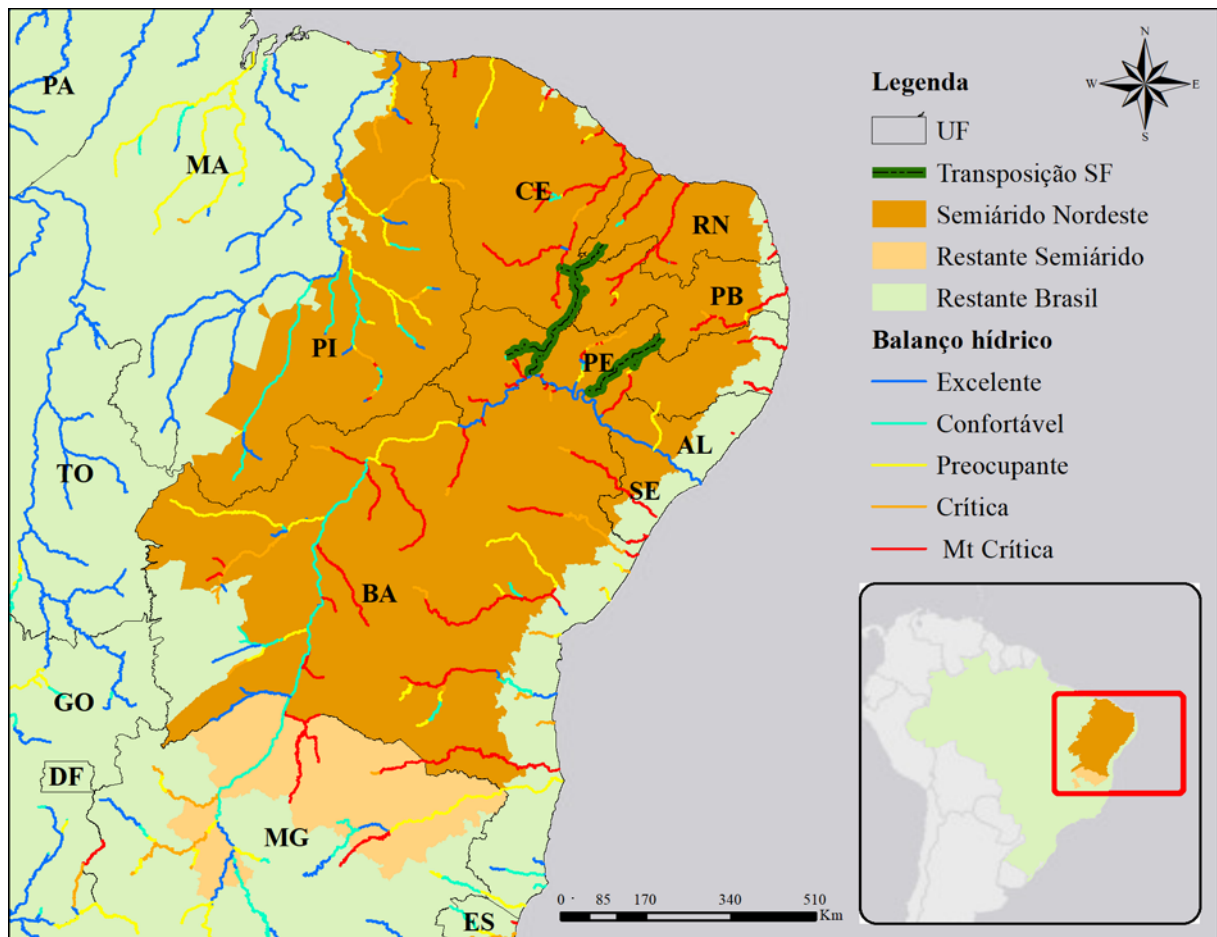
O Semiárido brasileiro é uma região delimitada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), composta por 1262 municípios que enfrentam predominantemente condições climáticas de semiaridez³. Conforme dados do IBGE⁴, essa área abrange aproximadamente 1.128.271,9 km², sendo a maior parte concentrada na região Nordeste, representando cerca de 89,3%, o que equivale a 1171 municípios.

³ Os critérios adotados para a delimitação do Semiárido são a precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; o índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50; e o percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60% ao ano.

⁴ Referência ao recorte geográfico definido em 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?edicao=24416&t=sobre>. Acesso em: 16/03/2021.

A Figura 2 apresenta a delimitação territorial do Semiárido Nordeste, juntamente com o indicador de balanço hídrico da região. Observa-se que existem áreas com um balanço hídrico excelente e confortável, mesmo estando localizadas no semiárido. Isso se deve aos benefícios das águas provenientes da Bacia do rio Parnaíba (Piauí) e da Bacia hidrográfica do rio São Francisco (Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe). Por outro lado, estados como Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba enfrentam uma situação crítica de balanço hídrico em quase toda a sua extensão.

Figura 2- Balanço hídrico e limite territorial do Semiárido Nordeste



Fonte: elaboração própria com dados disponíveis na ANA e IBGE. Nota: o indicador de balanço hídrico quantitativo é medido pela razão entre a vazão de retirada para os usos consuntivos e a disponibilidade hídrica.

O PISF (Projeto de Integração do Rio São Francisco) foi um investimento bilionário e considerado a maior obra de infraestrutura hídrica do País. Na Figura 2 pode ser visto a localização dos canais da transposição do Rio São Francisco, conectando o rio São Francisco com as áreas de balanço hídrico muito crítico. Este empreendimento hídrico consiste essencialmente na construção de dois canais: o eixo Norte, com 260 quilômetros de extensão,

e o eixo Leste, com 217 quilômetros. O projeto inclui a implementação de 9 estações de bombeamento, 27 reservatórios, 4 túneis, 14 aquedutos, 9 subestações de 230 kV e 270 km de linhas de transmissão em alta tensão (BRASIL, 2016b). Segundo o site do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, foram investidos no PISF e nos Ramais associados mais de R\$ 14 bilhões de reais ao longo de 2008 a 2023⁵.

As obras do PISF foram iniciadas em 2007, originalmente prevendo conclusão em 2012. No entanto, devido a atrasos, a data foi sucessivamente adiada, e os canais principais foram concluídos somente em 2022. Em 2023, o PISF está 100% operacional. Entretanto, as obras complementares, como o Ramal do Agreste, destinado a ampliar o alcance da água da transposição para outras regiões, ainda estão em execução.

O Eixo Leste foi inaugurado em março de 2017 e está em operação desde então. Este canal foi projetado para fornecer água a aproximadamente 4,5 milhões de pessoas em 168 municípios da Paraíba e de Pernambuco. A chegada da água transposta do rio São Francisco teve impactos significativos e imediatos; o principal açude local superou o volume morto, encerrando um regime de racionamento que durava há 3 anos na Paraíba, beneficiando cerca de 1 milhão de pessoas (BRASIL, 2017a). No entanto, algumas zonas rurais e cidades menores não foram beneficiadas, seja por estarem fora do alcance do açude ou pela falta de infraestrutura de distribuição. Além disso, o impacto na agricultura ainda era limitado na época devido à restrição de área irrigada a 0,5 hectare por agricultor, uma vez que a prioridade do projeto é o abastecimento humano e animal (MAISONNAVE; KNAPP, 2018). Após atender a essa prioridade, a água transposta pode ser utilizada para turismo, indústria e agricultura.

2.2 Estudos econômicos sobre transposição do Rio São Francisco

Na literatura, diferentemente da diversidade de estudos ambientais disponíveis, há menor disponibilidade de estudos econômicos em relação aos potenciais impactos do PISF. Dentre eles, pode ser destacado os trabalhos de Castro e Cerezini (2022), Castro (2011a; 2011b), Feijó e Torggler (2006) e Medeiros, Carvalho e Souza (2022). Além do impacto econômico direto, é importante analisar os impactos indiretos e cumulativos da transposição, uma vez que esses efeitos secundários podem proporcionar benefícios superiores aos efeitos diretos do próprio projeto de transposição (AZEVEDO et al., 2005). Assim, esta tese pretende fornecer mais um

⁵ Valores atualizados em agosto de 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/acesso-a-informacao/perguntas-frequentes/seguranca-hidrica>.

estudo de impacto econômico do PISF, mas incorporando os efeitos diretos e indiretos decorrente do aumento da oferta hídrica no Semiárido do Nordeste.

Castro (2011a) avaliou os potenciais impactos do PISF a partir da coleta de informações e da análise. Castro e Cerezini (2022) analisaram a perspectiva de desenvolvimento da agricultura irrigada decorrente do aumento da oferta hídrica pelo PISF no Nordeste setentrional, adotando uma análise prospectiva a partir das estimativas calculadas com os dados levantados de diversas fontes. Em outro estudo, Castro (2011b) analisou novamente, por meio de coleta de informações, os potenciais impactos do PISF e verificou se o projeto é uma alternativa adequada para aumentar a oferta hídrica e se contribuiria para o desenvolvimento socioeconômico da região. Feijó e Torggler (2006), por meio de análise dos custos, calcularam os parâmetros de eficiência econômica da transposição do rio São Francisco e os comparou com os índices de eficiência da atividade alternativa (a contenção evaporativa e a expansão da área agrícola irrigável do vale do São Francisco). Medeiros, Carvalho e Souza (2022) simularam o impacto socioeconômico do efeito dos investimentos no setor de água em Área Diretamente Afetada (ADA) decorrente pelo PISF e do efeito do ganho de produtividade total dos fatores na agricultura decorrente da irrigação, utilizando o modelo de EGC.

Em linhas gerais, esses estudos apontam diversas falhas do projeto e indicam uma certa desconfiança quanto aos benefícios prometidos pela transposição da água do rio São Francisco. Os principais pontos levantados são referentes ao elevado custo operacional e erros de dimensionamento do projeto.

A outorga concedida pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 2005 determinou que o governo federal seria responsável pela implementação do PISF, enquanto os estados receptores assumiriam os custos operacionais. Conforme o cálculo de Feijó e Torggler (2006), o custo total (fixo e variável) da água de transposição é significativo, variando entre 0,155 a 0,312 US\$/m³. Esse cálculo considerou os custos de depreciação da obra, os juros do capital investido e as despesas operacionais e administrativas. Se a cobrança do custo da transposição for repassada aos usuários finais, os autores concluem que a atividade agrícola se tornaria economicamente inviável. O estudo posterior da Fundação Getúlio Vargas (FGV) (BRASIL, 2017b) também aponta para um custo elevado da água da transposição. As simulações indicam que o custo de energia para o bombeamento pode variar entre 0,10 a 0,46 R\$/m³, e no cenário pessimista, os valores a serem suportados pelos estados receptores seriam em torno de R\$ 800 milhões anuais, um montante extremamente elevado considerando a situação fiscal desses estados. Na prática, a tarifa de disponibilidade de água (custo fixo) tem variado entre 0,244 a 0,322 R\$/m³, a tarifa

de consumo de água variou entre 0,474 a 0,801 R\$/m³, e a Receita Requerida⁶ de 2018 a 2023 estimou-se variando aproximadamente entre R\$ 278 milhões a R\$ 433 milhões (ANA, 2018b, 2019d, 2020c, 2021b, 2022b, 2023b).

Atualmente, o PISF é operado por uma empresa pública brasileira, a Codevasf conforme Decreto nº 5.995 de 19/12/2006, alterado pelo Decreto nº 8.207 de 13/03/2014. O Eixo Leste está em operação desde 2017, fornecendo recursos hídricos para cidades da Paraíba e Pernambuco para evitar o colapso hídrico da Região Metropolitana de Campina Grande-PB. Inicialmente (no período da pré-operação), como não se havia definido formalmente a cobrança na aplicação da operação e manutenção da transposição, os custos foram arcados pela União e as despesas foram cerca de R\$ 300 milhões por ano (até 2020), segundo o governo federal.

Posteriormente, segundo a Resolução nº 67/2021, publicada pela ANA em 2021, o custo total para fornecer os serviços de adução de água bruta da transposição foi estimado em R\$ 279,5 milhões. Deste montante, Pernambuco, Paraíba e Ceará assumiram, respectivamente, R\$ 13,8 milhões, R\$ 90,55 milhões e R\$ 118,97 milhões. A União cobriu a diferença de R\$ 56,3 milhões devido à não entrega total de água pela não conclusão das obras. Em termos de valor da tarifa, a disponibilidade da água do empreendimento equivale a 0,264 R\$/m³, enquanto o consumo tem um custo de 0,474 R\$/m³, resultando em um custo total de 0,738 R\$/m³.

Outro aspecto destacado pelos estudos são os erros de dimensionamento da obra. O PISF foi projetado para aduzir vazões muito superiores às que normalmente fluirão por seus canais em condições normais (MOLINAS, 2019). A outorga para a retirada da água do rio São Francisco é de 26,4 m³/s, representando aproximadamente 1,4% da vazão do trecho do rio onde ocorre a captação de água, podendo chegar a 127 m³/s em condições de cheia. Segundo Molinas (2019), o PISF está superdimensionado para atender às vazões permitidas em condições de cheias, eventos raros considerando a série histórica da região. Além disso, para Feijó e Torggler (2006), a vazão da transposição deveria ficar limitada a 26 m³/s, pois acima desse valor, o investimento torna-se progressivamente mais oneroso em termos da relação custo da capacidade instalada em comparação com a capacidade efetivamente utilizada.

Quanto aos benefícios esperados, Castro (2011a, 2011b) demonstrou que as vantagens da transposição mencionadas pelo governo federal estariam superestimadas: a população atendida

⁶ Receita requerida é receita anual necessária para cobrir os custos de operação e manutenção eficientes do projeto pela Operadora Federal, não incluindo a amortização dos investimentos feitos pela União.

seria menor do que o previsto, a área irrigada também seria menor, e a redução dos gastos emergenciais com as secas não ocorreria na magnitude projetada.

O estudo de Medeiros, Carvalho e Souza (2022) avaliou os impactos socioeconômicos do PISF, utilizando o modelo EGC inter-regional dinâmico em 20 regiões. Foram analisadas duas simulações: a) o aumento do investimento no setor de água resultante da instalação/construção da infraestrutura nas regiões da Área Diretamente Afetada (ADA) pelo PISF no período de 2011 a 2020; b) adicionalmente ao primeiro cenário, o aumento da produtividade da agricultura nas Áreas de Influência Direta (AID) pelo PISF no período de 2020 a 2025. O horizonte temporal das simulações analisadas foi de 2010 a 2030. Os resultados do primeiro cenário indicam efeitos positivos sobre o PIB, emprego e consumo das famílias, mas em termos de magnitude, os impactos foram praticamente nulos. No segundo cenário, os efeitos foram também positivos e mais significativos, indicando uma média de 4,21% de expansão do Produto Interno Bruto (PIB) nas regiões do semiárido nordestino no período de 2010 a 2030. Além disso, apontou um potencial de redução das disparidades regionais nas regiões analisadas.

A expansão da agricultura irrigada decorrente da transposição teria potencial para gerar retornos socioeconômicos consideráveis. Os principais retornos seriam impactos sobre a renda e o emprego. O estudo de Maffei, Irmão e Souza (1986), baseado em pesquisa de campo aplicada a uma amostra de agricultura familiar e empresarial, indica que as políticas de irrigação têm o potencial significativo de gerar empregos nos polos de irrigação. O investimento mínimo necessário para implementar irrigação é consideravelmente menor do que outras atividades econômicas demandariam para a geração de empregos (CASTRO, 2011a). Castro (2011a) estimou o potencial de geração de emprego com a possível expansão da irrigação decorrente do PISF. A partir de coeficientes técnicos de mão de obra, calculou o número de empregos gerados por hectare, e seus resultados indicam que o PISF tem potencial para gerar de 0,24 a 6,37 empregos por hectare, dependendo do tipo de cultura e da tecnologia adotada. Em outro estudo, Medeiros, Carvalho e Souza (2022) simularam o impacto socioeconômico do PISF com o modelo EGC, e os resultados indicam aumento de 1,50% no emprego no semiárido nordestino entre 2010 e 2030.

Quanto à geração de renda, Castro (2011a) aplicou uma comparação simplificada entre a agricultura irrigada e a agricultura de sequeiro, concluindo que a renda obtida por uma unidade de produção em projetos de irrigação é consideravelmente superior à renda proveniente da agricultura de sequeiro. Essa constatação não surpreende, uma vez que a agricultura de sequeiro geralmente emprega técnicas rudimentares com características de produção voltadas para a

subsistência. No estudo Medeiros, Carvalho e Souza (2022), a simulação do ganho de produtividade total dos fatores no setor agrícola, decorrente da irrigação proveniente do PISF, indica, de maneira geral, um efeito positivo no salário real para a Área Diretamente Afetada (ADA) do PISF.

A melhoria na oferta de recursos hídricos e o aprimoramento do gerenciamento desse insumo são impulsionadores do crescimento econômico de um país, contribuindo significativamente para a erradicação da pobreza (SANCTUARY; TROPP, 2005). No entanto, é importante ressaltar que um programa de transferência de águas isolado, como a transposição ou a construção de cisternas, não resolverá completamente o problema da pobreza. É crucial implementar mecanismos de geração de renda para impulsionar o desenvolvimento econômico regional (CASTRO, 2011b). Além disso, sem um eficiente gerenciamento dos recursos hídricos, a expansão da demanda por água, acompanhada pelo crescimento econômico, poderia novamente resultar em escassez hídrica na região. Portanto, mesmo após a conclusão da obra do PISF, persistem desafios a serem superados.

2.3 As experiências de transposição de água pelo mundo

A distribuição geográfica desigual dos recursos hídricos e a demanda desequilibrada por água na sociedade tornaram inevitável a prática de transferência desse recurso natural. A transposição de água entre bacias hidrográficas tem sido o método adotado para amenizar ou até solucionar a demanda urgente em regiões com deficiência hídrica (ZHUANG, 2016). Projetos de transposição de rios ou bacias hidrográficas são verificados em inúmeros países, incluindo Austrália, Estados Unidos, Canadá, China, Índia, Espanha, África do Sul, entre outras regiões (AZEVEDO et al., 2005; GHASSEMI; WHITE, 2007; SNADDON et al., 1999). A Tabela 1 a seguir apresenta de forma resumida algumas obras de transposição de água já implementadas pelo mundo.

Tabela 1- Os projetos internacionais de transposição do rio

País/Região	Projeto	Características	Prazo de Conclusão	Custo Estimado
Espanha	Transposição Tejo-Segura	Transferência de água a uma distância de 286 km por meio de um sistema composto por rios, canais e reservatórios.	40 anos (1933-1973)	US\$ 4,67 bilhões
EUA	Projeto Colorado-Big Thompson	12 reservatórios, 56 km de túneis e 153 km de canais	21 anos (1938-1959)	US\$ 1,23 bilhão
Austrália	Sistema Hidrelétrico das Montanhas Snowy	16 reservatórios, 7 usinas, uma estação de bombeamento, 145 km de túneis e 80 quilômetros de adutoras	25 anos (1949-1974)	US\$ 722,82 milhões
África do Sul/ Lesotho	Projeto Hídrico das Montanhas do Lesotho	4 hidrelétricas, adutoras e túneis	19 anos (1983-2002)	US\$ 7,05 bilhões
Peru	Projeto Especial Chavimochic	Túneis, canais abertos, adutoras enterradas e sifões	10 anos (1986-1996)	US\$ 1,9 bilhão
China	Projeto Transferência de água de Wanjiashai	Adutoras no noroeste da Província de Shanxi com três eixos distintos de 44 km, 100 km e 167 km	10 anos (2001-2011)	US\$ 1,32 bilhão
Canada	Projeto James Bay	Desvio da água do rio Eastmain e Caniapiscou, uma série de usinas hidrelétrica	14 anos (1973-1986)	US\$ 20 bilhões

Fonte: elaboração própria com base nas informações de Snaddon *et al.* (1999) e MDR.

A partir da Tabela 1, nota-se que as obras de transposição demandam um longo período e relativamente alto custo para conclusão. Além do objetivo de suprir recursos hídricos por meio de canais, adutoras e túneis, o desvio da água é utilizado para a produção de energia elétrica, como no Projeto James Bay no Canadá.

Na literatura, é possível encontrar inúmeros estudos que avaliam os projetos de transposição, apontando impactos tanto positivos quanto negativos (AZEVEDO et al., 2005; GICHUKI; MCCORNICK, 2008; SNADDON et al., 1999). As análises de Purvis e Dinar (2020), verificando 121 estudos sobre transposição de água, sugerem que, em geral, as regiões

exportadoras e importadoras de água das bacias hidrográficas obtiveram impactos insignificantes ou negativos. Além disso, segundo Morote *et al.* (2020), a transposição pode provocar conflitos em diferentes dimensões, como política, social, ambiental e econômica.

Outro impacto negativo é sobre os custos. Os elevados custos operacionais da transposição de água podem provocar aumentos significativos nas tarifas de água, e as comunidades não favorecidas pela obra podem ter dificuldade em arcar com os altos custos das transferências de água, como aconteceu na África do Sul (SNADDON *et al.*, 1999).

Para Gichuki e Mccornick (2008), tanto os impactos negativos quanto positivos são apresentados de forma resumida nos estudos, dando a impressão de que os efeitos da transposição são os mesmos em todo lugar e em qualquer época. Os autores ainda destacam que, em geral, os impactos diretos e indiretos da transferência de água beneficiam a pecuária, melhoram a segurança alimentar, reduzem a pobreza e melhoram a saúde da região.

No caso do Projeto Colorado Big Thompson, por exemplo, houve dois impactos positivos importantes para promover o desenvolvimento econômico na região beneficiada: aumento das fontes renováveis de geração de energia hidrelétrica para atender ao crescimento das cidades, indústrias e agricultura; e aumento do abastecimento de água potável para as áreas rurais (AZEVEDO *et al.*, 2005).

3 CUSTOS E GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS NA ECONOMIA BRASILEIRA

O objetivo deste capítulo é apresentar um instrumento de gestão de água: a cobrança pelo recurso hídrico, e a importância de um gerenciamento eficiente de recursos hídricos no contexto de uma crise hídrica cada vez mais frequente no Brasil. Para tanto, o capítulo será dividido em duas partes: primeiramente, serão abordados os efeitos da crise hídrica na economia global e brasileira, reforçando a ideia de que melhorar o gerenciamento eficiente de recursos hídricos é uma solução crucial; em seguida, serão discutidas as questões relacionadas à cobrança pelo uso de água de forma geral no Brasil, bem como o caso específico dos custos do serviço de adução de água bruta da transposição do rio São Francisco.

3.1 Crise hídrica e seus impactos na economia.

A água é um recurso natural imprescindível à vida de todos os habitantes da Terra. Além de ser fundamental para a sobrevivência, é essencial para inúmeras atividades humanas, incluindo agricultura, pecuária, indústria, geração de energia, transporte e lazer. Na perspectiva da cadeia produtiva global, os países dependem do recurso hídrico, seja diretamente ou indiretamente, como insumo produtivo (HOEKSTRA; MEKONNEN, 2012). Portanto, a escassez desse recurso tem repercussões significativas nos ecossistemas, na economia e na qualidade de vida das pessoas (TAHERIPOUR et al., 2020).

Segundo Rose (2004), para a avaliação do custo total de um desastre natural, como no caso de uma seca, deve abranger não apenas os danos diretos, mas também os efeitos indiretos na economia. Os impactos vão além das perdas físicas, envolvendo consequências mais amplas. Dado que a economia é formada por interações complexas entre setores e agentes, alguns efeitos são menos evidentes, porém, ao incorporá-los nos cálculos de custos, torna-se aparente a magnitude das perdas.

Um dos setores mais suscetíveis aos efeitos da seca é a agricultura. A escassez hídrica compromete a umidade do solo, resultando em perdas de produção devido a falhas na colheita e danos às pastagens. No entanto, essas perdas não recaem exclusivamente sobre os produtores, uma vez que parte do prejuízo é transferida para os consumidores por meio do aumento dos preços. Outros setores também podem ser impactados, uma vez que os serviços de abastecimento de água podem ser prejudicados pela redução nos níveis dos reservatórios, levando a ajustes para equilibrar a demanda e a oferta de água. Esses ajustes na demanda podem envolver aumentos nos preços para estimular o uso racional e a implementação de rodízios. Por outro lado, os ajustes na oferta podem incluir medidas de emergência, como a perfuração de poços, a transposição de água e o fornecimento por caminhões-pipa, acarretando custos elevados. Dessa forma, direta ou indiretamente, todos acabam experimentando os impactos da crise hídrica em algum nível (DING; HAYES; WIDHALM, 2011).

No caso de países onde a geração de energia elétrica depende principalmente de fontes hídricas, como é o caso do Brasil, a crise hídrica pode levar a apagões devido à redução no volume de água disponível nas hidrelétricas. Isso tem o potencial de afetar o fornecimento e a distribuição de energia elétrica em todo o país (CNM, 2022a). Consequentemente, a crise hídrica pode desencadear uma crise energética, levando ao aumento das tarifas para incentivar o uso racional de energia e a utilização de fontes mais caras, como a geração termelétrica (GALVÃO;

BERMANN, 2015). Além disso, essa situação gera incertezas para as atividades econômicas e a população em geral. Um exemplo disso ocorreu durante a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo, que resultou em impactos econômicos adversos, como o aumento nos preços dos alimentos e nas tarifas de energia para residências, indústrias e comércios (MARENGO et al., 2015).

Os estudos sobre o impacto econômico da seca revelam prejuízos expressivos em escala global. As perdas econômicas decorrentes da escassez de abastecimento de água e da inadequação do saneamento são estimadas em US\$ 260 bilhões por ano, correspondendo a 1,5% do PIB mundial⁷ (HULTON, 2012). Conforme dados do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED), a média anual dos impactos das secas no mundo, entre 2001 e 2020, registra 16 casos, 67,5 milhões de pessoas afetadas e US\$ 6,7 bilhões em perdas econômicas. No mesmo período, a seca figura como o quarto desastre natural com maiores prejuízos financeiros, de acordo com a média de 2001 a 2021 (CRED, 2022). No âmbito agrícola, entre 2008 e 2018, aproximadamente 34% da produção de alimentos foi perdida, totalizando um prejuízo de US\$ 37 bilhões nos países em desenvolvimento (FAO, 2021).

No Brasil, de acordo com o estudo do Banco Mundial (2020), a seca/estiagem emerge como o desastre natural que mais causou danos materiais e prejuízos no período de 1995 a 2019, totalizando um valor acumulado de R\$ 199,83 bilhões, representando 59,94% do total, com uma média anual de R\$ 8,33 bilhões. Os setores mais impactados foram a agricultura e pecuária, acumulando prejuízos de R\$ 119 bilhões e R\$ 48 bilhões, respectivamente. Em termos de distribuição espacial, o Nordeste destaca-se negativamente, registrando danos materiais e prejuízos no valor de R\$ 116,84 bilhões, aproximadamente 58,5% do total. Apesar de haver regiões com maior recorrência e vulnerabilidade média, a natureza imprevisível dos desastres naturais, como a seca, torna nenhuma região imune aos seus impactos. Por exemplo, entre janeiro de 2020 e março de 2022, a seca prolongada resultou em problemas de desabastecimento de água para consumo humano e animal no Rio Grande do Sul, acarretando um prejuízo econômico de R\$ 42 bilhões e afetando cerca de 3,6 milhões de pessoas (CNM, 2022b).

O cenário futuro de disponibilidade de água apresenta desafios significativos, uma vez que a escassez desse recurso está se tornando um evento cada vez mais frequente devido à expansão da demanda, impulsionada pelo crescimento populacional e pela intensificação das atividades produtivas. As projeções de crescimento populacional global indicam uma tendência de

⁷ Referente ao valor monetário de 2010.

aumento, embora com variações significativas entre as regiões (UNPD, 2022). Conforme estimativas das Nações Unidas (2022), a população mundial em 2022 era de aproximadamente 7,95 bilhões e prevê-se um acréscimo de 1,78 bilhões até 2050, atingindo a marca de 9,7 bilhões. No contexto brasileiro, prevê-se que a população aumente de 214,8 milhões em 2022 para 232,9 milhões até 2050, um acréscimo de 18,1 milhões (IBGE, 2018). Dessa forma, o crescimento da demanda por água é inevitável no futuro, considerando exclusivamente o consumo humano. As projeções apontam para um aumento de 30% na demanda global de água até 2050 (UNESCO, 2012).

Adicionalmente, as mudanças climáticas apresentam a perspectiva de modificar os padrões de precipitação e temperatura, potencialmente agravando os desafios já existentes relacionados à disponibilidade de recursos hídricos (IPCC, 2014; MARENGO, 2008). No contexto brasileiro, dados confirmam a tendência de aumento na recorrência de secas ao longo do período de 1995 a 2019 (BANCO MUNDIAL, 2020). Esse cenário aponta para a urgência de abordagens sustentáveis e estratégias adaptativas para enfrentar os impactos combinados do crescimento populacional, intensificação das atividades produtivas e as mudanças climáticas, a fim de garantir a segurança hídrica no futuro.

Além disso, outras causas da escassez hídrica incluem o uso excessivo de água e a poluição dos mananciais hídricos, evidenciando a má gestão dos recursos hídricos (ANA, 2014a; TUNDISI, 2008). Dessa forma, uma abordagem fundamental para mitigar a crise hídrica é a implementação de um gerenciamento eficaz do recurso hídrico (ANA, 2014b). Historicamente, a resolução de problemas relacionados à questão hídrica tem se baseado predominantemente na expansão da oferta por meio de intervenções de engenharia, mas essa abordagem está evoluindo. Atualmente, os esforços estão direcionados para a promoção de uma gestão mais eficiente e sustentável da demanda (BREVIGLIERI et al., 2018). Entretanto, é crucial reconhecer que o gerenciamento eficiente e sustentável dos recursos hídricos permanece como um dos grandes desafios do século XXI. Aproximadamente dois terços da população mundial residem em áreas que enfrentam escassez de água por pelo menos um mês a cada ano (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2016). Em 2020, cerca de 2,3 bilhões de pessoas globalmente (29% do total) enfrentavam escassez de água (UN-WATER, 2021). Esses dados destacam a necessidade premente de estratégias abrangentes e sustentáveis para garantir a disponibilidade e gestão equitativa dos recursos hídricos.

Considerando esse cenário, torna-se imperativo a adoção de políticas para o gerenciamento eficiente dos recursos hídricos. Um dos instrumentos fundamentais para tal gestão seria a

cobrança monetária, embora essa prática ainda seja pouco implementada no Brasil (ANA, 2019a). Dessa forma, o próximo subcapítulo abordará esse importante instrumento de gestão da água: a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

3.2 A cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Neste subcapítulo, inicialmente, será explorado o tema da cobrança pelo uso de recursos hídricos, de maneira geral, no Brasil. Isso incluirá um breve histórico legislativo sobre o assunto e uma análise do funcionamento da implementação do uso dos recursos hídricos. Em seguida, será abordada a cobrança pelo uso de água no contexto da transposição do Rio São Francisco.

3.2.1 Breve histórico normativo no Brasil.

A primeira referência à cobrança pelo uso da água na legislação brasileira ocorreu no artigo nº 68 do Código Civil de 1916⁸ (FORGIARINI, 2006). Embora o texto do artigo não mencione explicitamente o termo “água”, estabelecia a cobrança pela utilização dos bens públicos (subentendendo o uso da água), conforme as leis da administração a que pertenciam.

O estabelecimento explícito da cobrança pelo uso da água na legislação brasileira ocorreu em 1934, com a aprovação do Código das Águas, reconhecido como o marco legal do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil (FINKLER et al., 2015). O objetivo desse código era harmonizar o uso das águas para fins de produção de energia elétrica, agricultura e demais usos (FORGIARINI, 2006). Considerado avançado para sua época, o código introduziu conceitos como os princípios usuário-pagador e poluidor-pagador⁹ (THOMAS, 2002). O código também estabeleceu que danos aos corpos d'água seriam considerados crime ambiental, sujeito a multas. Além disso, quando os poluidores causavam prejuízos a terceiros, deveriam indenizar as vítimas. Em relação ao domínio das águas, a água situada em terrenos particulares era considerada propriedade privada.

Apesar das alterações na legislação, o Código das Águas não foi efetivamente aplicado devido à sua desatualização ao longo do tempo. A principal razão para a obsolescência está relacionada

⁸ O artigo 68 do Código Civil de 1916 previa que “O uso comum dos bens públicos pode ser gratuito, ou retribuído, conforme as leis da União, dos Estados, ou dos Municípios, a cuja administração pertencerem”.

⁹ De acordo com o princípio “usuário-pagador”, o usuário deve arcar com os custos da utilização da água, em detrimento dos demais. Segundo o princípio “poluidor-pagador”, aquele que polui deve pagar pelos danos provocados, uma vez que todos têm direito a um ambiente limpo (GRANZIERA, 2000).

ao fato de que a regulamentação abordava apenas a parte referente ao setor de energia elétrica (GRANZIERA, 2000). O código proposto tinha um foco maior nesse setor, uma vez que sua criação foi impulsionada pela necessidade de estabelecer regulamentações para o desenvolvimento da indústria de energia elétrica, demandado e impulsionado pela industrialização na época.

A partir da Constituição Federal de 1988, foram efetivamente criados e implementados marcos legais significativos para a gestão de recursos hídricos, como a Lei das Águas e a Lei da ANA, consolidando um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos no Brasil (THOMAS, 2002). Pela primeira vez na Constituição brasileira, o termo "recursos hídricos" foi utilizado, pois até então somente a palavra "água" era empregada. Essa nova terminologia introduziu um conceito inovador, destacando a ideia de que a água é um recurso econômico e não apenas um bem natural. A água passou a ser vista como um insumo para o sistema produtivo, com valor econômico incorporado, abrindo caminho para a regulamentação da cobrança pelo uso da água (ANA, 2014a).

No que se refere ao domínio das águas, a Constituição Federal de 1988 revogou os domínios privado e municipal, instituídos pelo Código das Águas. A partir dessa mudança, todas as águas passaram a ser consideradas de domínio público (FORGIARINI, 2006). O domínio é atribuído à União quando as águas estão localizadas no território: a) de mais de uma Unidade Federativa; b) entre as fronteiras de Unidades Federativas ou entre as fronteiras do Brasil e outro país. Quando a nascente ou a foz está exclusivamente em um território estadual ou do Distrito Federal, o domínio é dessas unidades federativas. Além disso, foi estabelecido o duplo domínio, no qual a União e o estado compartilham a gestão dos recursos hídricos cujos limites ultrapassem o território de um estado. As águas subterrâneas, por sua vez, são de domínio estadual.

Em 1997, foi promulgada a Lei das Águas, Lei nº 9.433/97, que constitui o atual instrumento legal para a cobrança pelo uso da água no Brasil. Essa legislação regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal de 1988, estabelecendo a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criando o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH). A Lei das Águas tem como principais objetivos: a) reconhecer a água como um bem econômico e proporcionar ao usuário uma indicação de seu real valor; b) fomentar a racionalização do uso da água; c) angariar recursos financeiros para o financiamento de programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos (ANA, 2014a; THOMAS, 2002).

Uma das alterações significativas introduzidas pela Lei nº 9.433/97 foi a associação entre a cobrança pelo uso de água (instrumento econômico¹⁰) e a outorga (instrumento de comando¹¹). De acordo com essa legislação, os usos sujeitos à Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos estão sujeitos a cobranças, estabelecendo no Brasil uma conexão formal entre esses dois instrumentos (ANA, 2014a). Essa abordagem visa incentivar os usuários a demandarem recursos hídricos de acordo com suas reais necessidades de uso.

Uma mudança substancial a ser destacada é a promoção da gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos. A Lei das Águas estabelece que a implementação da cobrança pela água deve ocorrer por meio de discussões nos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH). A escolha da bacia como unidade de planejamento é mais adequada para a gestão dos recursos hídricos, considerando a dinâmica desse recurso e os impactos interligados entre usuários, nos quais a ação de um pode afetar o outro mesmo a quilômetros de distância (THOMAS, 2002). Nos debates conduzidos pelos CBH, a participação ativa de usuários, organizações civis, autoridades públicas e comunidades é fundamental. Dessa forma, o valor da cobrança varia conforme cada CBH, sendo uma tarefa desafiadora que requer consenso no fórum (ANA, 2014a).

Em 2000, foi instituída a Lei nº 9.984/00, mais conhecida como Lei da ANA, que estabeleceu a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Essa agência, como entidade federal, assume a responsabilidade pela execução da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), em colaboração com os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs). No que diz respeito à cobrança pelo uso da água, as principais atribuições da ANA incluem (ANA, 2014a):

- a) Implementar a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União no âmbito do CBH;
- b) Fornecer estudos técnicos para subsidiar a definição dos valores a serem cobrados pelo uso da água;
- c) Arrecadar, distribuir e aplicar as receitas provenientes da cobrança pelo uso da água.

¹⁰ “Os instrumentos econômicos (...) visam à internalização das externalidades ou de custos que não seriam normalmente incorridos pelo poluidor ou usuário” (LUSTOSA; YOUNG, 2013).

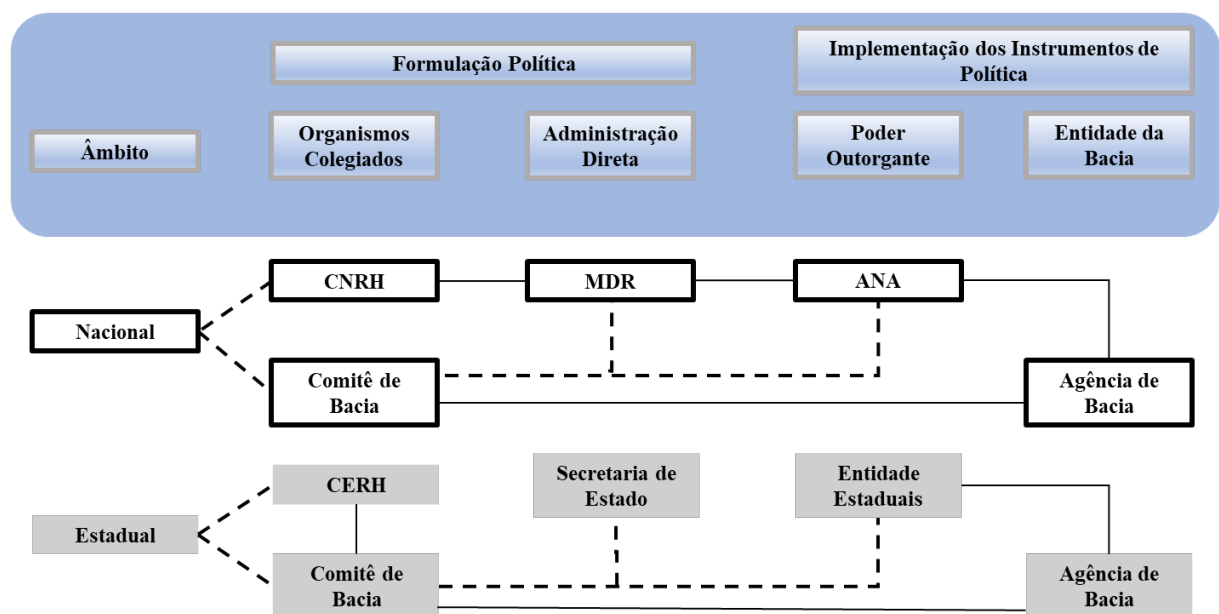
¹¹ Os instrumentos de comando e controle são meios de proteger o meio ambiente e os recursos naturais por meio de regulamentação direta, estabelecendo uma série de normas, controles, procedimentos, regras e padrões a serem seguidos por agentes poluidores. O não cumprimento dessas normas acarreta penalidades, como multas e cancelamento de licenças, entre outras (LUSTOSA; YOUNG, 2013).

Apesar da instituição da lei federal, diversas legislações estaduais, algumas anteriores à criação da lei federal, estabeleceram regras próprias para o sistema estadual de gerenciamento dos recursos hídricos (FORGIARINI, 2006). O Ceará foi pioneiro nesse contexto, criando a lei de recursos hídricos e estabelecendo a Cobrança pelo Uso como instrumento de gestão de água em 1992. O estado foi o primeiro no Brasil a implementar a cobrança de forma efetiva em 1996, por meio do Decreto nº 24.264. Inicialmente, os setores de saneamento e industrial foram os primeiros a pagar pelo uso de água, e posteriormente, outros setores como piscicultura, carcinicultura e agropecuária foram incorporados.

3.2.2 Implementação e mecanismo de cobrança

Para o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil, a lei nº 9.433/97 estabeleceu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) como a estrutura de governança para implementar a Política Nacional dos Recursos Hídricos. O SINGREH é composto por um conjunto de órgãos e colegiados que atuam no âmbito nacional ou estadual, dependendo do domínio do corpo hídrico. A Figura 3 ilustra a estrutura do SINGREH, com a participação de diversas instituições em níveis nacional e estadual. Essa composição diversificada tem como objetivo assegurar a inclusão de vários agentes nas negociações e tomadas de decisões, promovendo assim uma gestão descentralizada.

Figura 3- Estrutura Político-Institucional do SINGREH



Fonte: adaptado de (ANA, 2019a).

3.2.2.1 *Dominialidade das águas no Brasil*

Os recursos hídricos do Brasil possuem duas dominialidades: a primeira pertencente à União e a outra aos Estados e o Distrito Federal. Essa divisão foi estabelecida pela Constituição Federal de 1988, segundo o artigo 20 são bens da União:

“Os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais”. (BRASIL, 2016a, p.25).

E os bens dos Estados são definidos pelo artigo 26 da seguinte forma:

“As águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União”. (BRASIL, 2016a, p.30).

A partir dessas definições, em uma bacia hidrográfica pode haver múltiplo domínio. Por exemplo, a bacia hidrográfica do rio São Francisco possui oito domínios: da União, de Minas Gerais, de Goiás, da Bahia, de Pernambuco, de Alagoas, de Sergipe e do Distrito Federal. A existência desse múltiplo domínio gera assimetria na implementação e no gerenciamento da cobrança entre usuários de domínios distintos, apesar de pertencerem à mesma bacia hidrográfica, no mesmo recorte territorial. Isso ocorre porque cada domínio tem sua própria política e gestão dos recursos hídricos (ANA, 2019a). Essa divergência é necessária para poder incorporar todos os agentes relacionados ao uso de recurso hídrico. Por outro lado, o estudo referente à cobrança pelo uso de água nesse tipo de região torna-se mais desafiador e complexo.

3.2.2.2 *Implementação da Cobrança*

A implementação da Cobrança pelo Uso dos recursos hídricos deve levar em consideração as particularidades de cada bacia hidrográfica, pois uma bacia pode ter um aspecto mais urbano, com maior presença de saneamento e indústria, enquanto outra pode ser mais rural, com predominância em agricultura irrigada. Entretanto, existe uma diretriz que vem sendo seguida para a implementação da Cobrança pelo Uso dos recursos hídricos. Segundo a ANA (2014b), a implementação segue um programa composto por cinco etapas: preliminar, 1, 2, 3 e operacionalização da cobrança. Esse programa é uma orientação geral, portanto, pode sofrer adaptações dependendo da dinâmica local em questão.

As primeiras etapas (preliminar, 1 e 2) são conduzidas pelos Comitês de Bacia. Na etapa preliminar, ocorre a decisão e a manifestação política do Comitê com atuação na área da bacia hidrográfica. O Comitê promove discussões sobre a real necessidade de implantar o instrumento de cobrança. Como a discussão é composta por diferentes segmentos e, portanto, envolve geralmente interesses divergentes, isso gera um debate intenso. Nos casos de bacias interestaduais, será necessário criar um acordo chamado "Pacto de Gestão", cujo objetivo é a articulação entre Comitês de Bacias de rios afluentes, Comitê da Bacia do curso principal, órgão responsável pela outorga e pela operacionalização da cobrança.

Na etapa 1, começa a construção da proposta de mecanismos de cobrança. Seminários, oficinas, estudos e reuniões são realizados para nivelamento conceitual e definição do mecanismo da Cobrança pelo Uso, com a participação de diversos setores usuários de água, organizações civis e poderes públicos. Esta etapa envolve questões técnicas, mas também políticas, por abranger diversos grupos de interesse na decisão.

Na etapa 2, são definidos os preços unitários do recurso hídrico, a deliberação da Cobrança pelo Uso. Um estudo é realizado sobre a potencial arrecadação e os impactos das cobranças sobre demandantes da outorga, considerando variados cenários de preços unitários.

A etapa 3 é conduzida pelos conselhos de recursos hídricos. A deliberação da Cobrança pelo Uso, consolidada na etapa 2, é encaminhada para obter aprovação dos respectivos Conselhos de Recursos Hídricos: CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos), no caso dos rios de domínio da União; CERH (Conselho Estadual de Recursos Hídricos), nos demais casos.

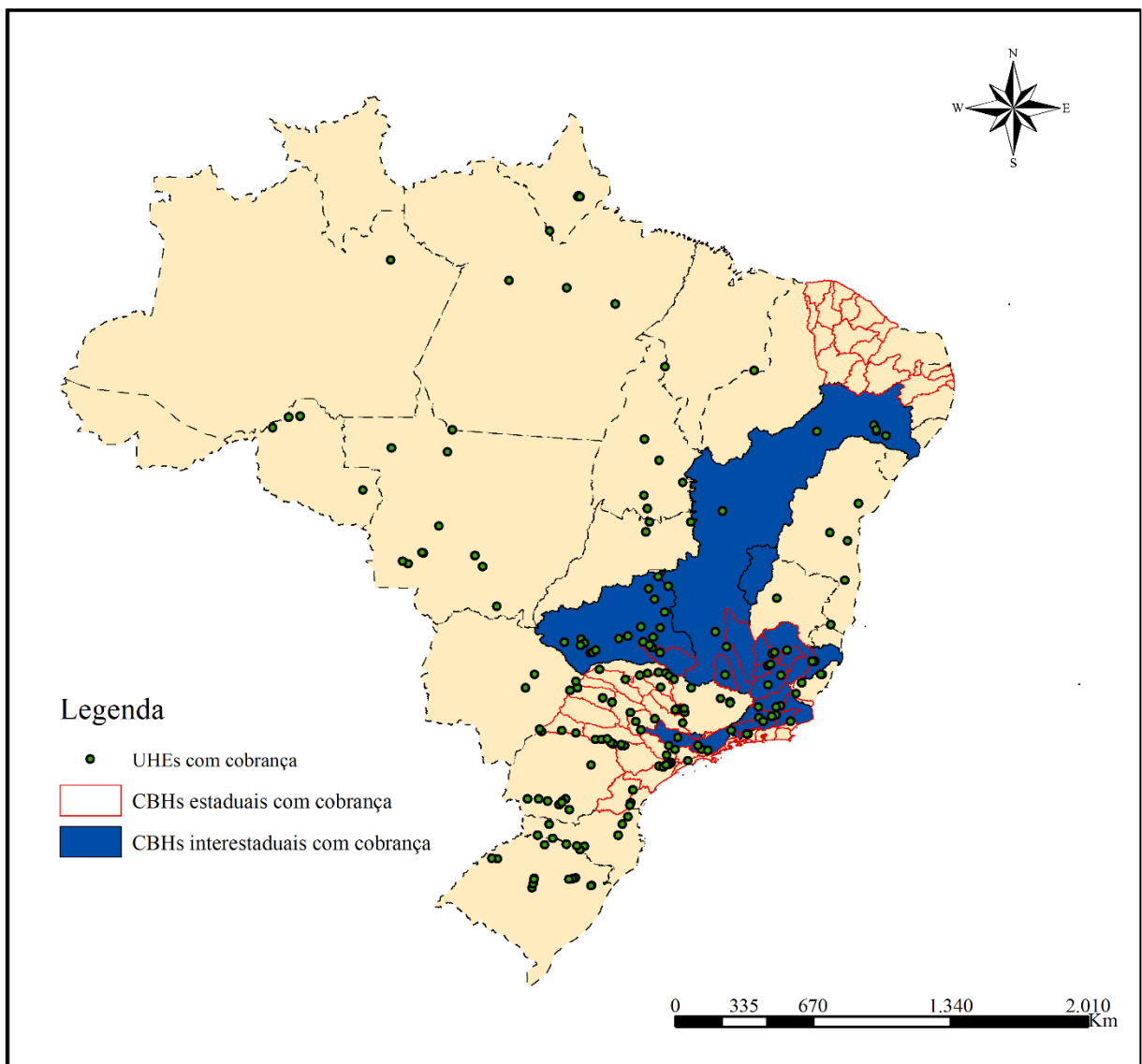
A última etapa é a operacionalização da cobrança. Para iniciar, deve haver manifestação política dos comitês, junto com o desenvolvimento de atividades de integração entre organismos responsáveis pela base de dados, pelos sistemas de arrecadação e pela aplicação dos recursos nas respectivas bacias de origem. Além disso, é necessária regularização dos usos de recursos hídricos por meio do cadastramento de usuários, conforme previsto na Resolução CNRH nº 48.

Como foi descrito acima, a implantação da Cobrança pelo Uso não é simples, pois envolve diversas etapas que abrangem diversas entidades e requer consenso entre diferentes segmentos para dar continuidade no processo. Desse modo, a efetivação da Cobrança pelo Uso no Brasil ainda é incipiente devido à demora na implementação, e ainda há uma grande lacuna.

A Figura 4 apresenta um mapa das áreas onde as cobranças pelo uso dos recursos hídricos foram implementadas até 2020. As implementações da cobrança concentram-se nas regiões Sudeste e

Nordeste, onde há um uso intensivo ou maior escassez de recursos hídricos. No total, existem 6 Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs) interestaduais (Paraíba do Sul, PCJ, São Francisco, Doce, Verde Grande e Paranaíba) e 58 CBHs estaduais que implementaram a cobrança. As 188 usinas hidrelétricas (UHEs), que são os pagadores pelo uso de recursos hídricos, estão mais distribuídas pelo Brasil. Em termos espaciais, ainda existem muitas áreas onde a cobrança pelo uso de recursos hídricos está ausente. No entanto, tem sido cada vez mais crescente a implementação da cobrança nos últimos anos, tendo em vista a crise hídrica cada vez mais frequente. Assim, o estudo sobre esse tema será cada vez mais importante para melhorar a implementação da cobrança de forma mais eficiente.

Figura 4- Cobranças pelo uso de recursos hídricos implementadas no Brasil até 2020



Fonte: elaboração própria a partir das informações do SNIRH.

A cobrança pelo uso de recursos hídricos no setor hidrelétrico segue uma regra diferente do usuário convencional de água. Instituída pela Lei nº 9.984/2000, a cobrança pelo uso de recursos hídricos para exploração do potencial hidráulico do Brasil ocorre por meio da Compensação Financeira pelo Uso de Recursos Hídricos (CFURH ¹²). O valor da arrecadação da Compensação Financeira é calculado como 7% sobre o produto da multiplicação da energia gerada pela Tarifa Atualizada de Referência (TAR), conforme estabelecido pelo Decreto 3.739/2001. A TAR é fixada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Este percentual de 7% não varia por empreendimento ou bacia hidrográfica, sendo uniforme em todo o território brasileiro. Todo o valor arrecadado é destinado ao Ministério do Meio Ambiente para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (ANA, 2019a).

A Figura 5 apresenta os valores cobrados e arrecadados pelo uso de recursos hídricos no Brasil no período de 1996 a 2021, excluindo a arrecadação pelo setor hidrelétrico. De 1996 a 2002, apenas o Ceará praticava a cobrança pelo uso de água, resultando em valores arrecadados totalizando R\$ 125 milhões acumulados (valor corrigido para o ano 2021). Ao longo das últimas duas décadas (2001 a 2021), as bacias hidrográficas interestaduais e estaduais implementaram a cobrança, refletindo um aumento na arrecadação conforme demonstrado no gráfico. Em 2021, a arrecadação atingiu aproximadamente R\$ 572,8 milhões. Somando todos os valores arrecadados de 1996 a 2021, o montante total alcança R\$ 6,1 bilhões, valores estes corrigidos para a referência do ano de 2021.

¹² A CFURH foi instituída pela Lei nº 7.990/1989 e assegura a participação no resultado da exploração de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica pelos Estados, Distrito Federal e Municípios.

Figura 5- Histórico dos valores cobrados e arrecadados pelo uso de recursos hídricos no Brasil de 1996 a 2021 (em milhões de reais e valores corrigidos para 2021)



Fonte: elaboração própria a partir dos dados da ANA¹³.

Nota: arrecadações pelo setor hidrelétrico e Mecanismo Diferenciado de Pagamento (MDP) não estão incluídos.

A crescente preocupação com a qualidade e quantidade das águas tem impulsionado uma maior participação dos usuários nos Comitês de Bacia. No entanto, de acordo com a ANA (2014b), as heranças culturais e institucionais profundamente enraizadas na sociedade e no Estado brasileiro representam grandes obstáculos à plena implementação do instrumento de cobrança pelo uso de água. Mesmo após a introdução desse instrumento, a percepção dos resultados não é imediatamente evidente e, muitas vezes, demorada. Isso levanta questionamentos sobre a efetividade dessas cobranças (ANA, 2014b).

3.2.2.3 Mecanismo da cobrança pelo uso de recursos hídricos

Conforme delineado no processo de implementação da Cobrança pelo Uso, os mecanismos e valores são estabelecidos em conjunto com os representantes dos setores usuários de água nos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH). Inicialmente, esses mecanismos e valores devem seguir

¹³ Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos/cobranca/arquivos-cobranca/CpiadeHistoricoCobrancanoBrasilPeriodo19962021_08.03.2022.xlsx. Acesso em: 02 jun. 2022.

um modelo simples, sendo passíveis de reavaliação e aprimoramento durante a efetivação da Cobrança pelo Uso para melhor atender às necessidades de gestão de cada localidade.

De acordo com Thomas (2002), os mecanismos de Cobrança pelo Uso geralmente consistem em uma base de cálculo, preço unitário e coeficientes multiplicadores, seguindo a seguinte estrutura básica:

Equação 1: *Valor da Cobrança = Base de Cálculo × Preço Unitário × Coeficientes*

O valor da cobrança corresponde ao montante financeiro total da taxa pelo uso de recursos hídricos que o usuário é obrigado a pagar. A base de cálculo é estabelecida em função do volume de água utilizado para captação, consumo, lançamento (ou diluição) e transposição. O preço unitário representa o valor financeiro unitário de um determinado volume de uso de água, alinhado com os objetivos da cobrança como instrumento de gestão. De acordo com Acserald et al. (2019), o preço unitário desempenha um papel central e relevante na determinação do valor final cobrado aos usuários de recursos hídricos. Em situações de maior escassez de água, é esperado que o valor cobrado pelo uso da água seja mais elevado (THOMAS, 2002).

Contudo, é importante observar que os coeficientes, que atribuem pesos de acordo com o tipo de uso, também exercem um impacto significativo no valor final. Esses coeficientes são parâmetros destinados a ajustar os valores de acordo com as particularidades da bacia ou usos específicos (ANA, 2014b; THOMAS, 2002). Em geral, fatores como eficiência no uso de recursos hídricos, classe do usuário e balanço hídrico da região são considerados na determinação dos coeficientes, incentivando a prática de uso racional e sustentável da água.

3.2.3 Caso da transposição do Rio São Francisco (do PISF).

3.2.3.1 *Funcionamento da operação do PISF*

A Resolução ANA nº 2.333/2017 (alterada pela Resolução nº 74/2019) estabelece as condições gerais para a prestação do serviço de adução de água bruta pela Operadora Federal¹⁴ no contexto do PISF. Esse documento, de natureza normativa, aborda diversos aspectos relacionados ao funcionamento do PISF, incluindo definições conceituais, competências, categorias de

¹⁴ Segundo a Resolução ANA nº 74/2019, a Operadora Federal é órgão ou entidade designada como Operadora Federal do PISF. Essa função é atribuída à Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf).

usuários, pontos de entrega das águas do PISF, Plano de Gestão Anual (PGA), faturas e pagamentos, direitos e responsabilidades da Operadora Federal, entre outros.

A Operadora Federal assume a responsabilidade pela operação do sistema e manutenção da infraestrutura do PISF. Seu papel inclui a captação e entrega de recursos hídricos às Operadoras Estaduais nos quatro estados beneficiados: Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Além disso, a Operadora Federal é encarregada de elaborar anualmente o Plano de Gestão Anual (PGA) do PISF. Este documento desempenha um papel crucial como instrumento específico de ajuste contratual, envolvendo a Operadora Federal, as Operadoras Estaduais, os estados beneficiados e o Ministério de Desenvolvimento Regional (MDR). O PGA deve conter informações como o histórico de operação do PISF no ciclo anterior, a distribuição dos volumes mensais disponibilizados aos usuários do PISF, as tarifas a serem praticadas (definidas pela ANA), o valor total a ser arrecadado por cada Operadora Estadual, entre outros. Após a elaboração, o PGA precisa ser aprovado pela ANA (ANA, 2019e).

A Operadora Estadual, apesar de ser classificada como usuária da água do PISF, desempenha um papel crucial na operação das infraestruturas hídricas interligadas ao PISF para a adução de água bruta nos estados beneficiados. Sua responsabilidade inclui a celebração de contratos com a Operadora Federal. Além disso, a Operadora Estadual é encarregada de elaborar o Plano Operativo Anual (POA), que deve conter previsões das vazões máxima, média e mínima a serem utilizadas no ano correspondente, categorizadas por usuário, finalidade de uso e ponto de entrega. Este documento é anualmente enviado à Operadora Federal, fornecendo informações essenciais para a elaboração do PGA (ANA, 2019e).

De acordo com Resolução nº 2.333/2017 da ANA, as categorias de usuários de água do PISF são seguintes:

- a) Operadora Estadual;
- b) Pequeno Usuário: usuário cuja vazão máxima de captação seja estipulada pela Operadora Estadual, limitada a 2,5 litros por segundo;
- c) Sistema Isolado de Abastecimento de Água (SIAA): usuário do PISF caracterizado por sistema de abastecimento de água para comunidades isoladas localizadas na Área Diretamente Afetada – ADA do empreendimento, que compreende uma faixa de 10 km tendo como eixo o traçado dos canais, conforme previsto no licenciamento ambiental;

- d) Usuário Independente¹⁵: usuário do PISF que não se enquadra como Operadora Estadual, Pequeno Usuário, SIAA ou Pequenas Comunidades Agrícolas; e
- e) Pequenas Comunidades Agrícolas: usuário do PISF caracterizado por atividade de irrigação em comunidades agrícolas definidas no licenciamento ambiental.

Para acessar os recursos hídricos do PISF, as categorias de usuários, como Pequenos Usuários, Sistemas Integrados de Abastecimento de Água (SIAAs) e Pequenas Comunidades Agrícolas, devem solicitar autorização de uso das águas à Operadora Estadual, conforme estabelecido no art. 20 da Resolução ANA nº 2.333/2017. Além disso, é necessário obter autorização para a instalação de estrutura de captação de recursos hídricos junto à Operadora Federal (ANA, 2019e). As retiradas de recursos hídricos estão autorizadas apenas para aquelas constantes no PGA após aprovação da ANA (ANA, 2005). É importante observar que os recursos hídricos dos canais e barragens do PISF não são outorgados pela ANA ou pelos estados, uma vez que o PISF já possui uma outorga¹⁶. O Ministério do Desenvolvimento Regional¹⁷ (MDR) detém a outorga pelo direito de uso de recursos hídricos do Rio São Francisco para a execução do PISF, conforme a Resolução ANA nº 411/2005.

3.2.3.2 *Custo do serviço de adução de água bruta do PISF*

A operação da transposição do rio São Francisco é um empreendimento de grande porte, implicando custos elevados para sua operação. Para conduzir as águas do Rio São Francisco, a infraestrutura hídrica do projeto precisa superar um desnível de aproximadamente 170 a 180 metros, percorrendo uma extensão de 260 km de canal no Eixo Norte. Este trecho inclui três estações de bombeamento, 15 reservatórios, oito aquedutos e três túneis. No Eixo Leste, a infraestrutura enfrenta um desnível de cerca de 300 metros, percorrendo 217 km de canal, com seis estações de bombeamento, cinco aquedutos, um túnel, uma galeria e 12 reservatórios (MOLINAS, 2019). O aumento dos custos no fornecimento de água bruta é principalmente

¹⁵ As condições gerais para prestação dos serviços ao Usuário Independente são tratadas em Resolução específica.

¹⁶ Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos/outorga-dos-direitos-de-uso-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 01 mai. 2022.

¹⁷ Inicialmente, a outorga foi dada ao Ministério da Integração Nacional, o ministério antecessor ao MDR.

atribuído aos gastos com energia elétrica para o bombeamento de água, o que pode até comprometer a sustentabilidade financeira¹⁸ do projeto (BRASIL, 2017b).

A metodologia para o cálculo da receita requerida¹⁹ e das tarifas de referência (disponibilidade e consumo) para a prestação do serviço de adução de água bruta do PISF é detalhada na Nota Técnica Conjunta nº 1/2017/COSER/SER/SAS da ANA. A receita requerida é calculada e publicada anualmente com valores ajustados pela ANA. É importante destacar que a receita requerida é uma estimativa, considerando a operação ao longo do ano. Portanto, o valor efetivo a ser pago pelo serviço do PISF sofrerá alterações de acordo com a data de início da operação comercial do PISF.

A receita requerida deve abranger um valor suficiente para garantir a eficiência operacional do projeto. Portanto, não se resume apenas ao valor dos recursos hídricos, sendo composta por diversos elementos relacionados ao serviço de adução de água, resultando em custos elevados. Dessa forma, os custos para o serviço de adução da água da transposição do PISF são definidos da seguinte maneira (ANA, 2017c):

Equação 2: $RR = CF + CV + CA + DA + TA + IM + DEP$

Onde:

RR: Receita Requerida;

CF: Custos Fixos. Custos decorrentes mesmo quando não há bombeamento pelo PISF. A cobrança pelo uso de recursos hídricos entra nesta categoria, pois de acordo com o artigo 21 do Decreto Federal nº 5.995/2006 essa cobrança deve ser considerada na tarifa do projeto para fins de Receita Requerida (ANA, 2017c);

CV: Custos Variáveis. Custos adicionais quando ocorre bombeamento pelo PISF;

CA: Custos Ambientais. Custos de implementação de programas ambientais definidos pelo Ibama;

¹⁸ A sustentabilidade financeira refere-se à capacidade contínua do projeto de captar recursos financeiros suficientes para cobrir seus custos operacionais, investimentos e manutenção ao longo do tempo. Isso implica em criar uma estrutura econômica sólida e estratégias que garantam a viabilidade financeira a longo prazo, assegurando a independência e continuidade do projeto.

¹⁹ A receita requerida refere-se à receita anual necessária para cobrir os custos de operação e manutenção eficientes do projeto pela Operadora Federal, não incluindo a amortização dos investimentos feitos pela União.

DA: Despesas Administrativas. Despesas incorridas pela Operadora Federal com pessoal, material, aquisições de serviços e entre outros;

TA: Taxa de Administração. Remuneração cobrada pela Operadora Federal pelo serviço de adução de água bruta;

IM: Impostos. Impostos e contribuições incidentes sobre a prestação de serviços de adução de água bruta pelo PISF; e

DEP : Depreciação. Depreciação referente aos investimentos realizados pela Operadora Federal.

As planilhas de cálculo da tarifa do PISF detalham a receita requerida e as tarifas praticadas pelo PISF para cada ano entre 2018 e 2023. A Tabela 2 apresenta os valores a serem pagos pela operacionalização do PISF em 2023. Em um cenário de transferência contínua de água, conforme o bombeamento previsto no PGA, os custos de energia elétrica (fixo e variável) e operação e manutenção representam uma parcela significativa, totalizando aproximadamente 33,8% e 36,6% do valor total, equivalentes a R\$ 85 milhões e aproximadamente R\$ 92 milhões, respectivamente. Por outro lado, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos corresponde a apenas 7,2% do montante total. Observa-se que o valor dos recursos hídricos em si é relativamente baixo em comparação com os custos operacionais do PISF, totalizando aproximadamente 18 milhões de reais.

Tabela 2- Receita requerida do PISF referente ao 2023

Componentes (custo fixo)	Valor	Percentual
Operação e Manutenção	R\$ 91.956.503,65	36,6%
Custos Ambientais	R\$ 26.673.344,68	10,6%
Fundo de Reposição de Ativos	R\$ 6.790.601,19	2,7%
Despesas Administrativas	R\$ 19.644.746,48	7,8%
Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos	R\$ 18.004.880,02	7,2%
Energia Elétrica - Parcela Fixa	R\$ 19.304.001,54	7,7%
Taxa de Administração - Parcela Fixa	R\$ 3.151.571,93	1,3%
Depreciação	R\$ 209.423,20	0,1%
Componentes (custo variável)	-	-
Energia Elétrica - Parcela Variável	R\$ 65.780.193,78	26,2%
Taxa de Administração - Parcela Variável	R\$ -	0,0%
Total	R\$ 251.515.266,47	100,0%

Fonte: elaboração própria a partir da planilha do cálculo da tarifa da ANA.

Conforme estabelecido pelo Art. 40 da Resolução ANA nº 2.333/2017, as faturas relacionadas às Tarifas de Disponibilidade, de Consumo de água bruta e outros serviços prestados serão emitidas pela Operadora Federal e deverão ser quitadas pela Operadora Estadual. A receita requerida para o ano de 2023 foi estipulada em R\$ 274,78 milhões. Dessa forma, esse montante a ser pago é distribuído entre as Operadoras Estaduais, representando os quatro estados beneficiados pelo PISF (ANA, 2023b).

A porção da receita requerida é cobrada proporcionalmente à vazão demandada por cada estado. Cada estado deve arcar com sua parte correspondente da tarifa de disponibilidade, que é calculada como a diferença entre as vazões disponibilizadas e aquelas a que teriam direito na repartição da vazão outorgada, conforme estabelecido no art. 18 da Resolução ANA nº 2.333/2017, subtraindo-se as perdas hídricas. A União, por sua vez, assume os valores adicionais dessa tarifa de disponibilidade, garantindo que a Operadora Federal tenha os recursos necessários para executar o serviço de adução de água bruta (ANA, 2021a).

A Tabela 3 apresenta a repartição da receita requerida, detalhando os valores correspondentes ao rateio dos custos fixos e variáveis da transposição entre a União e os estados, conforme estabelecido pelas Resoluções da ANA de 2018 a 2023. Em 2018, apenas o Eixo Leste do PISF tinha a capacidade de entregar água, resultando na repartição da receita requerida de aproximadamente R\$ 290,8 milhões entre Paraíba, Pernambuco e a União. Entre 2019 e 2021, somente o estado do Rio Grande do Norte não teria a possibilidade de receber água da transposição, e, portanto, a repartição foi feita entre os demais estados beneficiados do PISF, além da União.

No ano de 2019, a estimativa da receita requerida para o Ceará atingiu o valor de R\$ 295,9 milhões, sendo um montante elevado em relação aos demais estados ou anos. A principal razão para esse valor mais elevado foi a alta demanda de água no PGA 2019, que alcançou a ordem de 378 milhões de m³, enquanto nos anos subsequentes foram aproximadamente 81,4 milhões de m³ em 2020 e 118,3 milhões de m³ em 2021. Essa variação na demanda contribuiu para as diferenças nos valores da receita requerida entre os estados e ao longo dos anos (ANA, 2021a).

Quando havia diferença entre os valores a serem pagos pelos estados em operação comercial e o montante necessário à Operadora Federal para executar o serviço de adução de água bruta do PISF, a União era responsável por uma parcela do pagamento devido à impossibilidade de receber o volume total da água, conforme previsto no artigo 18 da Resolução 2.333/17, devido à não conclusão das obras. Assim, entre os anos 2018 e 2021, período em que a obra não estava

concluída, a União teve que arcar com parte dos custos. A partir de 2022, a União deixou de participar no custeio da operação do PISF, conforme a Nota Técnica da ANA.

Tabela 3- Repartição do valor anual da Receita Requerida para a prestação do serviço de adução de água bruta do PISF referente ao 2018 a 2023 (em R\$)

Pagante	2018	2019	2020	2021	2022	2023
CE	-	295.930.861	97.720.412	118.968.767	131.814.075	92.982.500
PB	154.022.389	90.061.625	97.680.822	90.549.774	112.137.742	77.694.876
PE	24.725.341	17.213.312	40.343.731	13.773.365	69.633.938	82.485.654
RN	-	-	-	-	18.309.963	21.617.398
União	112.047.443	30.060.044	41.964.429	56.253.191	-	-
Total	290.795.173	433.265.842	277.709.393	279.545.097	331.895.717	274.780.429

Fonte: elaboração própria a partir das informações da Resolução ANA (2018b; 2019c; 2020b; 2021a; 2022; 2023).

Em relação às tarifas pelo uso de recursos hídricos do PISF, a ANA desempenha o papel de definir os valores dessas tarifas, regulamentando o serviço de adução de água bruta do PISF, conforme estabelecido pela Lei nº 12.058/2009. Anualmente, a ANA publica uma resolução com os valores atualizados dos preços unitários considerados no cálculo da cobrança pelo uso de recursos hídricos no âmbito do PISF.

A tarifa é dividida em duas categorias: disponibilidade e consumo. A tarifa de disponibilidade refere-se à tarifa decorrente da disponibilização de água para as Operadoras Estaduais, destinada a cobrir os custos fixos da receita requerida, sendo cobrada independentemente do uso. Por sua vez, a tarifa de consumo refere-se à tarifa decorrente do consumo efetivo de água pelas Operadoras Estaduais, destinada a cobrir os custos variáveis da receita requerida, sendo cobrada em função do volume fornecido nos Pontos de Entrega do PISF (ANA, 2017c).

As tarifas de disponibilidade e consumo são estimadas pela ANA anualmente, e os cálculos são definidos da seguinte forma (ANA, 2017c):

$$\text{Equação 3: Tarifa de Disponibilidade} = \frac{\text{Parcela Fixa da Receita Requerida}}{(\text{volume outorgado} - \text{perdas admissíveis})}$$

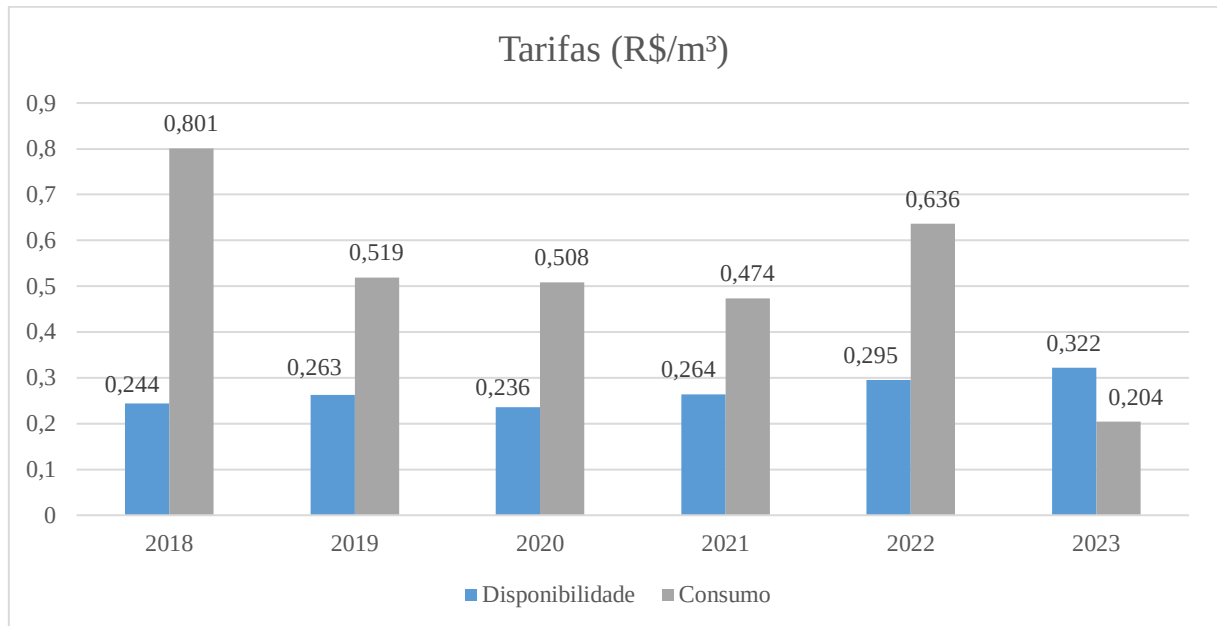
$$\text{Equação 4: Tarifa de Consumo} = \frac{\text{Prcela Variável da Receita Requerida}}{\text{Volume PGA}}$$

O volume outorgado corresponde à vazão total outorgada de 26,4 m³/s, distribuída entre 16,4 m³/s no Eixo Norte e 10 m³/s no Eixo Leste, conforme estabelecido pela Resolução ANA nº 411/2005. O volume previsto no PGA é o somatório dos volumes estabelecidos no Plano de Gestão Anual. As perdas admissíveis incluem perdas físicas e não físicas, como usos não autorizados, erros de medição e usos autorizados não faturados, sendo admitidas pelo regulador para incorporação na tarifa. Portanto, a vazão de 19,98 m³/s é utilizada no cálculo da tarifa de disponibilidade, levando em consideração a subtração das perdas hídricas da vazão total outorgada (ANA, 2017c, 2018a, 2019c, 2020b, 2021a, 2022a, 2023a).

Os valores de receita requerida apresentados anualmente referem-se ao ano completo, mas esses valores podem ser ajustados com base na data de início da operação comercial do sistema. Portanto, a definição do valor unitário das tarifas de disponibilidade e consumo é crucial para calcular os valores efetivamente pagos pelos estados receptores posteriormente (ANA, 2021a).

A Figura 6 ilustra o gráfico dos valores unitários das tarifas de disponibilidade e consumo pelo uso de recursos hídricos do PISF referente aos anos de 2018 a 2023. A tarifa de disponibilidade varia entre R\$ 0,244/m³ e R\$ 0,322/m³, mantendo-se relativamente constante com pequenas oscilações entre os anos de 2018 e 2021. A partir de 2020, no entanto, observa-se uma tendência de aumento ao longo dos anos. Por outro lado, a tarifa de consumo apresentou uma queda constante entre 2018 e 2023, com exceção do ano de 2022. O valor de tarifa de consumo era de R\$ 0,801/m³ em 2018, enquanto em 2021 atingiu R\$ 0,204/m³, representando uma redução de aproximadamente 74,53%.

Figura 6- Histórico das Tarifas de Disponibilidade e Consumo pelo uso de Recursos Hídricos do PISF de 2018 a 2023 em R\$/m³*



Fonte: Elaboração própria a partir das informações das Resoluções ANA.

Nota *: preços em valores nominais.

O cálculo do valor de cobrança pelo uso de recursos hídricos no PISF apresenta uma estrutura similar à forma geral indicada por (THOMAS, 2002), e é calculado da seguinte maneira (ANA, 2017c):

$$\text{Equação 5: } Valor_{cap} = Q_{cap} \times PPU_{cap} \times K_{cap}$$

Onde: $Valor_{cap}$ é valor anual de cobrança pela captação de água, em R\$/m³; Q_{cap} é volume anual de água captado, em m³/s, segundo valores da outorga; PPU_{cap} é preço público unitário para captação superficial de água, em R\$/m³; e K_{cap} é coeficiente que serve de ajuste para atingir objetivos específicos mediante a cobrança pela captação de água. Como o PISF opera apenas com captação de água, não há cálculo de cobrança referente ao uso de água para consumo e efluente.

4 METODOLOGIA

A oferta de água pode gerar impactos econômicos diretos e indiretos sobre a renda, o emprego, produção e bem-estar. Portanto, a escolha de um método capaz de capturar os efeitos diretos e indiretos do aumento da oferta hídrica e sua precificação é crucial para atingir os objetivos

propostos desta tese. O método de equilíbrio geral computável destaca-se como uma abordagem econômica que possui essa característica, sendo, portanto, a metodologia escolhida para o estudo em questão.

Os modelos de EGC têm suas bases na teoria microeconômica de equilíbrio geral, em que o equilíbrio nos mercados é determinado pela estrutura formal da economia real (FERREIRA FILHO, 2011). Esses modelos requerem a normalização do sistema de preços por meio da escolha de um numerário apropriado, uma vez que determinam apenas a alteração nos preços relativos (DOMINGUES, 2002; HADDAD, 2018).

Para alcançar o objetivo da tese, que visa avaliar os impactos econômicos da transposição do rio São Francisco no semiárido Nordeste e efeitos de precificação da água, será desenvolvido um modelo de EGC, incorporando o insumo primário água a partir de regionalização específica para o Semiárido do Nordeste.

4.1 Aplicação do modelo de EGC para avaliar questões hídricas

A crescente conscientização sobre os desafios relacionados à quantidade e qualidade da água tornou evidente a necessidade de considerar os recursos hídricos como um bem econômico vital para a produção. Esse reconhecimento é impulsionado pelo aumento populacional, crescimento econômico e as complexidades adicionais trazidas pelas mudanças climáticas (ZHU, 2015). Portanto, a incorporação da água como um insumo produtivo na modelagem econômica é fundamental quando se trata de questões relacionadas a esse recurso.

Na literatura internacional, diversos estudos econômicos empregam modelos de EGC para abordar questões relacionadas à água. Estes estudos englobam temas como precificação ou taxaço do uso de água (BERRITTELLA et al., 2008; DIAO et al., 2008; QIN et al., 2012), restrição ou alocação de recursos hídricos (BERRITTELLA et al., 2007; DIAO; ROE; DOUKKALI, 2005; JUANA; STRZEPEK; KIRSTEN, 2010; SEUNG et al., 2000), impactos das mudanças climáticas (CALZADILLA et al., 2013; YOU; RINGLER; OTHERS, 2010), entre outros. Essas pesquisas oferecem contribuições significativas para o entendimento e a gestão sustentável dos recursos hídricos em diferentes contextos econômicos e ambientais.

As diversas abordagens desses modelos destacam a inexistência de uma única maneira de incorporar o uso de água na economia. Alguns incorporam a água de maneira implícita no modelo, enquanto outros o fazem de forma explícita. Por exemplo, no estudo de Seung et al.

(2000), a água está associada à quantidade de terra cultivável, sendo sua redução vinculada à diminuição da área agrícola. Na abordagem de Horridge, Madden e Wittwer (2005), capturou-se o impacto da seca na Austrália em 2002-2003 por meio da queda na produtividade agropecuária. Em contraste, Juana, Strzepek e Kirsten (2010) consideram a água como um novo fator primário, juntamente com capital e trabalho, em uma estrutura de produção do tipo CES (*Constant Elasticity of Substitution*), com exceção do capital, que assume uma proporção fixa. A água e o trabalho têm livre mobilidade entre setores nessa abordagem.

Em relação aos modelos EGC existentes que incorporam explicitamente o uso de água em sua modelagem, podem ser destacados os seguintes modelos:

O modelo GTAP-W (BERRITTELLA et al., 2007; CALZADILLA; REHDANZ; TOL, 2011): é uma extensão do modelo GTAP (HERTEL, 1997) para a economia global. Suas principais características incluem a capacidade de substituição entre irrigação e outros fatores primários na modelagem, bem como a distinção entre agricultura de sequeiro e irrigada, com remuneração diferenciada da terra entre os dois tipos de agricultura. Em relação à base de dados de água, foram utilizados os dados do modelo IMPACT (ROSEGRANT; CAI; CLINE, 2002), que fornecem informações sobre o volume físico de água irrigada por cultivo e por país, além de dados sobre o uso da terra entre agricultura irrigada e de sequeiro. Assumindo a hipótese de que o valor da água está incorporado na remuneração da terra na agricultura irrigada, o valor da remuneração da terra na agricultura foi estimado aplicando uma divisão sobre o valor total da remuneração da terra da base de dados do GTAP. Essa divisão utilizou a participação de cada tipo de uso da terra (irrigação, terra irrigável, terra de sequeiro e pastagem) com base nos dados do modelo IMPACT.

O modelo TERM-H2O (WITTEWER et al., 2012): é uma adaptação do modelo TERM dinâmico aplicado à economia regional australiana, com foco detalhado no uso monetário da água (irrigação) por região, especialmente no setor agropecuário. A função de produção do setor agrícola e pecuário é definida seguindo uma função Leontief que incorpora insumos intermediários e fatores primários. Os fatores primários incluem capital, trabalho e terra operacional, organizados dentro de uma estrutura CES. A componente de terra operacional abrange a mão de obra do operador (agricultor e família) e a terra total, que é uma combinação de terra efetiva e forragem, sendo relevante para os setores pecuários de sequeiro, refletindo a ideia de que menos terras é necessária para manter o gado se mais forragens forem utilizados. Dentro da componente de terra efetiva, a terra irrigada, a terra irrigável não irrigada e a terra de sequeiro são integradas em uma função CES. Enquanto a terra não irrigável e a terra de sequeiro

são relevantes para a agricultura de sequeiro, a terra irrigada é essencial para as operações irrigadas. No nível mais baixo da estrutura CES, a terra irrigada é modelada como uma combinação Leontief de terra irrigável, não irrigada e água de irrigação, incorporando os recursos hídricos na base da estrutura de produção aninhada. Em relação aos dados de água, o valor monetário da água foi calculado com base no preço inicial da água (estimado a partir do preço médio observado) multiplicado pelo volume estimado de uso da água. Pressupõe-se que esse valor da água está incorporado no EOB (Excedente Operacional Bruto) do setor agropecuária na base de dados do modelo TERM, e por isso os retornos dos fatores primários foram ajustados para incluir o custo da água nos setores irrigados.

O modelo ConAgua (CIASCA, 2023): é um modelo EGC nacional para a economia brasileira adaptado do BeGreen (MAGALHÃES, 2013), com a inclusão da água como fator primário na produção, diferenciando-se ao considerar a questão de cobrança pelo uso da água na modelagem. Nesse modelo, todos os setores da economia utilizam a água quando há consumo²⁰. As informações sobre o uso setorial de água em termos de valor monetário foram construída a partir dos dados da ANA sobre o valor arrecadado com a cobrança de uso de água no Brasil em 2015, por grande setores. Para desagregar esses dados ao nível setorial mais detalhado, estimou-se a demanda pelo uso de água de cada setor e distribuiu-se o valor arrecadado de acordo com a participação de cada setor.

Apesar da diversidade nas abordagens do tema, há uma abordagem mais recorrente no tratamento da água em modelo EGC. Geralmente, a água é modelada como um fator primário, juntamente com capital e trabalho. O setor agrícola recebe maior atenção na especificação, dada sua importância como principal demandante de recursos hídricos no processo produtivo. No entanto, Ponce, Bosello e Giupponi (2012) criticam essa tendência de detalhamento apenas no setor agrícola, argumentando que é possível incluir mais detalhes nos demais setores produtivos com os dados disponíveis atualmente. Assim, esta tese tem como objetivo incorporar o uso de água em todos os setores da economia brasileira, seguindo a abordagem de Ciasca (2023), porém aplicando-se a um modelo EGC regional. Este último aspecto (inclusão de valor monetário da água em modelo EGC regional) representa uma novidade na literatura de modelos EGC para a economia brasileira.

²⁰ O consumo de água é definido como volume de água retirada menos o volume de água devolvido ao meio ambiente. Portanto, um setor como o de energia hidrelétrica, que tem valor da retirada da água igual ao valor de retorno, não consome a água.

No Brasil, os estudos econômicos sobre recursos hídricos utilizando o modelo de EGC são relativamente recentes e ainda escassos. Um destaque nesse contexto é o estudo de Rocha (2022), que analisou os impactos econômicos da mudança na disponibilidade hídrica causada pelas mudanças climáticas no Brasil. O autor integrou o modelo de EGC Inter-regional com a modelagem hidroclimática. Essa modelagem captura os efeitos da temperatura e precipitação sobre a disponibilidade hídrica. Os resultados dessa modelagem, juntamente com dados da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), fornecem informações para calcular os custos de acesso à água, representados como choques na simulação. Seu modelo EGC, denominado BMARIA-H2O, possui 67 setores, 12 regiões das bacias hidrográficas brasileiras e inclui um módulo dedicado à água. Esse módulo calcula a demanda hídrica em termos de volume físico, tanto de água bruta quanto de água para serviços de abastecimento. As simulações projetaram dois cenários de mudanças climáticas do quinto relatório do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*): RCP 4.5 (cenário menos pessimista) e RCP 8.5 (cenário mais pessimista), analisando os impactos da restrição hídrica causada pela mudanças climáticas na economia brasileira. Os resultados das simulações indicam uma redução do PIB de R\$ 12,3 bilhões no cenário realista e R\$ 29,7 bilhões²¹ no cenário pessimista. Um dos fatores que contribuíram para esse resultado negativo foi o aumento dos preços devido à baixa substituíbilidade da água na maioria dos setores usuários de recursos hídricos.

Ferrarini (2017) realizou uma análise do impacto das expansões da agricultura irrigada regional sobre o uso setorial de água no Brasil, utilizando o modelo de EGC inter-regional denominado TERM-BR. Este estudo foi pioneiro no Brasil ao incorporar no modelo uma matriz de uso de água compatível com a Matriz de Insumo-Produto do Brasil, abordando explicitamente a questão da demanda de água setorial e regional. Os resultados indicaram que os efeitos mais notáveis sobre a demanda de água, decorrentes das expansões das áreas irrigadas no país, seriam nas culturas de cana-de-açúcar (+2.940 milhões de m³) e arroz irrigado (+1.808 milhões de m³). Em termos regionais, o Mato Grosso experimentaria um aumento de 92,56% (+612.380 hectares) no uso da água no estado.

Magalhães, Domingues e Ciasca (2019) desenvolveram um modelo de EGC que incorpora um módulo de água chamado AQUA-BR. Semelhante ao autor anterior, foram associados dados de fluxos monetários e realizada a estimação dos fluxos físicos de retirada e consumo de água por produto, utilizando coeficientes técnicos. O estudo realizou simulações hipotéticas de

²¹ Referente ao valor monetário de 2015.

aumento de 1% nas exportações e 1% no consumo das famílias separadamente, com o objetivo de comparar qual desses cenários geraria uma maior expansão no consumo de água. Os resultados indicaram assimetria no uso da água entre diferentes demandas (exportação e consumo). O aumento das exportações resultou em maior consumo de água na agropecuária e na cadeia minero-metalúrgica. Por outro lado, o aumento no consumo das famílias pressionou um aumento no consumo de água nos setores "eletricidade e gás" e "água e esgoto".

Magalhães et al. (2017) projetaram o impacto econômico de restrições na oferta de água por meio de elevações de preços, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Eles desenvolveram um modelo de EGC chamado MINAS-Água, que desagrega o setor "Água e Saneamento" na base de dados do modelo por municípios da região. No entanto, não houve alteração na estrutura teórica do modelo para incorporar a água como insumo produtivo. Os resultados indicam que, para uma redução de 1% no consumo total de água, seria necessária uma elevação média de 7,3% nos preços da água. Assim, para obter uma queda significativa no consumo de água, seria necessário um aumento significativo nas tarifas de uso da água.

Segundo Zhu (2015), a economia desempenha um papel cada vez mais importante na gestão da quantidade e qualidade dos recursos hídricos. Se aplicadas adequadamente, as modelagens econômicas podem evitar investimentos hídricos economicamente ineficientes, reduzir danos ambientais e auxiliar no gerenciamento eficiente e justo dos recursos hídricos (CONVERY, 2013). Esta breve revisão de literatura destaca a viabilidade de estudos sobre o uso da água na economia. Além disso, os modelos de EGC são capazes de capturar os efeitos das variações na disponibilidade hídrica e na demanda por água (GRIFFITH, 2012). De acordo com Ferrarini (2017), essa metodologia apresenta vantagens para avaliar projetos relacionados aos recursos hídricos, como redução ou aumento na disponibilidade de água (por exemplo, construção de reservatórios, períodos de seca). Portanto, um modelo de EGC inter-regional é considerado um instrumento adequado para a análise do problema proposto.

4.2 Características gerais do Modelo Aqua-land

O modelo desta tese, Aqua-land, adota a estrutura de EGC multirregional do tipo Johansen, utilizando um método de solução linearizado e apresentando os resultados em forma de variações percentuais. Essa estrutura tem origem na tradição australiana de modelagem de equilíbrio geral e é amplamente empregada em modelos EGC no Brasil, como B-MARIA (HADDAD, 2004), SPARTA (DOMINGUES, 2002), IMAGEM-B (CEDEPLAR/UFMG) e

BeGreen (MAGALHÃES, 2013). Além disso, os resultados seguem a abordagem bottom-up, em que as conclusões nacionais são derivadas das agregações dos resultados regionais.

A estrutura teórica do modelo parte do modelo australiano TERM (The Enormous Regional Model). O TERM foi desenvolvido pelo CoPS (*Centre of Policy Studies*) da *Victoria University* na Austrália para facilitar simulações mais rápidas envolvendo um grande número de regiões e setores desagregados. Essa eficiência é alcançada por meio de uma estrutura de dados compacta, derivada de várias hipóteses simplificadoras (HORRIDGE, 2012). Desde 2006 o NEMEA (Núcleo de Estudos em Modelagem Econômica e Ambiental Aplicada do Cedeplar-UFMG) constrói modelos para o Brasil a partir do TERM, tendo desenvolvido os métodos de calibragem específicos para a economia brasileira.

De maneira geral, os conjuntos de equações presentes no modelo compõem relações de demanda e oferta, fundamentados na hipótese de otimização e nas condições de equilíbrio de mercado. Isso inclui a definição de agregados nacionais, como taxa de emprego, PIB, saldo comercial, investimentos, entre outros, dentro desse conjunto de equações do modelo. Os setores produtivos baseiam suas decisões na minimização de custos de produção, sujeitos a uma tecnologia com retornos constantes de escala. Por sua vez, os consumidores fazem suas escolhas de bens buscando a maximização de utilidade, sujeitos a uma restrição orçamentária.

As principais características do modelo Aqua-land são: a) a especificação regional em 22 regiões de maneira a capturar melhor a região semiárida do Nordeste e as regiões beneficiadas pelo PISF; b) dinâmica recursiva e inclusão de um módulo de uso de terra e água como um fator primário; e c) maior desagregação do setor agrícola (18 setores), em contrapartida, maior agregação nos demais setores industriais e de serviços.

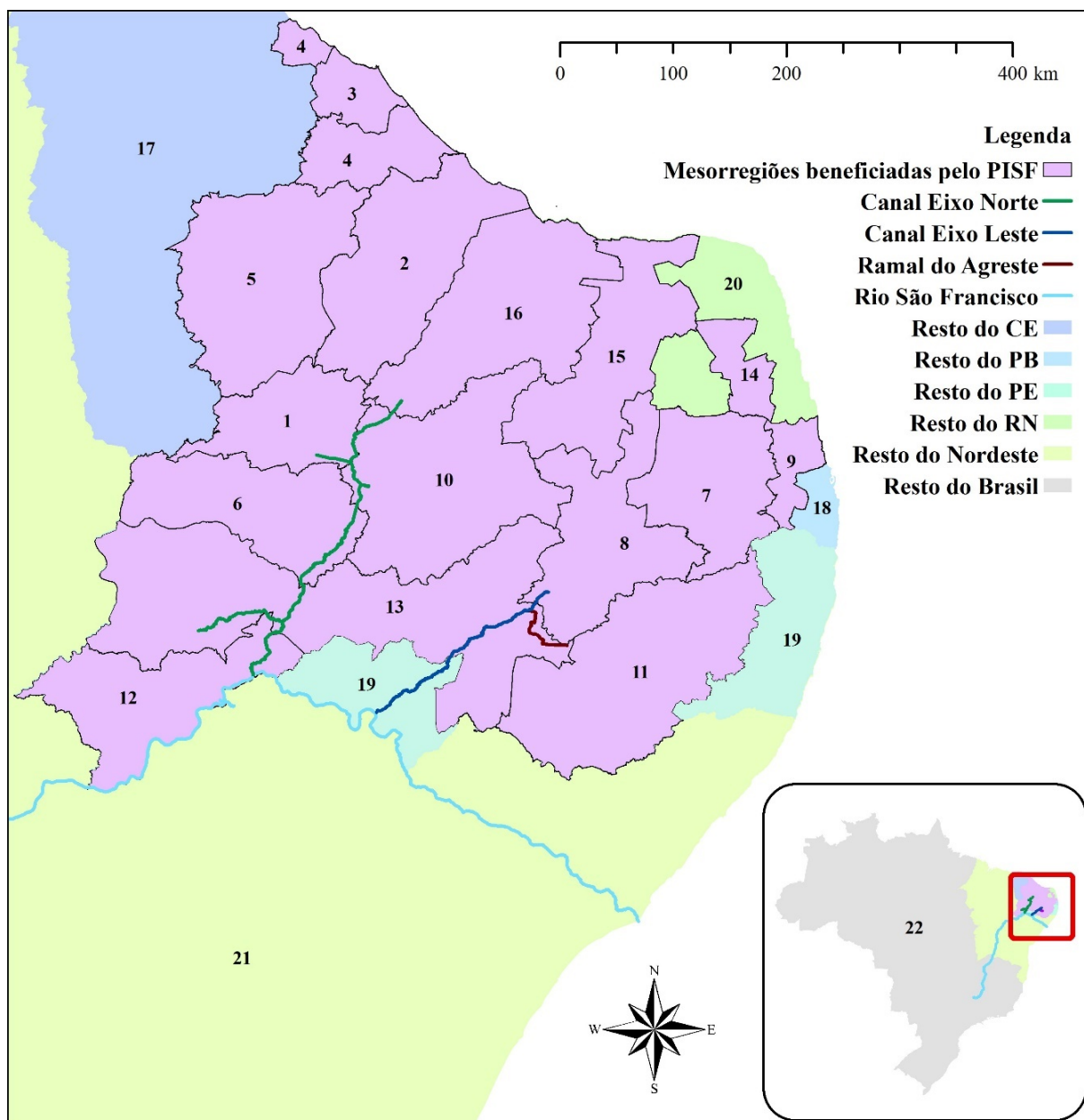
O modelo Aqua-land possui 22 regiões. A seleção das regiões foi feita seguindo os seguintes passos:

- a) Primeiramente, a partir dos dados da Atlas Água 2021 – PISF (ANA, 2021), foram selecionados as microrregiões que contém os municípios serão beneficiados pelo PISF, resultando em 65 microrregiões. Foram selecionados também restante dos estados beneficiados pelo PISF (CE, PB, PE e RN), restante do Nordeste e restante do Brasil. Resultando em 71 regiões.

- b) 65 microrregiões escolhidos na etapa anterior foram agregados em nível mesorregional, reduzindo a quantidade de regiões em 16 regiões. No final, 16 mesorregiões²² beneficiados pelo PISF, mais 4 regiões restante dos estados de CE, PB, PE e RN, mais restante do Nordeste e restante do Brasil, totalizando 22 regiões no final. A Figura 7 ilustra em mapa a regionalização do modelo e a Tabela 4 apresenta a legenda da regionalização do modelo. As regiões 8, 10 e 13 do modelo são beneficiadas pelos dois canais do PISF: Canal Eixo Norte e Canal Eixo Leste. Já as regiões beneficiadas exclusivamente pelo Canal Eixo Norte do PISF no modelo são 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 14, 15 e 16. No que diz respeito ao Canal Eixo Leste, as regiões são 7, 9, 11. De acordo com a regionalização do modelo, observa-se que a água da transposição seria direcionada principalmente para a maioria das regiões do modelo pelo Canal Eixo Norte. As demais regiões (17 a 22) não recebem as águas da transposição.

²² Na verdade, essas regiões não são equivalentes ao tamanho da mesorregião, pois foram agregados a partir apenas de microrregiões que foram beneficiadas pelo PISF.

Figura 7- Regionalização do modelo Aqua-land



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4- Legenda da regionalização do modelo

UF	Nº	Regiões	UF	Nº	Regiões
CE	1	Centro-Sul Cearense	PE	12	São Francisco Pernambucano
CE	2	Jaguaribe	PE	13	Sertão Pernambucano
CE	3	Metropolitana de Fortaleza	RN	14	Agreste Potiguar
CE	4	Norte Cearense	RN	15	Central Potiguar
CE	5	Sertões Cearenses	RN	16	Oeste Potiguar
CE	6	Sul Cearense	PE	17	Resto do Ceará
PB	7	Agreste Paraibano	CE	18	Resto do Paraíba
PB	8	Borborema	PB	19	Resto do Pernambuco
PB	9	Mata Paraibana	RN	20	Resto do Rio Grande do Norte
PB	10	Sertão Paraibano	-	21	Resto do Nordeste
PE	11	Agreste Pernambucano	-	22	Resto do Brasil

Fonte: Elaboração própria.

A desagregação setorial do modelo deu dada prioridade aos setores agrícolas nos quais a produção é mais sensível à quantidade de água disponível. Além disso, foram selecionados os cultivos mais representativos na região Nordeste. A Tabela 5 detalha os setores do modelo.

Tabela 5- Configuração setorial do modelo

Nº	Setor	Nº	Setor
1	Outras lavouras temporárias	22	Aves e ovos
2	Milho em grão	23	Exploração florestal e silvicultura
3	Cana-de-açúcar	24	Pesca e aquicultura
4	Abacaxi	25	Indústria extrativa
5	Mandioca	26	Carne de bovinos e outros produtos de carne
6	Melão	27	Carne de outros animais
7	Feijão	28	Açúcar
8	Tomate	29	Alimentos, bebidas e fumo
9	Melancia	30	Têxteis e couro
10	Outras lavouras permanentes	31	Madeira, celulose e papel
11	Banana	32	Devidados de petróleo
12	Uva	33	Etanol e outros biocombustíveis
13	Manga	34	Outras indústrias de transformação
14	Coco-da-baia	35	Eletricidade, gás e outras
15	Castanha de Caju	36	Água e esgoto
16	Goiaba	37	Construção
17	Maracuja	38	Comércio
18	Mamão	39	Transporte de carga
19	Bovinos e outros animais	40	Outros Serviços
20	Leite de vaca e de outros animais	41	Serviço público
21	Suínos		

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do modelo.

A construção da base de dados, as modificações nas equações do modelo e a execução das simulações foram realizadas utilizando o software de modelagem econômica GEMPACK (HORRIDGE et al., 2018), desenvolvido pelo CoPS. As rotinas desenvolvidas no NEMEA para outros modelos foram adaptadas para o modelo desta tese

4.2.1 Módulo de uso da terra

O módulo de uso da terra incorporado no modelo beneficia a capacidade analítica, permitindo capturar como a variação de uso de água pode afetar o uso de área na agricultura. A modelagem consiste na adoção da terra como um dos fatores primários como capital e trabalho, porém com mecanismo diferente. O fator terra é demandado apenas pelo setores da agricultura, pecuária e silvicultura (os usuários da terra para sua produção), e a quantidade alocada da terra é determinada endógenamente para cada região, mantendo fixa a área total. Desse modo, o modelo se torna capaz de capturar as mudanças diretas e indiretas do uso da terra. Maior detalhe sobre a modelagem do módulo de uso da terra pode ser encontrado em Carvalho (2014), Carvalho, Domingues e Horridge (2017), Ferreira Filho e Horridge (2014; 2012).

O módulo de uso da terra no modelo de EGC já é difundido em diversos estudos como no modelo desenvolvido por Ferreira Filho e Horridge (2014; 2012), no modelo REGIA (CARVALHO, 2014; CARVALHO; DOMINGUES; HORRIDGE, 2017), no modelo BLUE (FARIA, 2012) e no modelo BLUME (SOUZA, 2022). Em geral, os estudos utilizam o módulo de uso da terra para capturar impacto no desmatamento devido à expansão da lavoura (agricultura) e/ou do pasto (pecuária) resultante de alguma política.

A construção do módulo de uso da terra neste trabalho segue a mesma estrutura teórica dos modelos de Carvalho (2014) e de Souza (2022), ambos desenvolvidos no NEMEA (Núcleo de Estudos em Modelagem Econômica e Ambiental Aplicada) do Cedeplar-UFMG.

No modelo, o módulo de uso da terra considera 4 tipos de uso: Lavoura (setor de agricultura), Pasto (setor de pecuária), Floresta Plantada (setores de exploração florestal e silvicultura) e Floresta Natural e Demais Usos (todas as demais áreas não utilizadas nos três primeiros setores). A Tabela 6 apresenta a descrição das correspondências do uso da terra com setores do modelo.

Tabela 6- Correspondência do uso da terra com setores do modelo

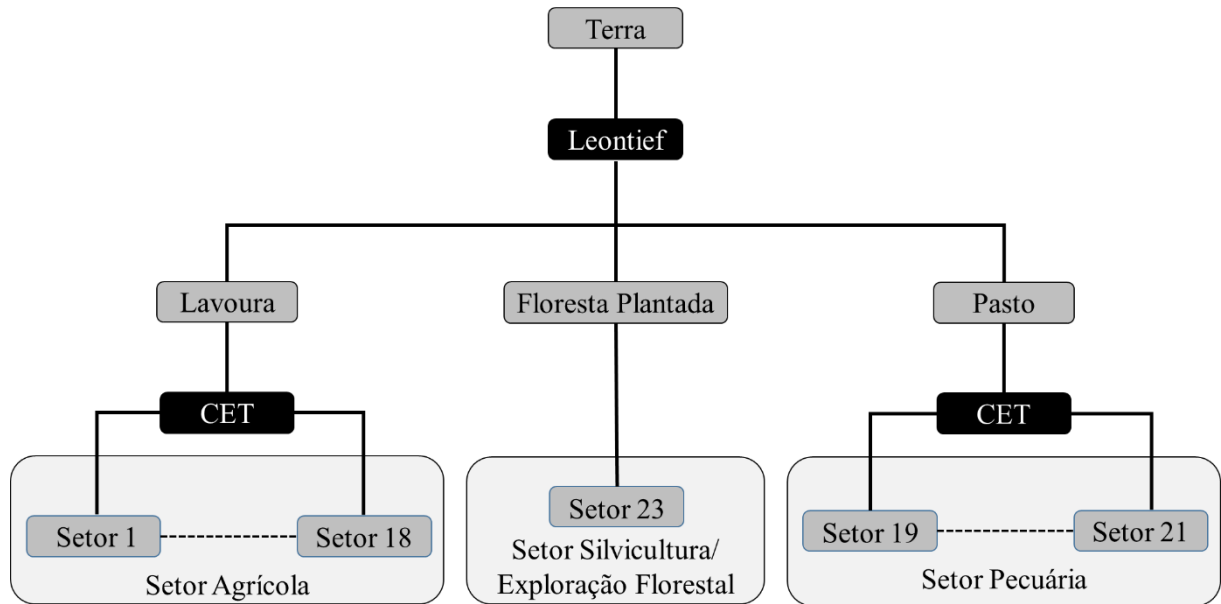
Uso da terra		Setores	
Lavoura	1.	Outras lavouras temporárias	10. Outras lavouras permanentes
	2.	Milho em grão	11. Banana
	3.	Cana de açúcar	12. Uva
	4.	Abacaxi	13. Manga
	5.	Mandioca	14. Coco-da-baia
	6.	Melão	15. Castanha de caju
	7.	Feijão	16. Goiaba
	8.	Tomate	17. Maracuja
	9.	Melancia	18. Mamão
Pasto	1.	Bovinos e Outros animais	3. Suínos
	2.	Leite de vaca e de outros animais	
Floresta Plantada	1.	Exploração florestal e Silvicultura	

Fonte: elaboração própria.

Como pode observar na Figura 10 no subcapítulo 4.2.3 adiante, a terra faz parte da composição dos fatores primários para a produção setorial. O fator terra é determinado para cada região de maneira que o uso da área total da terra seja fixa, isso impede que o tamanho do território de cada região não se altere.

A Figura 8 ilustra a estrutura da alocação do fator terra entre diferentes setores. No primeiro nível, há o fator terra que é desagregado em três tipos de uso: a) lavoura, utilizada por 18 setores da agricultura; b) pasto, utilizada por 4 setores da pecuária; e c) floresta plantada, utilizada por 1 setor de exploração florestal e silvicultura. No segundo nível, para cada categoria de uso da terra, exceto silvicultura e exploração florestal por ser o único setor que utiliza esse tipo de fator terra no modelo, há escolha entre setores via função CET (elasticidade de transformação constante). Inicialmente, o uso da terra é pré-determinado associado ao ano base do modelo. Nos anos seguintes, a dinâmica da demanda por terra corresponde às variações da remuneração da terra de cada setor e cada uso da terra é distribuído no ano t seguindo uma função do tipo CET entre os diferentes setores/produtos para cada região (CARVALHO, 2014).

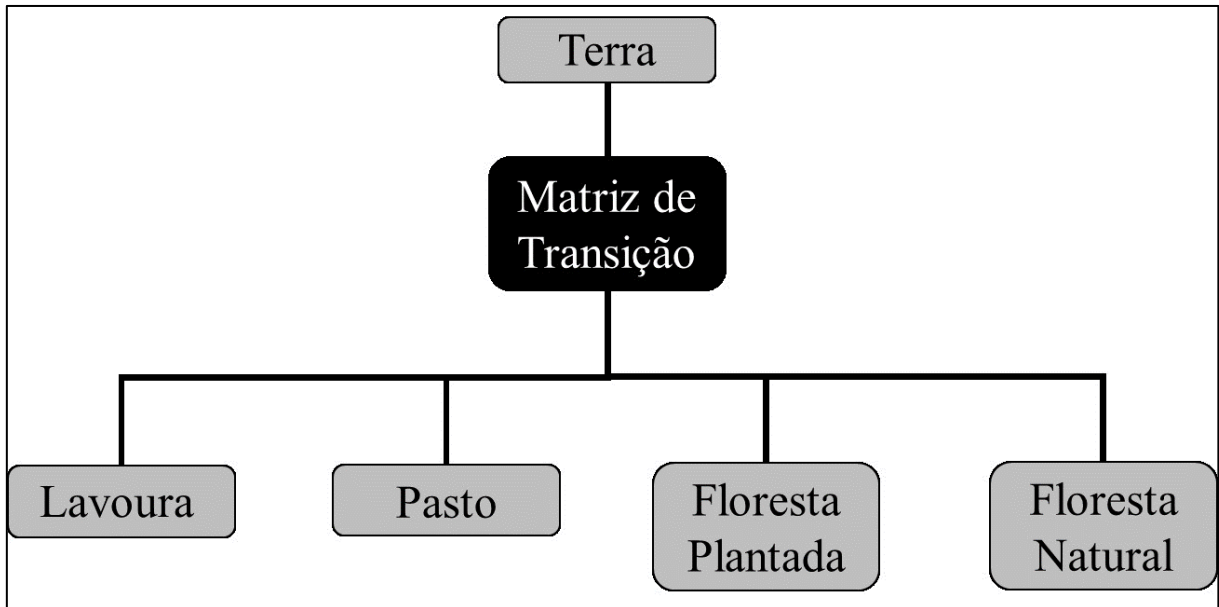
Figura 8- Estrutura de demanda por terra entre setores (ano t)



Fonte: Elaboração própria.

Em relação à oferta da terra, diferentemente da demanda, há mobilidade entre as diferentes categorias de uso da terra no período entre o ano t e ano $t+1$. Esse processo de mobilidade da terra é ajustado pela matriz de transição, pois uma função CET não é capaz de capturar essa dinâmica de transição entre os diferentes tipos de uso da terra. A matriz de transição de uso da terra contém a informação de grau de conversão da terra entre os tipos de usos para cada região, e o grau de disponibilidade da terra reflete na elasticidade de oferta da terra; quanto maior a área disponível, maior a elasticidade, isto é, maior facilidade de conversão do uso da terra em termos de custos. Portanto, a dinâmica do mercado de oferta da terra é ajustada pela matriz de transição. Por fim, para garantir o equilíbrio de mercado da terra, a variação da demanda por terra é igual a variação da oferta da terra, fixando a oferta total disponível para cada região. A Figura 9 ilustra essa estrutura da oferta da terra (CARVALHO, 2014).

Figura 9- Estrutura da oferta por terra entre categorias de uso



Fonte: elaboração própria.

O cálculo da elasticidade de oferta da terra é necessário quando as áreas analisadas são heterogêneas (CARVALHO, 2014). O modelo de Ferreira Filho e Horridge (2012; 2014), por exemplo, utilizou a elasticidade de conversão da terra igual para o Brasil inteiro por ter desagregação regional em nível estadual. Neste trabalho, a elasticidade de oferta da terra foi estimada, pois as regiões analisadas (Semiárido do Nordeste) apresentam características heterogêneas que não justificam a adoção de um único parâmetro nacional. A descrição da elasticidade de oferta da terra adotada neste trabalho será apresentada posteriormente no subcapítulo referente a base de dados e parâmetros utilizados no modelo.

Em relação a construção da matriz de transição de uso da terra, foram utilizados os dados da coleção 7 do MapBiomass²³ (SOUZA et al., 2020), abrangendo a cobertura e o uso da terra no Brasil no período de 2015 a 2021. O MapBiomass disponibiliza dados anuais de cobertura e uso da terra em grids (formato de arquivo raster) com detalhamento de 30m² por pixel. Essa granularidade permite a flexível agregação das informações em recortes regionais, é possível agregar as informações em recorte regional de maneira flexível, e os dados foram agrupados nas 22 regiões adotado no modelo para estimar a matriz de conversão da terra média anual no período 2015-2021.

²³ “Projeto MapBiomass - é uma iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de uso e cobertura da terra a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite. A descrição completa do projeto encontra-se em <http://mapbiomas.org>”.

Para o cálculo da conversão do uso de cobertura da terra foi utilizado software de geoprocessamento QGIS junto com a extensão chamada *The Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) desenvolvido por Congedo (2021). A projeção cartográfica adotada foi a projeção equivalente de Albers EPSG: 7390 – IBGE²⁴ (IBGE, 2019). Os detalhes da compatibilização das classes de cobertura e uso da terra com a categoria de uso da terra do modelo está descrito na Tabela 34 no Apêndice B.

A Tabela 7 apresenta a matriz de transição da região beneficiada pelo PISF (agregação da região 1 a 16²⁵). Conforme os cálculos da matriz de transição, observou-se um aumento médio anual de 0,182 milhões de hectares nas áreas de lavoura durante o período de 2015 a 2021. Em contrapartida, as áreas de pasto diminuíram 0,189 milhões de hectares. A presença de Floresta Plantada na região é praticamente inexistente em escala de milhões de hectares nas 16 regiões analisadas. As áreas de Floresta Natural e Demais Usos aumentaram 0,007 milhões de hectares. Nesse contexto, a interpretação mais plausível não é o aumento da Floresta Natural, pois a floresta não se desenvolve significativamente em um período tão curto. Portanto, o aumento nessas áreas provavelmente se deve a outros usos, como estradas e áreas urbanas.

Tabela 7- Matriz de transição de uso da terra média anual no período de 2015-2021 da região beneficiada pelo PISF (em milhões de hectares)

Região 1 a 16	Lavoura	Pasto	Floresta Plantada	Floresta Natural e Demais Usos	Total (t)
Lavoura	3,787	0,156	0,000	0,098	4,041
Pasto	0,323	4,770	0,000	0,073	5,166
Floresta Plantada	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Floresta Natural e Demais Usos	0,112	0,051	0,000	15,521	15,685
Total (t+1)	4,223	4,977	0,000	15,692	24,892

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do MapBiomias.

²⁴ Segundo o manual técnico do IBGE (2019), “para o cálculo de áreas, em extensões de superfície superiores a 50 km, recomenda-se o uso da projeção equivalente, como por exemplo, a projeção de Albers, com os parâmetros ajustados à região de interesse”. Assim, a projeção equivalente de Albers é utilizada para o cálculo das áreas das Unidades da Federação e dos municípios do Brasil.

²⁵ As áreas foram agregadas apenas para fins de apresentação, uma vez que seria inviável exibir todas as 22 matrizes de transição utilizadas no modelo.

4.2.2 Incorporação de uso da água

O modelo, sem nenhuma especificação teórica que trate a interação entre o setor irrigável e o sequeiro, apresentará uma certa limitação, pois não captura diretamente a disponibilidade de água irrigável na simulação (WITTWER, 2012). Entretanto, em geral, os modelos com esse tipo de especificação consideram o uso de água somente na agricultura. Apesar do setor agropecuária ser maior demandante de volume de água, setores como saneamento e indústria têm um peso maior na arrecadação pelo uso de água na economia brasileira. Por esse motivo, neste trabalho, optou-se por considerar o uso de água em todos os setores da economia (exceto serviços²⁶) e simplificar a especificação do uso da água no modelo.

A demanda pelo insumo primário água é determinada de forma semelhante aos demais fatores primários (capital, terra e trabalho), usualmente adotados no modelo de EGC. A quantidade demandada por fator primário água em nível é definida conforme a Equação 1.

Equação 6:
$$\frac{XWTR_{i,d}}{AWTR_{i,d}} = XPRIM_{i,d} \left(\frac{PWTR_{i,d} \times AWTR_{i,d}}{PPRIM_{i,d}} \right)^{-\sigma_{prim_i}}$$

A demanda efetiva por uso de água no setor i na região d , $\frac{XWTR_{i,d}}{AWTR_{i,d}}$, é determinada proporcionalmente à demanda global por fatores primários no setor i na região d , $XPRIM_{i,d}$, e ao preço relativo da água e do preço fatores primários compostos no setor i na região d , $\frac{PWTR_{i,d}}{PPRIM_{i,d}}$. A mudança no preço relativo induz substituição em favor dos insumos primários mais baratos. A quantidade demandada por insumo água varia também com a mudança tecnológica da água no setor i na região d , $AWTR_{i,d}$.

Para operacionalização do modelo, a Equação 1 é linearizada (em variação percentual) conforme a Equação 2.

Equação 7:
$$xwtr_{i,j} - awtr_{i,j} = xprim_{i,j} - \sigma_{prim_i} [pwtr_{i,j} + awtr_{i,j} - pprim_{i,j}]$$

Onde:

$xwtr_{i,j}$: quantidade de água demandada no setor i na região j em variação percentual.

$xprim_{i,j}$: quantidade de fator primário demandada no setor i na região j em variação percentual.

²⁶ O uso de água no setor de serviços não foi considerado, uma vez que o uso de água neste setor se limita exclusivamente ao consumo humano, sendo o abastecimento de água para consumo humano fornecido pelo setor de “água e esgoto”.

σ_{prim_i} : elasticidade de substituição dos fatores primários compostos no setor i .

$awtr_{i,j}$: mudança tecnológica do fator água no setor i e na região j em variação percentual.

$pprim_{i,j}$: preço do fator primário no setor i e na região j em variação percentual.

A variação do valor monetário de uso de água em nível no setor i e na região j é definida da seguinte forma conforme a Equação 3

Equação 8: $WTR_{i,d} = pwtr_{i,d} \times xwtr_{i,d}$

4.2.3 Produção setorial

A especificação da tecnologia de produção adotada no modelo segue a estrutura de modelo EGC do tipo Johansen. A Figura 10 apresenta a estrutura da tecnologia de produção setorial, demonstrando como os fatores primários e os insumos intermediários são combinados na produção de bens e serviços. A tecnologia de produção setorial é determinada pela combinação dos fatores primários, que incluem capital, trabalho, terra e água, juntamente com os insumos intermediários, seguindo uma proporção fixa conhecida como a função Leontief.

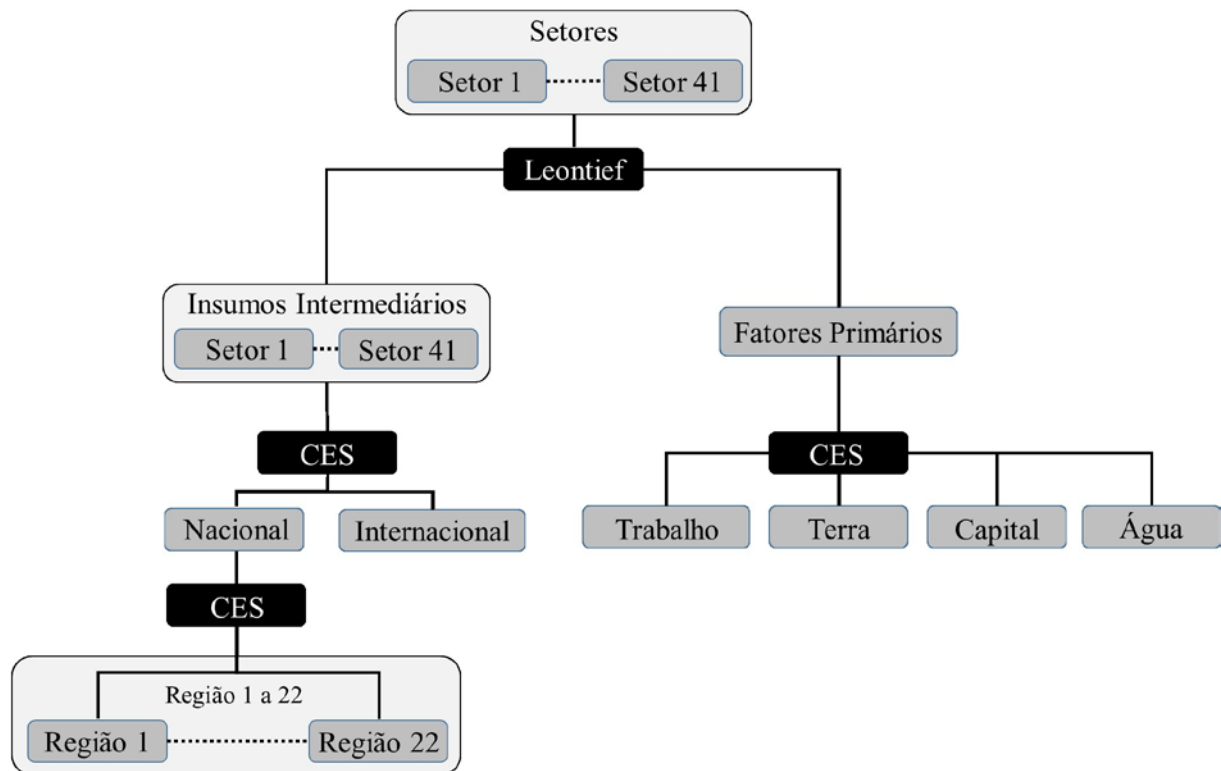
Os insumos intermediários são demandados entre origem nacional e internacional, e são determinados por meio de uma função CES (elasticidade de substituição constante). Além disso, quando se trata de insumos de origem nacional, a demanda é desagregada em diferentes regiões nacionais, seguindo a mesma função CES.

Nessa etapa, levamos em consideração a hipótese de substituição imperfeita na alocação de insumos intermediários entre origem nacional e internacional, bem como entre insumos provenientes de diferentes regiões nacionais, conforme proposto pela hipótese de Armington (ARMINGTON, 1969).

Na produção setorial busca-se a minimização dos custos de produção, seguindo uma tecnologia de retornos constantes de escala. A utilização de retornos constantes de escala é comum para evitar potenciais problemas metodológicos²⁷ tais como existência ou multiplicidade de equilíbrios.

²⁷ A discussão do uso de retornos não-constantes de escala no modelo de EGC e suas implicações pode ser encontrada em (HADDAD, 2004).

Figura 10 - Estrutura da Tecnologia de Produção do Modelo



Fonte: Elaboração própria.

4.2.4 Demanda regional/Famílias

No modelo, as famílias são representadas por uma família representativa em cada região. As demandas familiares derivam de um problema de maximização de utilidade, modelado por uma estrutura hierárquica com base em um sistema de preferência CES/Klein-Rubin, dividido em dois níveis (conforme Figura 11).

No primeiro nível, define-se a origem dos bens (entre bens domésticos e importados) seguindo a função CES, com a adoção da hipótese de Armington. No segundo nível, ocorre a agregação dos bens compostos por uma função Stone-Geary ou Klein-Rubin. A maximização de utilidade resultante do consumo, conforme essa função, gera o sistema linear de gastos (LES – Linear Expenditure System).

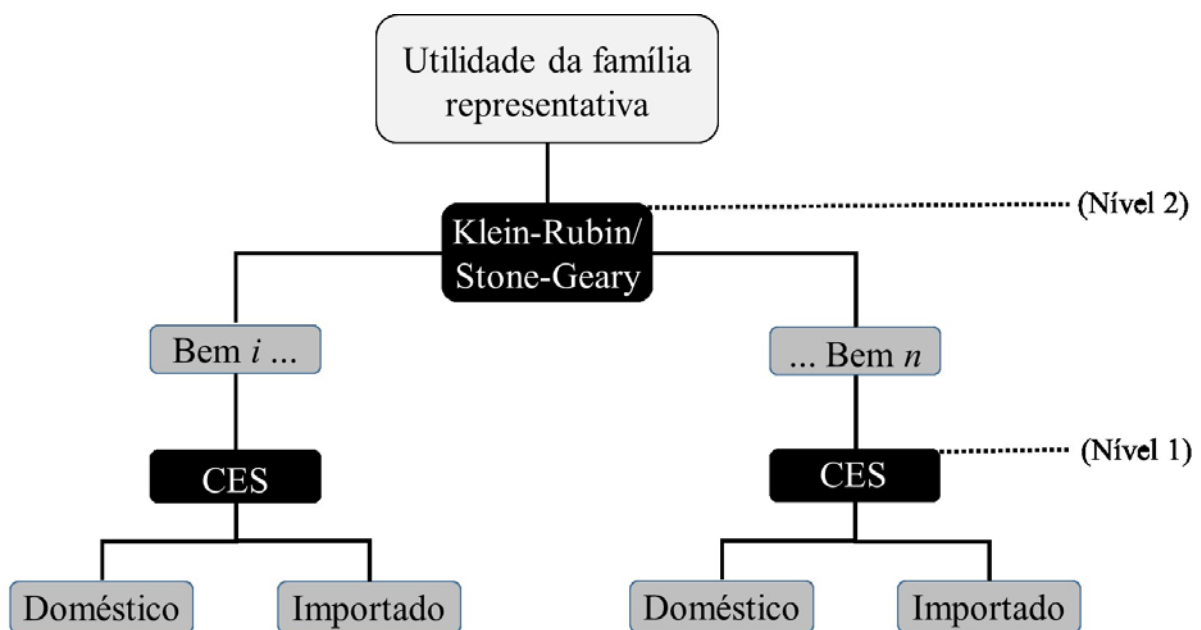
O LES implica que a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família. Existe um requisito de "consumo de subsistência" para a família, no qual os bens são adquiridos independentemente do preço do produto, até atingir o nível de subsistência. O consumo acima

do nível de subsistência, o resíduo do orçamento do consumidor, é denominado "gasto de luxo". O gasto de luxo segue uma participação orçamentária marginal, calibrada de acordo com parâmetros de elasticidade do gasto e de participação orçamentária.

Portanto, as demandas das famílias seguem um LES. Esse sistema de demanda requer apenas um vetor de elasticidade de gasto (ou participações no orçamento marginal) e um parâmetro Frisch para cada região (FRISCH, 1959). O parâmetro Frisch mede a sensibilidade da utilidade marginal da renda, expressa pela razão negativa entre gastos de subsistência e gastos de não-subsistência. Quanto maior o parâmetro, em módulo, menor o grau de consumo de “luxo” e maior o grau de consumo de “subsistência”. O valor do parâmetro Frisch adotado neste trabalho foi 5,04, estimado no estudo de Simonato (2023).

A demanda das famílias pelo consumo de água é representada pelo consumo dos produtos/serviços do setor 36 do modelo (Água e esgoto). O valor adotado para a elasticidade consumo desse setor foi 0,2, extraído do valor estimado no trabalho de Simonato (2023). Esse valor é relativamente baixo em comparação com as elasticidades de outros setores, indicando que o aumento da renda das famílias não implica em um aumento significativo no consumo marginal de água.

Figura 11- Estrutura hierárquica da demanda das famílias



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 12 esquematiza o intrincado processo de composição da demanda regional no modelo Land-Aqua, apresentando quatro níveis distintos.

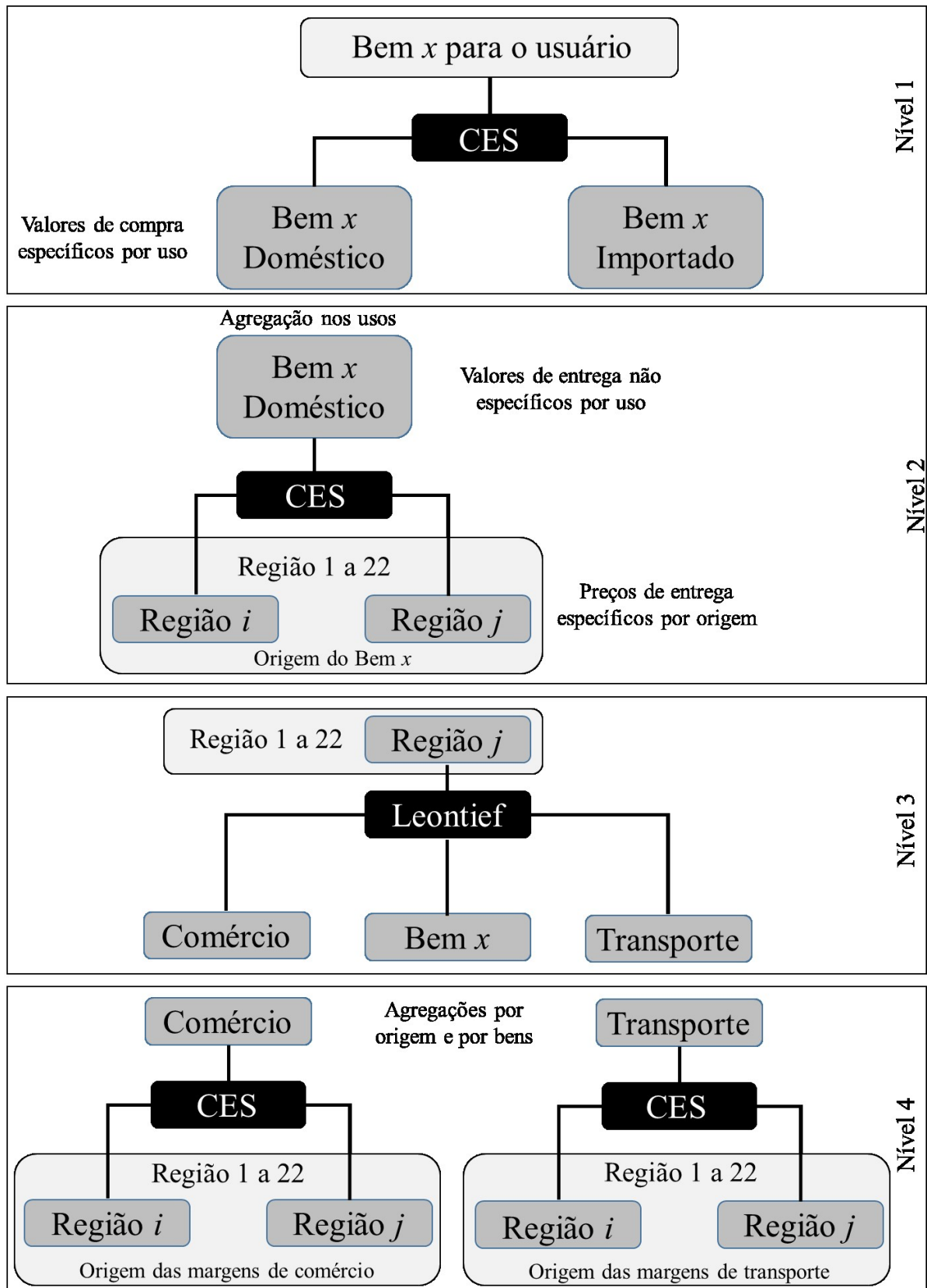
No nível 1, o usuário decide entre o bem x doméstico e o importado, seguindo uma função CES conforme a hipótese de Armington. Em geral, o parâmetro de substituição desta função é específico para cada bem, mas é comum por usuário e por região. As demandas são vinculadas aos valores específicos de compra por uso, e as demandas por bens domésticos de cada região são agregadas, considerando todos os usos para determinar o valor total. A matriz de uso é valorada em preços de "entrega", incorporando valores básicos e de margem, mas excluindo impostos específicos por uso.

No nível 2, ocorre a substituição entre bens das diferentes regiões, novamente usando uma especificação CES. Isso implica que regiões com queda de custo relativo de produção aumentam sua participação de mercado na região de destino do bem. A decisão é baseada em todos os usos, garantindo que a proporção de bem x proveniente da região j seja a mesma para o uso das famílias e outros usos, como insumos intermediários dos setores.

O nível 3 determina a composição de valores básicos e margens de comércio e transporte de cada origem para cada destino. A participação de cada componente no preço de entrega é definida por uma função Leontief, eliminando a possibilidade de substituição entre as margens de comércio e transporte. A participação de cada margem no preço de entrega é uma combinação de origem, destino, bem e fonte.

Por fim, o nível 4 ilustra como as margens sobre o bem x de uma região i para a região j podem ser produzidas em diferentes regiões. As margens de transporte são distribuídas equitativamente entre as regiões. Por outro lado, as margens de comércio são distribuídas com uma parcela significativa em sua região de destino, com algum grau de substituição do fornecimento dessas margens especificado por uma função CES.

Figura 12- Mecanismo de composição da demanda do modelo



Fonte: Elaboração própria.

4.2.5 Estoque de capital e investimento

Os investimentos são categorizados como usuário final dos bens, e o consumo proveniente desses investimentos resulta na produção de novas unidades de capital, configurando a formação bruta de capital fixo. A escolha dos insumos para a produção de capital é fundamentada na minimização de custos, sujeita a uma estrutura de tecnologia hierarquizada. Essa estrutura é quase idêntica à hierarquia da tecnologia de produção setorial (conforme apresentado na Figura 10). A principal diferença reside na ausência dos fatores primários como insumo, e não há escolha entre as origens regionais (nível abaixo da origem nacional).

Na especificação da dinâmica recursiva, tanto o investimento quanto o estoque de capital seguem mecanismos de acumulação e deslocamento intersetorial, orientados pelas taxas de depreciação e retorno.

4.2.6 Mercado de trabalho

Há duas opções de operacionalização para o mercado de trabalho no modelo:

- a) O salário real (ou nominal) é fixo, e o emprego é determinado pelo lado da demanda no mercado de trabalho. Essa configuração é padrão para análises de curto prazo, todos os salários são indexados ao índice de preços do consumo na região ou a um índice nacional de preços.
- b) O emprego nacional é exógeno, com salários ajustando-se endogenamente para equilibrar o mercado de trabalho regional. O valor do emprego nacional é determinado por características demográficas históricas. Essa é a configuração padrão para análises de longo prazo, o mercado de trabalho responde endogenamente ao salário médio, com diferenciais salariais setoriais e regionais fixos. Isso permite simular a mobilidade intersetorial e regional do trabalho.

Para esta tese foi escolhida a segunda opção de operacionalização.

É importante destacar que o mercado de trabalho regional refere-se ao emprego em cada uma das 22 regiões do modelo.

4.2.7 Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preços de compra

O modelo opera com equações de equilíbrio de mercado para todos os bens consumidos localmente. Desse modo, há equilíbrio de mercado para todos os bens (domésticos e

importados), assim como para o mercado de fatores (capital, trabalho e terra) em cada região. A demanda por margens de transporte e de comércio é proporcional aos fluxos de bens aos quais estão conectadas. Os preços de compra para todos os grupos de usuários finais em cada região são a soma dos valores básicos, dos impostos, tanto diretos quanto indiretos, e margens de comércio e transporte. Os impostos sobre vendas são tratados como taxas *ad-valorem* sobre os fluxos básicos (MAGALHÃES, 2011).

4.2.8 Outras equações

Além das especificações teóricas apresentadas anteriormente, o modelo é composto por uma série de equações utilizadas para calcular os agregados macroeconômicos e indicadores do banco de dados, tais como: PIB pelas óticas do dispêndio e da renda; Saldo Comercial; Índices de preços de consumo das famílias, do investimento, das exportações, das importações e do PIB (deflator implícito); Agregações de fatores primários; Decomposições das vendas (uso intermediário e final); e Decomposições do PIB (lado da renda e do dispêndio).

4.3 Base de dados

A base de dados do modelo foi construída a partir da matriz de insumo-produto nacional do IBGE do ano de 2015 como dados principais. Além disso, utilizou os dados deflacionados do Censo Agropecuário de 2017 para obter as informações sobre remuneração do fator terra. O procedimento se baseou na metodologia descrita em Horridge (2006), adaptado para o caso brasileiro por procedimento desenvolvido no NEMEA. Para o procedimento computacional utilizou diversas fontes de dados para obter as participações por região: PIB por região através do IBGE; exportações por região no Comex Stat; a massa salarial por setor e por região pela Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). O resultado final do procedimento é modelo com 22 regiões e 41 setores que leva em consideração diversas fontes de dados descritas na Tabela 8. Os detalhes do procedimento de regionalização pode ser encontrado em Sessa (2019).

Tabela 8- Principais informações utilizados no procedimento de regionalização

Descrição	Fonte de dados
Matriz de Insumo-Produto	IBGE
Participação regional da produção	IBGE, RAIS, PAM
Participação regional do investimento	RAIS
Participação regional do consumo das famílias	POF, IBGE
Participação regional das exportações por porto de saída	Comex Stat
Participação regional do consumo do governo	IBGE
Participação regional da variação do estoque	RAIS
Participação regional das importações por porto de entrada	Comex Stat
População regional	IBGE
Distância entre as regiões	Estimado no trabalho

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 9 apresenta participações de cada uma das regiões consideradas no modelo no PIB nacional e no PIB das regiões beneficiadas pelo PISF, segundo a base de dados do modelo. O PIB das regiões beneficiadas pelo PISF (região 1 a 16) corresponde apenas 2,8% do PIB nacional. Todas essas regiões, exceto Metropolitana de Fortaleza, possuem a participação inferior a 0,5% no PIB brasileiro. Essa baixa participação do PIB pode sugerir que os choques econômicos nessas regiões podem afetar pouco em nível nacional nos resultados das simulações. Entre as regiões beneficiadas pelo PISF, a Metropolitana de Fortaleza (CE) se destaca com participação do PIB de 40,54%. O segundo maior PIB da região é Agreste Pernambucano com 11,08% de participação. Demais regiões, a participação do PIB está entre 0,67% e 7,54%, o que indica que uma parte significativa da produção se concentra no Ceará, principalmente na região metropolitana do estado.

Tabela 9- Participações regionais do PIB total das regiões considerados no modelo (%)

Nº	Regiões do modelo	UF	Participações no PIB do Brasil	Participações no PIB das regiões Beneficiadas pelo PISF
1	Centro-Sul Cearense	CE	0,03	1,19
2	Jaguaribe	CE	0,10	3,67
3	Metropolitana de Fortaleza	CE	1,13	40,54
4	Norte Cearense	CE	0,08	3,03
5	Sertões Cearenses	CE	0,13	4,64
6	Sul Cearense	CE	0,10	3,73
7	Agreste Paraibano	PB	0,21	7,54
8	Borborema	PB	0,03	1,05
9	Mata Paraibana	PB	0,03	1,17
10	Sertão Paraibano	PB	0,09	3,28
11	Agreste Pernambucano	PE	0,31	11,08
12	São Francisco Pernambucano	PE	0,11	3,95
13	Sertão Pernambucano	PE	0,11	4,07
14	Agreste Potiguar	RN	0,02	0,67
15	Central Potiguar	RN	0,13	4,51
16	Oeste Potiguar	RN	0,16	5,89
17	Resto do Pernambuco	PE	1,85	-
18	Resto do Ceará	CE	0,26	-
19	Resto do Paraíba	PB	0,41	-
20	Resto do Rio Grande do Norte	RN	0,51	-
21	Resto do Nordeste	-	7,66	-
22	Resto do Brasil	-	86,52	-
-	Reg. Benef. PISF	-	2,79	100
-	Brasil	-	100	-

Fonte: Elaboração própria, baseado nos banco de dados do modelo.

A Tabela 10 apresenta participação dos setores no total produzido por cada uma das regiões beneficiadas pelo PISF no modelo. A região 3, Metropolitana de Fortaleza (CE), destaca-se com a maior participação em quase todos os setores, indicando uma alta concentração significativa de atividades econômicas em comparação com as demais regiões beneficiadas pelo PISF no modelo. Em seguida, a região 11, Agreste Pernambucano (PE), também exibe uma participação considerável, especialmente nos setores de Pecuária (15,26%) e Agricultura (29,84%). Por outro lado, a região 14, Agreste Potiguar (RN), apresenta uma menor participação na produção em diversos setores. Essas observações ressaltam as disparidades na distribuição de nível de produção dessas regiões, destacando a importância de considerar tais diferenças para compreender a dinâmica econômica dessas localidades.

Tabela 10- Participação dos setores de agricultura (Agric), pecuária (Pec), silvicultura e aquicultura (Silv/Aquic), indústria (Ind), água e esgoto (Água) e outros serviços (Serv) na produção das regiões beneficiadas pelo PISF no modelo (%)

Nº	Regiões do modelo	UF	Agric	Pec	Silv/Aquic	Ind	Água	Serv
1	Centro-Sul Cearense	CE	0,92	0,95	2,25	0,93	1,53	1,33
2	Jaguaribe	CE	4,74	8,89	11,85	3,82	2,97	3,45
3	Metropolitana de Fortaleza	CE	40,25	22,23	21,65	37,09	39,50	42,67
4	Norte Cearense	CE	3,96	2,00	6,35	2,87	4,30	3,05
5	Sertões Cearenses	CE	1,16	1,42	2,80	9,11	2,56	2,54
6	Sul Cearense	CE	2,25	2,06	5,91	3,45	4,70	3,95
7	Agreste Paraibano	PB	6,11	7,05	5,70	7,80	7,06	7,49
8	Borborema	PB	0,79	3,09	1,41	0,81	1,21	1,15
9	Mata Paraibana	PB	1,98	0,56	1,49	1,08	1,12	1,18
10	Sertão Paraibano	PB	3,20	4,74	3,22	2,54	4,00	3,65
11	Agreste Pernambucano	PE	15,26	29,84	12,31	9,76	13,42	11,32
12	São Francisco Pernambucano	PE	7,58	4,63	5,79	4,01	3,13	3,74
13	Sertão Pernambucano	PE	3,97	4,27	3,82	4,15	4,76	4,03
14	Agreste Potiguar	RN	0,60	0,85	1,47	0,53	0,81	0,74
15	Central Potiguar	RN	2,38	2,88	5,15	6,89	2,89	3,40
16	Oeste Potiguar	RN	4,87	4,54	8,83	5,15	6,03	6,32
-	Reg. Benef. PISF	-	100	100	100	100	100	100

Fonte: Elaboração própria, baseado nos banco de dados do modelo.

Sob a ótica do PIB pelo lado da renda, a Tabela 11 destaca a distribuição da composição dos fatores primários (trabalho, capital, terra e água) e impostos nas 22 regiões do modelo. Ao examinar a composição dos fatores de produção, observa-se que o trabalho e os impostos representam a maior parcela da contribuição para o PIB em todas as regiões analisadas, apresentando percentagens expressivas. Em contrapartida, o capital e a terra exibem participações relativamente menores, indicando uma possível dependência maior de fatores como trabalho e tributação na geração de riquezas. Isso sugere que a produção nessas regiões é intensiva em trabalho. Ao comparar com a média nacional, é perceptível que o trabalho e os impostos mantêm participações consistentes em relação à média, enquanto o capital e a terra podem variar mais entre as diferentes regiões. A água, apesar de ser importante nas atividades econômicas na teoria, apresenta um valor monetário extremamente baixo na economia brasileira, o que se reflete diretamente no modelo. O método adotado para o cálculo do valor monetário da água utilizado no modelo será apresentado no subcapítulo 4.3.2 adiante.

Tabela 11- Participação do trabalho, capital, terra, água e imposto no PIB por região

Nº	Regiões do modelo	UF	Trabalho	Capital	Terra	Água	Impostos	Total
1	Centro-Sul Cearense	CE	26,67	19,94	0,15	0,003	53,25	100
2	Jaguaribe	CE	28,38	16,23	0,28	0,002	55,10	100
3	Metropolitana de Fortaleza	CE	26,19	18,50	0,15	0,003	55,16	100
4	Norte Cearense	CE	26,34	17,39	0,21	0,003	56,06	100
5	Sertões Cearenses	CE	19,95	17,08	0,05	0,004	62,91	100
6	Sul Cearense	CE	26,44	18,80	0,11	0,003	54,65	100
7	Agreste Paraibano	PB	26,86	17,26	0,14	0,002	55,73	100
8	Borborema	PB	26,81	19,58	0,22	0,002	53,39	100
9	Mata Paraibana	PB	27,17	17,79	0,25	0,003	54,78	100
10	Sertão Paraibano	PB	27,08	19,66	0,19	0,003	53,07	100
11	Agreste Pernambucano	PE	27,77	17,94	0,29	0,003	54,00	100
12	São Francisco Pernambucano	PE	27,14	16,40	0,30	0,002	56,16	100
13	Sertão Pernambucano	PE	25,38	19,09	0,17	0,003	55,35	100
14	Agreste Potiguar	RN	27,31	19,16	0,18	0,003	53,35	100
15	Central Potiguar	RN	22,78	17,77	0,10	0,003	59,36	100
16	Oeste Potiguar	RN	26,26	18,81	0,14	0,002	54,78	100
17	Resto do Pernambuco	PE	26,09	18,05	0,26	0,003	55,60	100
18	Resto do Ceará	CE	27,25	17,50	0,17	0,002	55,07	100
19	Resto do Paraíba	PB	25,77	18,22	0,17	0,002	55,84	100
20	Resto do Rio Grande do Norte	RN	25,74	19,03	0,14	0,002	55,09	100
21	Resto do Nordeste	-	25,19	18,64	0,15	0,004	56,01	100
22	Resto do Brasil	-	26,21	18,70	0,21	0,003	54,88	100
-	Média	-	26,13	18,25	0,18	0,003	55,44	100

Fonte: Elaboração própria, baseado nos banco de dados do modelo.

4.3.1 Parâmetros e elasticidades

O modelo requer uma série de estimativas de parâmetros comportamentais e elasticidades em sua calibragem. Em muitos casos, essas estimativas são extraídas de outras literaturas devido à escassez de dados para a estimação destes parâmetros e elasticidades. Os principais parâmetros se referem às elasticidades de substituição entre fatores primários, do tipo Armington, e elasticidade gasto-consumo das famílias (CARVALHO, 2014). A Tabela 12 apresenta os parâmetros adotados no modelo.

Tabela 12- Elasticidade do modelo

Parâmetro	Descrição	Dimensão	Valor
DPRC	Taxa de depreciação	IND	0,05
QRATIO	Razão investimento/capital (máxima/tendência)	IND x DST	4
RNORMAL	Taxa de retorno normal bruta	IND x DST	12,53%
GROTREND	Razão investimento/Capital (tendência)	IND x DST	0,07 a 0,19
ALPHA	Elasticidade do investimento	IND x DST	5
SIGMA1LAB	Elasticidade de substituição do trabalho	IND	0,02
SIGMA1PRIM	Elasticidade de substituição dos fatores primários	IND	0,63
ARMSIGMA	Elasticidade de substituição dos bens intermediários	IND	4,8 a 7,4
SIGMADOMDOM	Elasticidade de substituição entre as regiões	IND	0,94 a 5,43
SIGMAMAR	Elasticidade de substituição entre regiões que produzem margens	MAR	0,2
FRISCH	Parâmetro de Frisch	DST	-5,04
EPS	Elasticidade dos gastos das famílias	COM	0 a 3,2
SIGMA1OUT	Elasticidade de transformação CET	IND	0,5
EXPLAST	Elasticidade da demanda por exportações	IND	3
α_{Ind}	Mobilidade da terra entre os usos agrícolas	TERRA	0,5
SLND	Elasticidade de oferta da terra	TERRA	0,23 a 3,22

Fonte: Elaboração própria com base nos valores de Kume e Piani (2011), Faria e Haddad (2014), Souza (2022) e Simonato (2023).

O parâmetro α_{Ind} mede a mobilidade da terra entre os usos agropecuários (lavoura, pasto e floresta plantada) quando ocorre uma mudança na remuneração de algum deles.

A SLND representa a elasticidade da oferta de terra, indicando a facilidade de conversão entre esses usos. Essa elasticidade foi calculada seguindo a metodologia proposta por Eickhout, Van Meijl e Tabeau (2009) e Faria e Haddad (2019) com base nos dados do Censo Agropecuário 2017 e MapBiomass. A metodologia adotada considera que a curva de oferta de terra segue o formato da Equação 9 para cada região do modelo:

Equação 9:
$$S = a - \frac{b}{p}$$

Aqui, a oferta de terra (S) representa o total de terra utilizada no processo de produção, abrangendo as áreas de lavoura, pasto e floresta plantada. A variável p é o valor da remuneração da terra regional. $a > 0$ é uma assíntota, representando a quantidade total de terra disponível que pode ser convertida para a produção. O parâmetro b é positivo e determina o formato da curva de oferta.

Dado que temos dados disponíveis para S , p e a , o parâmetro b pode ser calculado. Com isso, é possível estimar a elasticidade da oferta de terra ($SLND$) usando a seguinte fórmula:

Equação 10: $SLND = \frac{b}{(a \times p) - b}$

A elasticidade da oferta de terra (**SLND**) reflete o seguinte comportamento: quanto maior a disponibilidade de terra na região, maior a facilidade no processo de conversão de terra. A Tabela 13 expõe a proporção da terra utilizada (soma das áreas de lavoura, pasto e floresta plantada) em relação à terra total disponível (apenas floresta natural²⁸) e as elasticidade de substituição na oferta do uso da terra. Destacam-se a região 9, Mata Paraibana (PB), e a região 14, Agreste Potiguar, com as maiores paritipações de terra utilizada em relação à terra total disponível para produção agropecuária, ambas superiores a 0,8. Esses valores indicam que essas áreas estão atingindo a sua capacidade máxima para expandir as atividades agrícolas, resultando em elasticidades baixas, com 0,23 e 0,24, respectivamente.

Por outro lado, a região Metropolitana de Fortaleza (CE) apresenta uma participação de terra utilizada de apenas 0,2, indicando capacidade para expandir as áreas de produção agrícola. Entre as regiões, observa-se uma variação significativa nos valores das elasticidades, refletindo diferentes perfis na alocação de terra e na resposta a mudanças nas condições econômicas. Destaca-se a importância da adoção de elasticidade estimada para cada região, a fim de capturar de maneira mais precisa as características distintas dessas áreas em relação à mudança no uso da terra.

²⁸ Aqui, foi considerado apenas a Floresta Natural, sem incluir demais áreas como estradas e áreas urbanas.

Tabela 13- Participação da terra utilizada e elasticidades de substituição na oferta do uso da terra

Nº	Região	UF	Terra utilizada / Total terra	SLND
1	Centro-Sul Cearense	CE	0,32	2,08
2	Jaguaribe	CE	0,56	0,78
3	Metropolitana de Fortaleza	CE	0,24	3,22
4	Norte Cearense	CE	0,32	2,08
5	Sertões Cearenses	CE	0,28	2,60
6	Sul Cearense	CE	0,26	2,90
7	Agreste Paraibano	PB	0,61	0,65
8	Borborema	PB	0,45	1,21
9	Mata Paraibana	PB	0,81	0,23
10	Sertão Paraibano	PB	0,34	1,98
11	Agreste Pernambucano	PE	0,64	0,56
12	São Francisco Pernambucano	PE	0,36	1,81
13	Sertão Pernambucano	PE	0,36	1,77
14	Agreste Potiguar	RN	0,81	0,24
15	Central Potiguar	RN	0,43	1,31
16	Oeste Potiguar	RN	0,45	1,22
19	Resto do Pernambuco	PE	0,69	0,45
17	Resto do Ceará	CE	0,29	2,50
18	Resto do Paraíba	PB	0,78	0,29
20	Resto do Rio Grande do Norte	RN	0,57	0,75
21	Resto do Nordeste	-	0,40	1,50
22	Resto do Brasil	-	0,34	1,91

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da base do modelo, Censo Agropecuário 2017 e MapBioma.

4.3.2 Estimação de consumo de água por setores

Para estimar o valor monetário do fator primário água, adotou-se o procedimento proposto por Ciasca (2023) como referência. Esse método consiste nas seguintes etapas: a) calcular o volume de água (em hm^3/ano) para cada setor usuário de água do modelo; b) estimar o custo unitário implícito de água²⁹ (em $\text{R}\$/\text{m}^3$) por grande setores; c) multiplicar os valores encontrados nas duas primeiras etapas (quantidade e preço) para cada setor do modelo.

Para estimar o volume de água de cada setor usuário, foram utilizados os dados sobre os usos consuntivos da água no Brasil da ANA (2019b). Esses dados disponibilizam a demanda de água municipal por setores como abastecimento humano (urbano e rural), abastecimento animal, indústria de transformação, mineração, setor de energia termelétrica e a agricultura irrigada. Os

²⁹ O custo implícito de água é o valor unitário que representa a razão entre o valor total arrecadado pelo uso de água e a vazão de consumo total de água na economia (CIASCA, 2023).

dados foram atualizados em 2022, com estimativas de 1931 a 2021 (diagnóstico) e projeções até 2040 (prognóstico).

Para estimar o volume de água utilizado por cada setor usuário, foram empregados os dados da ANA (2019b) referentes aos “Usos Consuntivos da Água no Brasil (1931-2040)”. Essas informações abrangem a demanda de água municipal em diversos setores, incluindo abastecimento humano (setor de água e esgoto), abastecimento animal (pecuária), indústria de transformação, mineração, setor de energia termelétrica e agricultura irrigada. Os dados foram atualizados em 2022, com registros desde 1931 até 2021 (diagnóstico) e projeções estendidas até 2040 (prognóstico).

Em relação às informações sobre o valor arrecadado pelo uso de água nos grandes setores, os dados foram obtidos por meio do site da ANA. Utilizando essas informações, o custo unitário implícito da água para cada setor foi calculado aplicando a seguinte fórmula, conforme a Equação 4:

$$\text{Equação 11: } \textit{Custo unitário implícito}_{\text{setor}} = \frac{\textit{Valor total arrecadado}_{\text{setor}}}{\textit{Volume de água consumido}_{\text{setor}}}$$

A Tabela 14 apresenta os resultados do cálculo do custo unitário implícito da água no Brasil referente ao ano de 2015. Observa-se que o setor agropecuário é o principal demandante, representando 78,8% do consumo total de água na economia brasileira. Por outro lado, o agropecuário é o setor que apresenta o menor custo unitário implícito, equivalente a R\$ 0,0001 por m³. Em contraste, o setor de saneamento é o que mais arrecada, totalizando R\$ 206,5 milhões, com um custo unitário implícito de R\$ 0,055 por m³. As indústrias também contribuem significativamente para a arrecadação, representando 24,7% do total. Ao somar os valores arrecadados pelos setores de saneamento e indústrias e outros, percebe-se que esses representam quase a totalidade, com 94,8% do total arrecadado. Dessa forma, além do setor agropecuária, é relevante incluir outros setores usuário de água no modelo.

Tabela 14- Custo unitário implícito da água no Brasil em 2015 (em R\$/m³)

Setor	Dados ANA (2019b)	(%)	Dados ANA ³⁰	(%)	Calculado
	Volume de consumo (hm³)		Arrecadação observada (R\$)		Custo unitário implícito (R\$/m³)
Saneamento	3.754	10,9	206.541.682	70,1	0,0550
Indústria e outros	3.352	9,7	72.872.681	24,7	0,0217
Agropecuária	27.081	78,3	3.818.528	1,3	0,0001
Mineração	278	0,8	9.581.044	3,3	0,0345
Termoelétrica	100	0,3	1.972.826	0,7	0,0196
Total	34.565	100	294.786.761	100	0,0085

Fonte: adaptada de Ciasca (2023).

Os dados disponíveis no Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019b) não apresentam uma desagregação setorial compatível com os setores do modelo. Dessa forma, foi necessário estimar a participação percentual de cada setor desejado para distribuir os valores agregados entre esses setores. Para calcular essa participação percentual, adotou-se a metodologia descrita em ANA (2020a).

4.3.2.1 Setor da Agricultura

Para calcular o consumo de água para cada setor agrícola do modelo, as áreas de irrigação de cada cultivo foram utilizadas como proxy para calcular a participação percentual de cada setor sobre o consumo de água na agricultura, permitindo a desagregação dos dados de consumo de água para irrigação da ANA (2019b). Para os cultivos de Arroz, cana-de-açúcar e “demais culturas”, foram empregados dados provenientes da planilha “Demanda Hídrica por Tipologia, por Município e Unidade da Federação³¹”, originada do estudo da ANA (2017a). Para desagregar os cultivos de “demais culturas”, foram utilizados os dados de áreas dos cultivos disponíveis em Censo Agropecuário 2017.

³⁰ Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos/cobranca/historico-da-cobranca>.

³¹ Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c639ac44-8151-421d-a1ed-c333392d76a9/attachments/ATLAS_Irigacao_DemandaHidrica_2015_2030_ANA_Metadados_env_v2.xlsx.

4.3.2.2 Setor da Pecuária

Para calcular o consumo de água do setor da pecuária, a metodologia da ANA (2019) considera coeficientes técnicos per capita (litros por dia por cabeça) por tipo de rebanho, multiplicados pelo número de cabeças registrado no ano de interesse.

A ANA (2019) destaca a importância de diferenciar o consumo de água por espécie de animal, devido às variações significativas nas demandas fisiológicas. Para garantir a precisão, a ANA revisou os coeficientes com base na literatura existente, analisando-os minuciosamente para cada tipo de rebanho, considerando sua representatividade e as fontes de dados utilizadas. Além disso, os coeficientes foram ajustados para incorporar outras necessidades de criação animal, como lavagem, limpeza e manutenção de instalações e estruturas.

O cálculo do consumo de água do rebanho em hm^3/ano segue na Equação 5 proposta por ANA (2019) e Ciasca (2023):

$$\text{Equação 12: } WTR_{REB,i,j} \left(\frac{\text{hm}^3}{\text{ano}} \right) = \left[\text{Coef}_{consumo,i} \times \left(\frac{REB_{i,j} \times \text{Coef}_{REB,i} \times 365}{1.000.000.000} \right) \right]$$

Onde:

$WTR_{REB,i,j} \left(\frac{\text{hm}^3}{\text{ano}} \right)$: consumo de água do rebanho i em milhão de metro cúbico em região j .

$\text{Coef}_{consumo,i}$: coeficiente de consumo em percentual para o rebanho i .

$REB_{i,j}$: número total de cabeças de rebanho i em região j .

$\text{Coef}_{REB,i}$: coeficiente de retirada de água em litros por cabeça do rebanho i .

Os valores dos coeficientes técnicos por tipo de rebanho são fornecidos pelo manual da ANA, e os dados referente à quantidade de cabeças foram coletados em PPM (Pesquisa da Pecuária Municipal) do IBGE para o ano 2015, por microrregiões.

4.3.2.3 Setor da Indústria Extrativa

A mineração demanda um volume expressivo de captação de água, corresponde a 1,6% da retirada nacional, o que equivale ao volume de abastecimento de toda a população rural brasileira. Esse setor se caracteriza pela forte concentração no território, notadamente em alguns municípios de Minas Gerais (53%) e do Pará (28% do total) (ANA, 2019b). Portanto, no modelo

utilizado neste trabalho, o consumo de água desse setor está concentrado principalmente na região Resto do Brasil (96%).

Como o setor de indústria extrativa é agregado em único setor no modelo, as informações sobre o consumo de água na “mineração” do estudo “Demanda Hídrica Total e Setorial por Município – 1931 a 2040 (anual)” da ANA (2019)³² foi aproveitado sem alteração.

4.3.2.4 Setor da Indústria de Transformação

A demanda por água na indústria de transformação varia amplamente, dependendo tanto do tipo de produto ou serviço fabricado quanto dos processos industriais associados (ANA, 2020a). A água pode ser utilizada de diversas maneiras, como matéria-prima e reagente, solvente de substâncias sólidas, líquidas e gasosas, lavagem de gases e sólidos para retenção de materiais contidos em misturas, veículos de suspensão de materiais em fase sólida e em operações envolvendo transmissão de calor (ANA, 2019b).

No que diz respeito às informações sobre o uso de água industrial, a ANA (2017)³³ fornece dados sobre a demanda em 2015, a nível municipal, usando uma metodologia indireta. Isso ocorreu devido à escassez de inventário de medição, o que exigiu a utilização de estimativas indiretas para construir uma matriz de coeficientes técnicos que expressasse as relações de uso da água em diversas atividades industriais. O método de estimação do consumo de água na indústria de transformação envolve a aplicação de coeficientes técnicos (vazões médias por trabalhador, por atividade industrial) ao número de trabalhadores em um setor industrial específico, em um determinado município.

Para este estudo, a partir dos dados fornecidos pela ANA (2017), foram extraídas as informações sobre o consumo de água em metros cúbicos por segundo (m³/s) em 2015, por município. Esses dados foram agregados em nível nacional, e a unidade de medida foi convertida para hm³/ano.

³² Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/5146c9ec-5589-4af1-bd64-d34848f484fd>. Acesso em: 24 jun. 2023.

³³ Disponível em <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c3cd1505-0a96-4b79-9604-4f69f8cec225>. Acesso em: 19 jul. 23.

4.3.2.5 Setor de energia elétrica

Os dados de consumo de água referente ao setor de energia elétrica foram obtidos a partir das informações de consumo de água em usinas termelétricas da ANA (2019b). Embora as usinas hidrelétricas utilizem a água na produção de energia e paguem por esse uso, não há um uso consuntivo significativo neste setor, pois a água retirada é equivalente à água de retorno, não resultando em um consumo efetivo de água. Assim, no modelo, o uso de água pelo setor de energia considera apenas o setor de energia termelétrica.

4.3.2.6 Setor de água e esgoto

Os valores de consumo de água no setor de água e esgoto foram calculados como a soma do abastecimento urbano e rural, conforme os dados de usos consuntivos do Brasil (ANA, 2019b). Neste estudo, presume-se que o consumo de água nos setores de serviços é exclusivamente para uso humano, e esse consumo de água já está incluído nos dados do setor de água e esgoto. Portanto, não há consumo de água nos outros setores de serviços.

4.3.2.7 Dados de água

A Tabela 15 apresenta os valores calculados para o consumo e custo monetário de água, juntamente com sua distribuição setorial, considerando o nível de desagregação setorial do modelo para o ano 2015. O volume total de água considerado neste modelo é de 38.380 hm³. Os setores que mais consomem água no modelo são “Outras lavouras temporárias” (31% do total), “Outras lavouras permanentes” (10,1% do total) e “Água e esgoto” (9,8% do total). Já os setores que mais contribuem financeiramente pelo uso de água no modelo são “Água e esgoto”, responsável por 69,9% do total arrecadado, e setor de refinaria de “Açúcar” com 12,7% do total.

A regionalização do valor monetário da água, apresentada na Tabela 15, seguiu o procedimento da regionalização dos fatores primários (terra, capital e trabalho) desenvolvido pelo NEMEA. O método consiste em distribuir os valores de acordo com a participação da produção em cada região do modelo. A partir da adaptação de Carvalho (2014), é calculado da seguinte forma:

Equação 13: $VWTR_{i,r} = FAC_{i,ater,r}$

Equação 14: $FAC_{i,g,r} = NFAC_{i,g}$

Onde $VWTR_{i,r}$ representa a remuneração da água por setor i em cada região r . $FAC_{i,water,r}$ é o custo do fator água no setor i na região r , que foi distribuído por região por meio da Equação 14, em que $FAC_{i,g,r}$ representa a matriz de custos dos fatores primários mais impostos (dimensão g) por setor em cada região, e $NFAC_{i,g}$ representa a matriz de custos nacional dos fatores.

**Tabela 15- Consumo e custo monetário da água setorial nacional do modelo
(ano base de 2015)**

Nº	Setor	Consumo de água (hm³)	(%)	Valor monetário da água (R\$ milhões)	(%)
1	Outras lavouras temporárias	11.897	31,0	1,677	0,6
2	Milho em grão	2.727	7,1	0,385	0,1
3	Cana-de-açúcar	2.284	6,0	0,322	0,1
4	Abacaxi	39	0,1	0,005	0,0
5	Mandioca	635	1,7	0,090	0,0
6	Melão	139	0,4	0,020	0,0
7	Feijão	1.459	3,8	0,206	0,1
8	Tomate	26	0,1	0,004	0,0
9	Melancia	229	0,6	0,032	0,0
10	Outras lavouras permanentes	3.867	10,1	0,545	0,2
11	Banana	1.647	4,3	0,232	0,1
12	Uva	276	0,7	0,039	0,0
13	Manga	817	2,1	0,115	0,0
14	Coco-da-baia	610	1,6	0,086	0,0
15	Castanha de Caju	115	0,3	0,016	0,0
16	Goiaba	137	0,4	0,019	0,0
17	Maracuja	99	0,3	0,014	0,0
18	Mamão	78	0,2	0,011	0,0
19	Bovinos e outros animais	3.005	7,8	0,424	0,1
20	Leite de vaca e de outros animais	513	1,3	0,072	0,0
21	Suínos	145	0,4	0,020	0,0
22	Aves e ovos	152	0,4	0,021	0,0
23	Exploração florestal e silvicultura	-	0,0	-	0,0
24	Pesca e aquicultura	-	0,0	-	0,0
25	Indústria extrativa	278	0,7	9,581	3,2
26	Carne de bovinos e outros produtos de carne	16	0,0	0,344	0,1
27	Carne de outros animais	71	0,2	1,534	0,5
28	Açúcar	1720	4,5	37,393	12,7
29	Alimentos, bebidas e fumo	185	0,5	4,011	1,4
30	Têxteis e couro	107	0,3	2,317	0,8
31	Madeira, celulose e papel	132	0,3	2,868	1,0
32	Devidados de petróleo	34	0,1	0,742	0,3
33	Etanol e outros biocombustíveis	811	2,1	17,626	6,0
34	Outras Indústrias de transformação	278	0,7	6,038	2,0
35	Elettricidade, gás e outras	100	0,3	1,973	0,7
36	Água e esgoto	3754	9,8	206,542	69,9
37	Construção	-	0,0	-	0,0
38	Comércio	-	0,0	-	0,0
39	Transporte de carga	-	0,0	-	0,0
40	Serviço	-	0,0	-	0,0
41	Serviço público	-	0,0	-	0,0
Total		38.380	100	295	100

Fonte: Elaboração própria.

5 SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Este capítulo descreve a estratégia de simulação adotada para representar os choques dos três cenários estudados: a) O aumento da oferta hídrica proveniente do PISF; b) A realocação dos custos de operação da transposição para os produtores usuários da água fornecida pelo PISF; e c) Adicionalmente ao cenário “b” anterior, o aumento dos gastos do governo demandante da água do PISF, assumindo a hipótese de que não haverá mais custo com a operação de transposição para o governo.

5.1 Estratégia de Simulação

5.1.1 Cenário de referência

Nas simulações do modelo EGC dinâmico, o cenário de referência, também conhecido como cenário base, desempenha o papel de uma trajetória econômica padrão para ser comparada com os cenários específicos que estão sendo avaliados. Os resultados dos cenários estudados são interpretados como os desvios em relação ao cenário de referência.

O modelo de EGC é constituído por uma extensa quantidade de equações destinadas a representar a economia real. O modelo condensado³⁴ utilizado neste trabalho possui um total de 39.686 equações. Para conduzir a simulação do modelo de EGC, é necessário definir o fechamento (*closure*). O fechamento refere-se à definição do conjunto de variáveis endógenas e exógenas na simulação. Essa determinação não modifica diretamente a estrutura dos mecanismos que compõe o modelo, mas influencia a forma como os efeitos são transmitidos. A Tabela 16 apresenta o bloco de variáveis exógenas utilizadas para o fechamento padrão do modelo.

³⁴ Condensação do modelo de EGC é a técnica utilizada para reduzir o tempo gasto na simulação, diminuindo o tamanho do modelo eliminando as variáveis que não serão utilizados na simulação, sem afetar o mecanismo fundamental do modelo. O modelo não condensado possui total de 82.683 equações.

Tabela 16- Descrição das variáveis exógenas do fechamento padrão do modelo.

Variável	Dimensões	Descrição
<u>Variáveis que compõem o PIB real pelo lado da oferta</u>		
acap	IND*DST	Mudança tecnológica do fator capital
alnd	IND*DST	Mudança tecnológica do fator terra
aprim_i	DST	Mudança tecnológica genérica de fatores primários
aprimtot	1	Mudança tecnológica genérica de fatores primários
atot	IND*DST	Mudança tecnológica genérica
atradmar_cs	MAR*ORG*DST	Mudança tecnológica de margens
awtr	IND*DST	Mudança tecnológica do fator água
bint_scd	IND	Mudança tecnológica de bens intermediários
blab_o	IND*DST	Mudança tecnológica do fator trabalho
blab_oid	1	Mudança tecnológica do fator trabalho
delfwage_o	1	Mudança no mecanismo de ajuste do salário real
delLnd	1	Variável para acionamento na projeção do uso da terra
delPTXRATE	IND*DST	Mudança na taxa de imposto sobre a produção
delUnity	1	Variável para acionamento do mecanismo de acum. de capital
emptrend	OCC	Emprego tendencial
flab_id	OCC	Variação adicional nos salários
flab_io	DST	Variação adicional nos salários
flab_iod	1	Variação adicional nos salários
fqtrans	ALNDTYPE*DST	Variação adicional no uso da terra
fnorm	IND*DST	Variação adicional no retorno bruto do capital
fnorm_id	1	Variação adicional no retorno bruto do capital
gtrend	IND*DST	Razão tendencial entre capital e investimento
lndtwist	LNDIND*DST	Mudança no uso da terra não causada pelos preços
pwtr	IND*DST	Variação no preço do fator água
xcap	IND*DST	Uso de capital
<u>Variáveis que compõem o PIB real pelo lado da demanda</u>		
fgovgen	1	Mudança na demanda do governo
fgov_s	COM*DST	Mudança na demanda do governo
fgovtot	DST	Mudança na demanda do governo
finv1	IND*DST	Mudança no investimento por setor e região
fpexp	COM*SRC	Variação adicional no preço das exportações
fqexp	COM*SRC	Variável adicional na quantidade das exportações
fqexp_cs	1	Variável adicional na quantidade das exportações
houslack	1	Variável para acionamento da acomodação de variações no consumo
invslack	1	Variável para acionamento da acomodação de variações no investimento
labslack	1	Variável para acionamento da acomodação de variações no emprego
nhou	DST	População regional
pfimp	COM*ORG	Variação adicional no preço das importações
phi	1	Taxa de câmbio (numerário)
xhoutot	DST	Consumo real total das famílias

Fonte: Elaboração própria.

Segundo Simonato (2023), a seleção do fechamento deve assegurar uma caracterização consistente do cenário econômico, alinhada com o ambiente econômico em que a política é implementada. Além disso, deve permitir que os choques aplicados no modelo representem de

maneira satisfatória a política econômica analisada, considerando também o potencial analítico desejado para os resultados. Portanto, para cada cenário analisado, é necessário adotar o fechamento apropriado por meio da troca (*swap*) de variáveis entre endógenas e exógenas.

De modo geral, a definição do fechamento no cenário de referência visa estabelecer uma trajetória para a economia, que servirá como base de cálculo para avaliar os desvios gerados pelos choques implementados no cenário de política. A Tabela 17 destaca as trocas (*swaps*) adotadas no cenário de referência. Na primeira coluna, são listadas as variáveis que foram transformadas de exógenas para endógenas, ou seja, aquelas que eram originalmente exógenas no fechamento padrão e passaram a ser endógenas no fechamento do cenário de referência. Na segunda coluna, ocorre o inverso, indicando as variáveis que foram selecionadas exógenas no novo fechamento. No cenário de referência, os agregados macroeconômicos como PIB, consumo das famílias, investimento, exportação e importação foram definidas como variáveis exógenas. No período observado (2016-2022), a taxa de desmatamento foi definida como exógena e no período futuro (2023-2040) essa taxa é definida endogenamente. Em relação à água, a quantidade de fator primário água foi definida como exógena³⁵ e o preço é definido endogenamente.

Tabela 17- Swaps aplicados no fechamento padrão para o cenário de referência

Variável		Efeito	2016-2022	2023-2040
Endógena	Exógena			
aprim_i	xgdpexp	PIB real regional exógeno	x	
aprimtot	NatMacro("RealGDP")	PIB real agregado exógeno		x
frnorm_id	NatMacro("RealInv")	Investimento agregado exógeno	x	x
fgovgen	NatMacro("RealGov")	Consumo do governo agregado exógeno	x	x
fqexp_cs	NatMacro("ExpVol")	Exportação agregada exógena		x
flab_iod	NatMacro("AggEmploy")	Emprego agregado exógeno	x	x
pwtr	xwtr	Variação de quantidade do fator água exógena	x	x
fqtrans("UNUSED", REG)	qlndbrd1("UNUSED", REG)	Taxa de desmatamento exógeno	x	

Fonte: Elaboração própria.

³⁵ A taxa da variação da quantidade de fator água está na Tabela 23 adiante.

O cenário de referência pode ser dividido em duas etapas: o período observado e o período futuro. Nas simulações do modelo de EGC dinâmico, o período histórico serve para atualizar a base de dados do modelo visto que a base de dados do modelo é constituída, normalmente, em um determinado período passado. Portanto, para realizar a projeção para o período futuro, é necessário atualizar a base de dados aplicando choques às variáveis agregadas e a outras variáveis relevantes no estudo, reproduzindo a trajetória dos agregados macroeconômicos observados na economia durante o período histórico. A seguir, serão apresentados os choques empregados nas simulações desta tese.

Em relação ao PIB real, os impactos das atividades econômicas foram aplicados em nível regional para melhor capturar o crescimento em cada região. Dado que, até o momento da elaboração deste estudo, não havia disponibilidade de dados do PIB regional até o ano de 2022, optou-se por uma estimativa. Essa estimativa foi derivada da taxa de crescimento regional média anual durante o período de 2015 a 2020, utilizando os dados do PIB municipal como participação na taxa de crescimento do PIB nacional no intervalo de 2015 a 2022, conforme fornecido pelo IBGE. A Tabela 18 exibe os choques aplicados sobre o PIB regional real durante o período observado de 2015 a 2022. As regiões que registram as maiores e menores taxas de crescimento pertencem ao estado do Ceará. Estas regiões são, respectivamente, o Norte Cearense, com uma taxa de crescimento de 1,78%, e a Metropolitana de Fortaleza, com uma taxa de 0,49%, onde se encontra a capital do estado. Em linhas gerais, a maioria das regiões no modelo exibe uma taxa de crescimento superior à média nacional de 0,79%. No entanto, é importante notar que essas taxas apresentam certa variabilidade, variando de 0,49% a 1,78%.

Tabela 18- Taxa de crescimento média anual do PIB regional no período de 2015 a 2022.

Nº	Região	UF	PIB real (%)
1	Centro-Sul Cearense	CE	0,99
2	Jaguaribe	CE	1,11
3	Metropolitana de Fortaleza	CE	0,49
4	Norte Cearense	CE	1,78
5	Sertões Cearenses	CE	1,29
6	Sul Cearense	CE	0,87
7	Agreste Paraibano	PB	0,76
8	Borborema	PB	1,02
9	Mata Paraibana	PB	0,79
10	Sertão Paraibano	PB	0,83
11	Agreste Pernambucano	PE	0,96
12	São Francisco Pernambucano	PE	0,75
13	Sertão Pernambucano	PE	1,02
14	Agreste Potiguar	RN	1,06
15	Central Potiguar	RN	1,12
16	Oeste Potiguar	RN	0,82
17	Resto do Pernambuco	PE	1,24
18	Resto do Ceará	CE	0,57
19	Resto do Paraíba	PB	0,53
20	Resto do Rio Grande do Norte	RN	0,56
21	Resto do Nordeste	-	0,81
22	Resto do Brasil	-	0,80

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IBGE.

Para a variável de exportação, a taxa de crescimento setorial no período de 2015 a 2022 foi derivada a partir dos dados do Comex Stat. A Tabela 19 exhibe essas taxas de crescimento da exportação, as quais foram aplicadas como choque na simulação. Notavelmente, os setores de Cana-de-açúcar, Mandioca e Pesca e aquicultura destacam-se com taxas positivas expressivas de 91,86%, 51,73% e 21,95%, respectivamente. Por outro lado, setores como Maracuja e “Água e esgoto” registraram taxas de crescimento negativo de 32,04% e 25,17%, respectivamente. Vale observar que, na base de dados da matriz de insumo-produto de 2015 do IBGE, o setor “Água e esgoto” apresenta exportações no valor de R\$ 4 milhões, quantia extremamente inferior em comparação com os demais setores. Ao analisar os dados de exportação do Comex Stat, percebe-se que os produtos exportados pelo setor de “Água e esgoto” referem-se a resíduos e materiais de reciclagem, ou seja, não estão relacionados diretamente à água.

Tabela 19- Taxa de crescimento média anual da exportação por setor no período de 2015 a 2022 (var. %).

Nº	Setor	Exportação	Nº	Setor	Exportação
1	Outras lavouras temporárias	3,43	22	Aves e ovos	-4,00
2	Milho em grão	3,50	23	Exploração florestal e silvicultura	1,00
3	Cana-de-açúcar	91,86	24	Pesca e aquicultura	21,95
4	Abacaxi	17,87	25	Indústria extrativa	6,55
5	Mandioca	51,73	26	Carne de bovinos e outros produtos de carne	11,18
6	Melão	-0,09	27	Carne de outros animais	5,22
7	Feijão	1,50	28	Açúcar	5,36
8	Tomate	15,54	29	Alimentos, bebidas e fumo	7,37
9	Melancia	9,50	30	Têxteis e couro	3,79
10	Outras lavouras permanentes	0,75	31	Madeira, celulose e papel	4,07
11	Banana	0,26	32	Devidados de petróleo	16,33
12	Uva	6,25	33	Etanol e outros biocombustíveis	10,18
13	Manga	5,76	34	Outras Indústrias de transformação	2,70
14	Coco-da-baia	-6,57	35	Eletricidade, gás e outras	2,64
15	Castanha de Caju	-3,41	36	Água e esgoto	-25,17
16	Goiaba	13,76	37	Construção	0,00
17	Maracuja	-32,04	38	Comércio	0,00
18	Mamão	-0,15	39	Transporte de carga	0,00
19	Bovinos e outros animais	-0,71	40	Serviço	0,00
20	Leite de vaca e de outros animais	0,00	41	Serviço público	0,00
21	Suínos	-0,89			

Fonte: Elaboração própria com base nos dados de Comex Stat.

As variações percentuais anuais do PIB, consumo do governo, investimento, consumo das famílias e exportações no período de 2016 a 2022 foram adotadas com base nos dados do IPEA (2023). Para a taxa anual de crescimento populacional de 2016 a 2022, as estimativas da população do IBGE foram utilizadas. Para a variável de consumo das famílias, os dados foram considerados até 2020, enquanto para o intervalo de 2023 a 2040, foram empregadas projeções de mercado para o cenário base. No que diz respeito ao crescimento do PIB, os dados para o período de 2023 a 2026 refletem as projeções do Boletim Focus (Banco Central, 2023), estendidas até 2040. As projeções para o crescimento populacional seguiram a taxa média de crescimento geométrico fornecida pelo IBGE-Pop (IBGE, 2023). Para as demais variáveis (Consumo das famílias, Investimento, Gasto do Governo e Exportação), foram utilizados valores de projeção homogêneos, em 2%, pela ausência de informações. A Tabela 20 apresenta as demais taxas das variáveis agregadas aplicadas na simulação do cenário de referência.

Tabela 20- Variáveis macroeconômicas observadas no período 2016-2022 (variação % anual)

Variável	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023-2040
PIB real	-2,9	1,3	1,8	1	-3,2	4,8	3	1,9 a 2,2
Consumo das famílias	-3,77	2,09	2,33	2,62	-4,46	2,00	2,00	2,00
Investimento	-13,95	2,59	3,46	1,36	-4,1	18,68	0,89	2,00
Gasto do governo	0,21	-0,67	0,79	-0,49	-3,69	3,46	1,53	2,00
Exportação	0,86	4,91	4,05	-2,56	-2,29	5,87	5,54	2,00
Emprego nacional	-1,90	-0,06	1,83	2,14	-6,86	3,32	8,04	0,803 a 0,43

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IBGE.

Em relação às taxas de desmatamento, essas foram calculadas a partir dos dados obtidos na construção da matriz de transição do uso da terra neste trabalho, referente às áreas de “Floresta Natural e demais usos”. A Tabela 21 exibe as áreas de desmatamento (redução das áreas de floresta natural e demais usos) entre 2016 e 2021 para as 22 regiões do modelo, expressas em variação percentual. É importante ressaltar que foi adotada a hipótese de considerar como zero a variação positiva, uma vez que o aumento das áreas de “Floresta natural e demais usos” é atribuído ao aumento das demais áreas. Isso se baseia na suposição de que a floresta natural não surge de forma significativa de um ano para o outro. A limitação desta suposição é que pode haver casos em que há redução das áreas de floresta natural, mas essa redução é compensada pelo aumento das áreas de demais usos. Observa-se que as taxas de desmatamento para as 22 regiões do modelo são baixas, e muitas regiões apresentam variação nula. Como esperado, a região que apresenta maior taxa de desmatamento é o Resto do Brasil.

Tabela 21- Áreas de desmatamento entre 2016 e 2021 (em var. % do total da área de floresta natural e demais usos).

Nº	Região	UF	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Centro-Sul Cearense	CE	-0,0015	-0,0025	-0,0029	-0,0003	-0,0002	-0,0002
2	Jaguaribe	CE	-0,0120	-0,0049	-0,0003	-0,0029	-0,0010	-0,0022
3	Metropolitana de Fortaleza	CE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	Norte Cearense	CE	-0,0006	0,0000	0,0000	-0,0007	-0,0001	0,0000
5	Sertões Cearenses	CE	-0,0128	-0,0021	-0,0017	0,0000	-0,0015	0,0000
6	Sul Cearense	CE	-0,0050	-0,0073	-0,0010	0,0000	-0,0010	-0,0003
7	Agrete Paraibano	PB	-0,0081	-0,0044	-0,0086	0,0000	-0,0004	0,0000
8	Borborema	PB	-0,0209	-0,0127	-0,0030	-0,0002	-0,0001	-0,0009
9	Mata Paraibana	PB	-0,0009	0,0000	-0,0019	0,0000	-0,0002	0,0000
10	Sertão Paraibano	PB	-0,0125	-0,0002	0,0000	-0,0005	-0,0001	-0,0003
11	Agrete Pernambucano	PE	-0,0112	-0,0007	-0,0100	0,0000	-0,0001	0,0000
12	São Francisco Pernambucano	PE	-0,0049	-0,0051	0,0000	0,0000	-0,0020	0,0000
13	Sertão Pernambucano	PE	-0,0078	0,0000	-0,0001	0,0000	-0,0010	-0,0002
14	Agrete Potiguar	RN	0,0000	-0,0012	-0,0004	0,0000	-0,0001	0,0000
15	Central Potiguar	RN	-0,0111	-0,0094	-0,0038	-0,0019	-0,0002	-0,0011
16	Oeste Potiguar	RN	-0,0130	-0,0028	-0,0004	-0,0036	-0,0003	-0,0007
17	Resto do Pernambuco	PE	-0,0020	-0,0009	0,0000	0,0000	-0,0004	0,0000
18	Resto do Ceará	CE	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
19	Resto do Paraíba	PB	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20	Resto do Rio Grande do Norte	RN	0,0000	-0,0072	0,0000	-0,0003	0,0000	0,0000
21	Resto do Nordeste	NA	-0,3146	-0,1551	-0,1002	0,0000	0,0000	-0,2295
22	Resto do Brasil	NA	-1,4211	-0,6890	-0,5769	-0,3400	-0,7167	-3,6203

Fonte: Elaboração própria.

Para calcular o efeito econômico da oferta hídrica decorrente do PISF, optou-se por inserir o choque de aumento da oferta hídrica no cenário de referência. Mesmo que tenha ocorrido um fornecimento de água da transposição no período de 2018 a 2022, embora com baixa expressividade, esses dados fazem parte do cenário de referência observado. Para manter a consistência da simulação, inseriu-se choques de aumento da oferta hídrica também para o período de projeção de 2023 a 2040³⁶. Esse horizonte de tempo foi escolhido por ser compatível com o novo Plano Nacional de Recursos Hídricos de 2023, o que torna as projeções mais úteis para comparações com outros estudos relacionados a questões hídricas.

Para avaliar os impactos econômicos da oferta de água pelo PISF, removeu-se o aumento da oferta hídrica adicionado no cenário de referência. Dessa forma, realiza-se a decomposição do impacto da variação da oferta hídrica. Entretanto, para reportar os resultados, bem como para suas análises, os sinais dos resultados serão invertidos para facilitar a interpretação.

³⁶ O cálculo e a hipótese assumida serão apresentados mais adiante no texto.

Para o cálculo de estimativa de oferta de água regional, foi necessário, inicialmente, determinar a disponibilidade de vazão de água em cada uma das 22 regiões do modelo. Utilizou-se os dados de "Disponibilidade Hídrica Superficial (BHO 2013)" da ANA (2016), que oferece estimativas da disponibilidade hídrica de águas superficiais no Brasil. A vazão adotada em cada região foi a média das vazões dos trechos dos rios que percorrem o território de cada um dos 5.570 municípios brasileiros. Caso não houvesse dados de vazão dos rios dentro de um município específico, adotou-se o valor da vazão da fonte d'água mais próxima da fronteira desse município.

Após esse cálculo, somaram-se as vazões de água para as 22 regiões do modelo. A Tabela 22 apresenta os valores da disponibilidade hídrica calculada para essas regiões, bem como os valores de vazão de água provenientes do PISF. Em relação à água da transposição, adotou-se os dados fornecidos pelo PGA como estimativa. Como mencionado anteriormente, anualmente, os estados devem requisitar as vazões necessárias e suas finalidades para o ano por meio do PGA, e assim, essas vazões estão descritas no PGA. Quando a finalidade da descrição do uso da água era "irrigação e demais usos", a vazão da água foi distribuída entre os setores de "água e esgoto", "agricultura" e "pecuária", seguindo a proporção da demanda hídrica de cada setor na região.

Conforme apresentado na Tabela 22, a Região 12, São Francisco Pernambucano (PE), destaca-se por possuir uma disponibilidade hídrica superficial significativamente superior em relação às demais regiões, alcançando o valor de 2276,9 m³/s, devido à sua localização adjacente ao rio São Francisco. Por outro lado, regiões como Sul Cearense (CE), Agreste Potiguar (RN), Mata Paraibana (PB) e Borborema (PB) apresentam disponibilidade hídrica superficial extremamente reduzida se comparadas às demais regiões do modelo, registrando valores de 1,5m³/s, 4,3m³/s, 5,7m³/s e 7m³/s, respectivamente.

No que diz respeito à água de transposição adquirida em 2022, observa-se que algumas regiões ainda não foram beneficiadas devido à operacionalização não regular do PISF. Em termos de setores beneficiados, conforme descrito nos PGAs, a água da transposição foi direcionada predominantemente para o abastecimento humano. Os setores de agricultura e pecuária foram beneficiados em apenas algumas regiões da Paraíba, como Agreste Paraibano, Borborema, Mata Paraibana e Sertão Paraibano.

Tabela 22- Disponibilidade hídrica superficial e vazão de água transposta pelo PISF para 22 regiões do modelo (em m³/s)

Nº	UF	Região	Eixo	Disponibilidade hídrica (m³/s)	Transposição PISF (m³/s) em 2022			
					Água e Esgoto	Agri.	Pec.	Total
1	CE	Centro-Sul Cearense	Norte	14,9	3,75	0	0	3,75
2	CE	Jaguaribe	Norte	41,4	3,75	0	0	3,75
3	CE	Metropolitana de Fortaleza	Norte	21,6	3,75	0	0	3,75
4	CE	Norte Cearense	Norte	9,7	3,75	0	0	3,75
5	CE	Sertões Cearenses	Norte	16,4	0	0	0	0
6	CE	Sul Cearense	Norte	1,5	3,75	0	0	3,75
7	PB	Agreste Paraibano	Leste	15,8	3,20	0,04	0,01	3,25
8	PB	Borborema	Leste Norte	7,0	3,20	0,04	0,01	3,25
9	PB	Mata Paraibana	Leste	5,7	3,20	0,04	0,01	3,25
10	PB	Sertão Paraibano	Leste Norte	41,9	3,20	0,04	0,01	3,25
11	PE	Agreste Pernambucano	Leste	30,0	0,58	0	0	0,5782
12	PE	São Francisco Pernambucano	Norte	2276,9	0	0	0	0
13	PE	Sertão Pernambucano	Leste Norte	17,2	0,59	0	0	0,5921
14	RN	Agreste Potiguar	Norte	4,3	0	0	0	0
15	RN	Central Potiguar	Norte	10,1	0	0	0	0
16	RN	Oeste Potiguar	Norte	20,7	0	0	0	0

Fonte: Elaboração própria com base nas informações do PGAs.

Para o cálculo dos valores do choque do aumento da oferta hídrica, o valor da disponibilidade hídrica superficial de cada região apresentada na Tabela 22 foi distribuída por setores seguindo a participação de demanda hídrica de cada setor desta região a partir dos dados de usos consuntivos do Brasil da ANA (ANA, 2019b). A partir destas informações, junto com as informações da vazão de água ofertada pelo PISF, em 2022, foi possível calcular o percentual de aumento da oferta hídrica de cada região. A Tabela 24 reporta as taxas de variação percentual de aumento da oferta hídrica decorrente do PISF em variação percentual anual para o período observado (2016-2022) e para o período futuro de projeção (2023-2040), por setor e por 22 regiões do modelo.

Em relação ao aumento da oferta hídrica no período de 2023 a 2040, assume-se a hipótese de que o PISF passará a operar, regularmente, a partir de 2023, disponibilizando toda a vazão de água, conforme o cenário de referência estipulado na planilha de cálculo da tarifa fornecida pelo PISF. A Tabela 23 apresenta os valores das vazões de água disponibilizadas pelo PISF, por eixo dos canais e por estados. Essa vazão de água foi distribuída para todos os setores

demandantes do fator primário água do modelo, conforme a demanda de consumo de água setorial de cada região, e a variação percentual do aumento da oferta hídrica em relação a 2022.

Tabela 23- A vazão de água disponibilizada pelo PISF no cenário de referência

Estados	Vazão Disponibilizada (m³/s)		Soma (m³/s)
	Eixo Norte	Eixo Leste	
CE	7,57	0,00	7,57
PB	0,85	4,20	5,05
PE	0,59	4,80	5,39
RN	1,97	0,00	1,97
Total	10,98	9,00	19,98

Fonte: baseados na planilha de metodologia de cálculo da tarifa da ANA.

A Tabela 24 apresenta as taxas de variação percentual anual do aumento da oferta hídrica decorrente do PISF para o período observado (2016-2022) e para o período futuro de projeção (2023-2040), por setor e por cada uma das 22 regiões do modelo.

Tabela 24- Taxa de variação percentual do aumento da oferta hídrica decorrente do PISF para 2016-2022 e 2023-2040 no cenário de referência

Nº	Região	2016-2022 (%)			2023-2040 (%)					
		Agri.	Pec.	Água	Agri.	Pec.	Ind. Extrat.	Ind. Transf.	Eletr.	Água
1	Centro-Sul Cearense	0,0	0,0	477,3	50,6	51,4	50,6	50,6	0,0	0,0
2	Jaguaribe	0,0	0,0	343,6	18,3	19,2	18,3	18,3	0,0	0,0
3	Metro. de Fortaleza	0,0	0,0	27,0	35,0	35,6	35,0	35,0	35,0	6,4
4	Norte Cearense	0,0	0,0	372,7	77,7	77,9	77,7	77,7	77,7	0,0
5	Sertões Cearenses	0,0	0,0	0,0	46,2	50,5	46,2	46,2	0,0	46,2
6	Sul Cearense	0,0	0,0	2253,5	511,3	511,3	511,3	511,3	0,0	0,0
7	Agreste Paraibano	1,2	0,4	39,8	98,0	15,4	5,8	2,9	0,0	0,0
8	Borborema	1,0	0,8	182,5	91,2	42,7	8,4	221,8	0,0	0,0
9	Mata Paraibana	1,3	7,6	539,0	137,5	9,2	0,3	0,2	0,0	0,0
10	Sertão Paraibano	0,1	0,3	48,7	10,9	21,0	36,3	14,5	0,0	0,0
11	Agreste Pernambucano	0,0	0,0	11,0	8,0	34,8	574,9	11,4	0,0	22,5
12	São Francisco PE.	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	2,1	0,6	0,0	0,3
13	Sertão Pernambucano	0,0	0,0	19,5	42,1	9,4	3,4	18,2	0,0	0,0
14	Agreste Potiguar	0,0	0,0	0,0	43,6	3,9	2,1	2126,0	0,0	20,5
15	Central Potiguar	0,0	0,0	0,0	20,7	11,4	5,8	13,5	0,0	22,8
16	Oeste Potiguar	0,0	0,0	0,0	2,2	2,3	93,3	956,2	0,0	31,1

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do PGAs e estimações deste trabalho.

5.1.2 Cenários de política

Como foi descrito no início desta seção, nesta tese foram analisadas três cenários referente ao estudo do impacto econômico do PISF sobre a região do semiárido do Nordeste. A Tabela 25 apresenta a descrição de cada cenário e os choques aplicados nas simulações.

Tabela 25- Descrição dos cenários analisados e os choques aplicados nas simulações do modelo

Cenário	Descrição	Choque
1	Aumento da oferta hídrica pela transposição do rio São Francisco (PISF)	- Aumento da oferta do fator primário água (xwtr)
2	Cobrança pelo uso de recursos hídricos fornecidos pelo PISF nos produtores a partir de 2025	- Aumento do preço do fator primário água (pwtr)
3	(2) + aumento do consumo do governo decorrente dos recursos que deixam de ser destinados ao pagamento da operação do PISF	- Aumento do preço do fator primário água (pwtr) - Aumento dos gastos do governo regional (fgovtot2)

Fonte: Elaboração própria.

No cenário 1, foi analisado apenas o impacto da variação da oferta hídrica decorrente do PISF. Como na simulação do cenário de referência foram inseridos os dados do aumento da oferta hídrica tanto no período observado (2016-2022) quanto no período futuro de projeção (2023-2040), no cenário de política foram aplicados os choques para retirar o montante de água do PISF, de forma a se estimar o impacto econômico dessa quantidade de fator primário (água). A Tabela 26 apresenta os choques da retirada do aumento da oferta hídrica decorrente do PISF. É importante ressaltar que na análise dos resultados os sinais dos resultados serão invertidos e serão analisados como impacto do aumento da oferta hídrica do PISF para facilitar a interpretação dos resultados.

Tabela 26- Taxa de variação percentual da ausência do aumento da oferta hídrica decorrente do PISF para 2016-2022 e 2023-2040 no Cenário 1

Nº	Região	2016-2022			2023-2040				
		Agri.	Pec.	Água	Agri.	Pec.	Ind.	Ind.	Eletr. Água
1	Centro-Sul Cearense	-82,7	0,0	0,0	-33,6	-33,9	-33,6	-33,6	0,0 0,0
2	Jaguaribe	-77,5	0,0	0,0	-15,4	-16,1	-15,4	-15,4	0,0 0,0
3	Metro. de Fortaleza	-21,2	0,0	0,0	-25,9	-26,3	-25,9	-25,9	-25,9 -6,0
4	Norte Cearense	-78,8	0,0	0,0	-43,7	-43,8	-43,7	-43,7	-43,7 0,0
5	Sertões Cearenses	0,0	0,0	0,0	-31,6	-33,5	-31,6	-31,6	0,0 -31,6
6	Sul Cearense	-95,8	0,0	0,0	-83,6	-83,6	-83,6	-83,6	0,0 0,0
7	Agreste Paraibano	-28,5	-1,2	-0,4	-49,5	-13,4	-5,4	-2,8	0,0 0,0
8	Borborema	-64,6	-1,0	-0,8	-47,7	-29,9	-7,7	-68,9	0,0 0,0
9	Mata Paraibana	-84,3	-1,3	-7,1	-57,9	-8,5	-0,3	-0,2	0,0 0,0
10	Sertão Paraibano	-32,8	-0,1	-0,3	-9,8	-17,4	-26,6	-12,7	0,0 0,0
11	Agreste Pernambucano	-9,9	0,0	0,0	-7,4	-25,8	-85,2	-10,2	0,0 -18,3
12	São Francisco PE.	0,0	0,0	0,0	0,0	-13,2	-2,1	-0,6	0,0 -0,3
13	Sertão Pernambucano	-16,3	0,0	0,0	-29,6	-8,6	-3,3	-15,4	0,0 0,0
14	Agreste Potiguar	0,0	0,0	0,0	-30,3	-3,8	-2,1	-95,5	0,0 -17,0
15	Central Potiguar	0,0	0,0	0,0	-17,1	-10,2	-5,5	-11,9	0,0 -18,5
16	Oeste Potiguar	0,0	0,0	0,0	-2,2	-2,3	-48,3	-90,5	0,0 -23,7

Fonte: Elaboração própria com base nas informações dos PGAs e estimções deste trabalho.

O Cenário 2 consistiu na simulação da realocação dos custos da operação da transposição dos estados receptores para os usuários da água da transposição a partir de 2025. Essa realocação de custo pode ser interpretada como um aumento do preço do fator água. Assim, o cálculo da variação de preço é entendido como a diferença entre o preço inicial do modelo e o preço cobrado pelo PISF. Como o PGA não diferencia o preço unitário da água por setores, o preço inicial do modelo é o valor unitário agregado dos setores apresentado na Tabela 14. Assim, foi aplicada a taxa de variação de preço de 5941% (aumento de 0,0085 R\$/m³ para 0,5067 R\$/m³). O valor do PGA adotado foi o valor praticado na planilha de cálculo da tarifa, considerando o cenário de referência adotado no documento.

O Cenário 3 deste estudo buscou avaliar qual seria o impacto econômico regional do "ganho de receita" do governo, resultante da realocação do custo (como no Cenário 2), a partir de 2025, transferindo a responsabilidade de arcar com os custos de operação da transposição para os produtores.

A estimação do aumento dos gastos do governo regional é dada pela seguinte expressão a seguir:

$$\Delta \text{Consumo do Governo}_r = \frac{VWTR_r \times \Delta pwtr}{\text{Gastos totais do governo}_r}$$

Onde a variação do consumo do governo na região r é obtida multiplicando o valor total da água, $VWTR_r$, na região r pela variação do preço da água, $\Delta pwtr$, calculado para o Cenário 2, dividindo esse resultado pelos gastos totais do governo na região r em 2025. Esse cálculo parte da hipótese de que todo aumento nos preços da água pago pelos produtores seria convertido em receita do governo. A Tabela 27 apresenta os valores dos choques do aumento do consumo do governo aplicados em 2025, por regiões do modelo. As regiões com os maiores aumentos no consumo do governo seriam Sertões Cearenses (CE) e Metropolitana de Fortaleza (CE), com valores de 1,69% e 1,24%, respectivamente. Por outro lado, Sul Cearense (CE), Borborema (PB), Agreste Potiguar (RN) e Centro-Sul Cearense (CE) representariam as regiões com menores aumentos, abaixo de 0,2%.

Tabela 27- Choques no Cenário 3: aumento do consumo do governo regional no ano 2025 (em var. %)

Nº	Regiões do modelo	UF	Aumento dos gastos do governo
1	Centro-Sul Cearense	CE	0,19
2	Jaguaribe	CE	0,49
3	Metropolitana de Fortaleza	CE	1,24
4	Norte Cearense	CE	0,48
5	Sertões Cearenses	CE	1,69
6	Sul Cearense	CE	0,12
7	Agreste Paraibano	PB	0,46
8	Borborema	PB	0,17
9	Mata Paraibana	PB	0,24
10	Sertão Paraibano	PB	0,31
11	Agreste Pernambucano	PE	0,52
12	São Francisco Pernambucano	PE	0,94
13	Sertão Pernambucano	PE	0,50
14	Agreste Potiguar	RN	0,18
15	Central Potiguar	RN	1,15
16	Oeste Potiguar	RN	0,41

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do modelo.

Nota: as regiões 17 a 22 foram omitidos por receberem choque nulo.

5.2 Resultados das simulações

Este subcapítulo apresenta os resultados do impacto econômico do PISF no semiárido do Nordeste, conforme os cenários descritos anteriormente. Os resultados serão reportados separadamente para cada cenário, sendo analisados em dimensão macroeconômica, setorial e de uso da terra. Os valores dos resultados apresentados a seguir representam a variação

percentual acumulada (de 2023 até 2040) e devem ser interpretados como desvio em relação ao cenário de referência.

5.2.1 Cenário 1: o aumento da oferta hídrica decorrente do PISF

5.2.1.1 *Resultados macroeconômicos*

A Tabela 28 exhibe os impactos econômicos do aumento da oferta hídrica pelo PISF sobre os agregados econômicos das 22 regiões do modelo no período de 2023 a 2040. Os resultados indicam que o aumento da oferta hídrica decorrente do PISF apresentaram efeitos positivos no PIB, consumo, investimento, exportação e importação. A disponibilidade hídrica poderia permitir a mudança das técnicas produtivas, porém o modelo não consegue captar esse efeito; portanto, os impactos são modestos. Além disso, como as atividades que usam a água tem pouco peso econômico nas regiões e não foi modelado o efeito de segurança hídrica no uso humano, as magnitudes desses efeitos são pequenas. As regiões não beneficiadas também obtiveram impactos positivos devido ao espraçamento do crescimento econômico das regiões beneficiadas pelo PISF, mas as magnitudes foram relativamente pequenas. As regiões que experimentaram maior crescimento econômico foram Sul Cearense, Centro-Sul Cearense e Norte Cearense, com taxas de 0,041%, 0,035% e 0,034%, respectivamente. Pode-se observar que o crescimento econômico se concentra nas regiões do Ceará, em grande parte decorrente do choque, relativamente mais intenso, principalmente na região Sul Cearense. Assim, o benefício positivo do aumento do fator água teve um efeito de espraçamento mais pronunciado nessas regiões. Por outro lado, os números sugerem que as regiões beneficiadas pelo PISF que apresentaram menor taxa de crescimento do PIB real foram Sertões Cearenses e São Francisco Pernambucano, ambas com crescimentos de 0,014%. No caso do São Francisco Pernambucano, a explicação para esse baixo crescimento é devido à menor magnitude do choque de oferta da água, dado que essa região já possuía relativamente maior disponibilidade hídrica superficial entre as regiões beneficiadas pelo PISF. Entre as variáveis macroeconômicas, o componente mais dinâmico no cenário foi o investimento. Assim, os resultados da simulação sugerem que uma maior quantidade de recursos hídricos nas regiões beneficiadas pelo PISF estimularia um maior investimento e, conseqüentemente, aumento do emprego. As regiões que apresentaram a maior taxa de crescimento do investimento foram Sul Cearense e Metropolitana de Fortaleza, com valores de 0,037% e 0,036%, respectivamente.

Por outro lado, a exportação seria a variável que apresentaria taxa de crescimento consideravelmente inferior em relação às demais variáveis. A explicação para este baixo crescimento deve-se ao fato de que a maior parcela da expansão da produção ocorreu no setor de Água e Esgoto, o qual possui uma taxa de exportação extremamente baixa. Entre as regiões, o Agreste Potiguar apresentaria a maior taxa de crescimento das exportações, de 0,016%. Algumas regiões não beneficiadas pelo PISF, como Resto do Pernambuco, Resto do Paraíba e Resto do Nordeste, apresentariam uma taxa negativa de exportação.

**Tabela 28- Impacto sobre os indicadores econômicos no Cenário 1
(desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)**

N	Regiões do modelo	Y	R\$ (em milhões)	C	I	G	X	M	Emprego
1	Centro-Sul Cearense	0,035	1,95	0,030	0,035	0,030	0,007	0,022	0,031
2	Jaguaribe	0,030	5,03	0,027	0,033	0,027	0,006	0,018	0,028
3	Metropolitana de Fortaleza	0,025	41,29	0,024	0,036	0,024	0,003	0,014	0,024
4	Norte Cearense	0,034	4,63	0,029	0,035	0,029	0,003	0,015	0,030
5	Sertões Cearenses	0,014	2,94	0,010	0,013	0,010	0,006	0,003	0,010
6	Sul Cearense	0,041	7,07	0,035	0,037	0,035	0,007	0,024	0,035
7	Agreste Paraibano	0,020	6,59	0,019	0,026	0,019	0,002	0,014	0,020
8	Borborema	0,031	1,48	0,027	0,033	0,027	0,010	0,018	0,027
9	Mata Paraibana	0,024	1,27	0,022	0,029	0,022	0,001	0,018	0,023
10	Sertão Paraibano	0,029	4,48	0,027	0,033	0,027	0,005	0,018	0,028
11	Agreste Pernambucano	0,023	11,69	0,022	0,028	0,022	0,004	0,015	0,023
12	São Francisco PE	0,014	2,46	0,014	0,019	0,014	0,001	0,010	0,015
13	Sertão Pernambucano	0,021	4,03	0,020	0,025	0,020	0,003	0,013	0,021
14	Agreste Potiguar	0,020	0,59	0,017	0,026	0,017	0,016	0,012	0,018
15	Central Potiguar	0,016	3,30	0,016	0,020	0,016	0,003	0,009	0,017
16	Oeste Potiguar	0,029	7,94	0,026	0,033	0,026	0,010	0,015	0,027
17	Resto do Pernambuco	0,009	25,81	0,009	0,016	0,009	-0,001	0,011	0,009
18	Resto do Ceará	0,007	2,58	0,006	0,013	0,006	0,000	0,007	0,007
19	Resto do Paraíba	0,011	6,83	0,011	0,019	0,011	-0,001	0,012	0,012
20	Resto do RN	0,013	10,22	0,013	0,023	0,013	0,001	0,012	0,014
21	Resto do Nordeste	0,003	38,11	0,003	0,006	0,003	-0,001	0,004	0,003
22	Resto do Brasil	0,001	92,32	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Nota: os sinais dos resultados foram invertidos para facilitar a interpretação dos resultados.

Legenda: PIB real = Y; Consumo das famílias = C; Investimento = I; Gasto do governo = G; Exportação = X; Importação = M.

A magnitude dos efeitos dos choques no modelo é variável, dependendo de cada setor e região, e de sua dependência por água. No entanto, pelos mecanismos do modelo, o choque de aumento na oferta de água tende a reduzir o preço desse fator. Essa mudança de preço impacta a demanda por outros insumos primários (capital, terra e trabalho), uma vez que modifica a competição por fatores primários no mercado, provocando uma alteração na estrutura de custos das

empresas. No modelo, as mudanças nos preços relativos dos fatores provocam substituições imperfeitas³⁷ nos mercados de fatores primários, implicando substituição entre fatores em direção ao fator relativamente mais barato.

Nesse cenário, o efeito esperado é a redução dos custos devido à diminuição dos custos dos fatores primários, estimulando, assim, a demanda por esses fatores e impulsionando o crescimento da produção. Os efeitos de uma mudança na oferta de água também se propagam para outras atividades produtivas da economia, através do mercado de fatores primários e pela interdependência na cadeia de insumos intermediários.

Pelo canal do mercado de fatores, espera-se um aumento na demanda por esses insumos, resultando em elevação da renda das famílias (trabalho), empresas e investidores (capital), estimulando, por sua vez, o consumo de bens intermediários e finais. O aumento do consumo cria novas oportunidades de investimento, gerando um efeito positivo sobre o nível de produção da economia.

Assim, a economia recebe um novo estímulo devido ao aumento da demanda por fatores de produção e, conseqüentemente, um incremento na renda. Devido à interdependência na cadeia produtiva, as atividades econômicas que demandam produtos mais intensivos em água (em termos monetários³⁸) tendem a ser mais afetadas. Essa dinâmica, por sua vez, repercute sobre preços e índices de preços da economia, alterando as demandas dos usuários finais.

Na simulação, os efeitos da causalidade do modelo podem ser observados na Tabela 28. Pode-se verificar que a magnitude dos impactos é variável, com taxas positivas nos consumos das famílias e nos investimentos entre as regiões beneficiadas pelo PISF. Além disso, o aumento da renda na região estimularia o consumo, e conseqüentemente, as importações. As exportações também apresentariam crescimento, dado aumento de competitividade pela redução do custo de produção.

5.2.1.2 Resultados setoriais

Esta seção analisa os impactos na produção dos setores agregados no Cenário 1: o aumento da oferta hídrica decorrente do PISF. A Tabela 29 apresenta os resultados das variações do nível

³⁷ A substituição entre fatores primários é definida pela função CES e a sensibilidade de substituição é definida pelo parâmetro SIGMA1PRIM com valor baixo de 0,63.

³⁸ A agricultura, por exemplo, é intensiva no consumo de água em termos físicos, mas tem um valor baixo em termos monetários.

de atividade econômica no Cenário 1 no período de 2023 a 2040 em desvio percentual acumulado em relação ao cenário de referência. Em termos gerais, o crescimento setorial é positivo até para regiões não beneficiadas pelo PISF, porém essa taxa é modesta considerando o horizonte de tempo de 18 anos (2023 a 2040).

Um destaque é a taxa de crescimento mais elevado do setor de SIUP³⁹ (Serviços Industriais de Utilidade Pública) em relação aos demais setores agregados da economia. Devido à prioridade do PISF para o abastecimento humano, o aumento da oferta hídrica no setor de “água e esgoto”, responsável pela distribuição das águas das cidades, obteve um choque mais significativo de oferta de água ao longo de 2023-2040, resultando em um crescimento positivo deste setor. Além disso, o setor “água e esgoto” concentra maior uso de água em termos monetários (sendo o principal “remunerador” do fator água) entre os demais setores, potencializando os efeitos positivos.

O setor de serviços também mostraria taxa de crescimento elevada em comparação aos demais setores, apesar de não empregar diretamente o fator primário água em sua produção. Contudo, este setor é o principal demandante de “água e esgoto” (representando cerca de 47% de todos os usuários da economia, conforme a base de dados do modelo), gerando efeitos positivos de transbordamentos setoriais por meio do encadeamento da cadeia produtiva.

Os setores relacionados à agropecuária (agricultura e pecuária) seriam os que apresentariam o menor crescimento. Em relação aos cultivos⁴⁰, não houve um destaque significativo; os resultados apontam um padrão de crescimento positivo, porém modesto. Esse resultado pode ser explicado da seguinte maneira: como o valor da cobrança pelo uso de água no setor agrícola é baixo no Brasil e o uso de fatores primários é computado em termos monetários, o modelo entende, conseqüentemente, que esse setor possui menor intensidade no uso de água, ou seja, menor peso na produção. Entretanto, é importante ressaltar que esse resultado não indica que o aumento da oferta hídrica não pode trazer benefícios para a agricultura, pois não foram incorporados na simulação outros estímulos necessários para a expansão da agricultura, tais como aumentos na produtividade dos cultivos e investimentos relacionados à instalação de equipamentos de irrigação. Ou seja, os resultados da simulação estão indicando que o aumento da oferta hídrica por si só gera pouco benefício na produção da agropecuária; seria necessário

³⁹ O setor “SIUP” corresponde à agregação dos setores de água, esgoto, reciclagem e gestão de resíduos, eletricidade, gás e outras utilidades.

⁴⁰ Informações mais específicas sobre as taxas de crescimento da produção setorial em nível mais detalhados (41 setores), encontram-se no Apêndice B nas Tabelas 33, 34 e 35.

fatores adicionais para expandir o sistema de irrigação. O estudo de Medeiros, Carvalho e Souza (2022) argumenta que, sem a implementação de projetos e programas complementares ao PISF, pode não ocorrer a promoção dos benefícios esperados do PISF, como garantia de segurança hídrica e o desenvolvimento regional, e destaca a importância de considerar o ganho de produtividade agrícola para expansão da agricultura nas regiões beneficiadas pelo PISF. Os autores simularam, pelo modelo EGC, o ganho de produtividade nos setores agrícolas nas regiões da AID (Área de Influência Direta) da transposição do rio São Francisco, e os resultados indicam expansão na produção agrícola, inclusive em alguns setores industriais e no setor de comércio.

Em termos regionais, a região Sul Cearense apresentaria a maior taxa de crescimento em quase todos os setores agregados. Por outro lado, a região beneficiada pelo PISF que registraria o menor nível de crescimento da produção setorial seria o São Francisco Pernambucano, apresentando até mesmo crescimento negativo para o setor de “SIUP”.

**Tabela 29- Impacto sobre a produção setorial agregado no Cenário 1
(desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)**

Nº	Regiões do modelo	UF	Agri.	Pec.	Silv.	Pesca	Ind. Extrat.	Ind. Alimen.	Ind. Transf.	SIUP	Serv.
1	Centro-Sul Cearense	CE	0,010	0,007	0,006	0,004	0,012	0,016	0,020	0,202	0,032
2	Jaguaribe	CE	0,010	0,007	0,005	0,005	0,011	0,016	0,020	0,171	0,030
3	Metropolitana de Fortaleza	CE	0,009	0,010	0,003	0,005	0,015	0,017	0,021	0,034	0,027
4	Norte Cearense	CE	0,009	0,009	0,004	0,006	0,014	0,021	0,023	0,125	0,031
5	Sertões Cearenses	CE	0,009	0,007	0,003	0,003	0,008	0,011	0,014	0,091	0,015
6	Sul Cearense	CE	0,017	0,009	0,009	0,005	0,023	0,024	0,025	0,397	0,036
7	Agreste Paraibano	PB	0,008	0,005	0,005	0,003	0,008	0,008	0,013	0,045	0,022
8	Borborema	PB	0,011	0,007	0,005	0,004	0,008	0,020	0,021	0,183	0,028
9	Mata Paraibana	PB	0,011	0,005	0,004	0,003	0,007	0,011	0,015	0,249	0,022
10	Sertão Paraibano	PB	0,009	0,008	0,005	0,005	0,011	0,014	0,019	0,077	0,031
11	Agreste Pernambucano	PE	0,006	0,006	0,005	0,003	0,019	0,013	0,016	0,057	0,025
12	São Francisco PE	PE	0,005	0,005	0,004	0,003	0,005	0,008	0,010	-0,008	0,017
13	Sertão Pernambucano	PE	0,007	0,006	0,005	0,003	0,004	0,013	0,013	0,026	0,024
14	Agreste Potiguar	RN	0,008	0,006	0,006	0,003	0,008	0,026	0,019	0,045	0,020
15	Central Potiguar	RN	0,007	0,006	0,004	0,004	0,005	0,012	0,011	0,027	0,020
16	Oeste Potiguar	RN	0,011	0,009	0,007	0,007	0,015	0,036	0,026	0,038	0,031
17	Resto do Pernambuco	PE	0,004	0,003	0,004	0,000	0,004	0,004	0,006	0,001	0,010
18	Resto do Ceará	CE	0,002	0,004	0,002	0,001	0,003	0,003	0,005	-0,004	0,008
19	Resto do Paraíba	PB	0,004	0,003	0,004	0,001	0,005	0,005	0,009	-0,001	0,013
20	Resto do RN	RN	0,005	0,005	0,005	0,002	0,006	0,007	0,010	0,001	0,016
21	Resto do Nordeste	-	0,001	0,002	0,001	0,000	-0,000	0,002	0,002	-0,001	0,004
22	Resto do Brasil	-	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	-0,000	0,001

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Nota: os sinais dos resultados foram invertidos para facilitar a interpretação dos resultados.

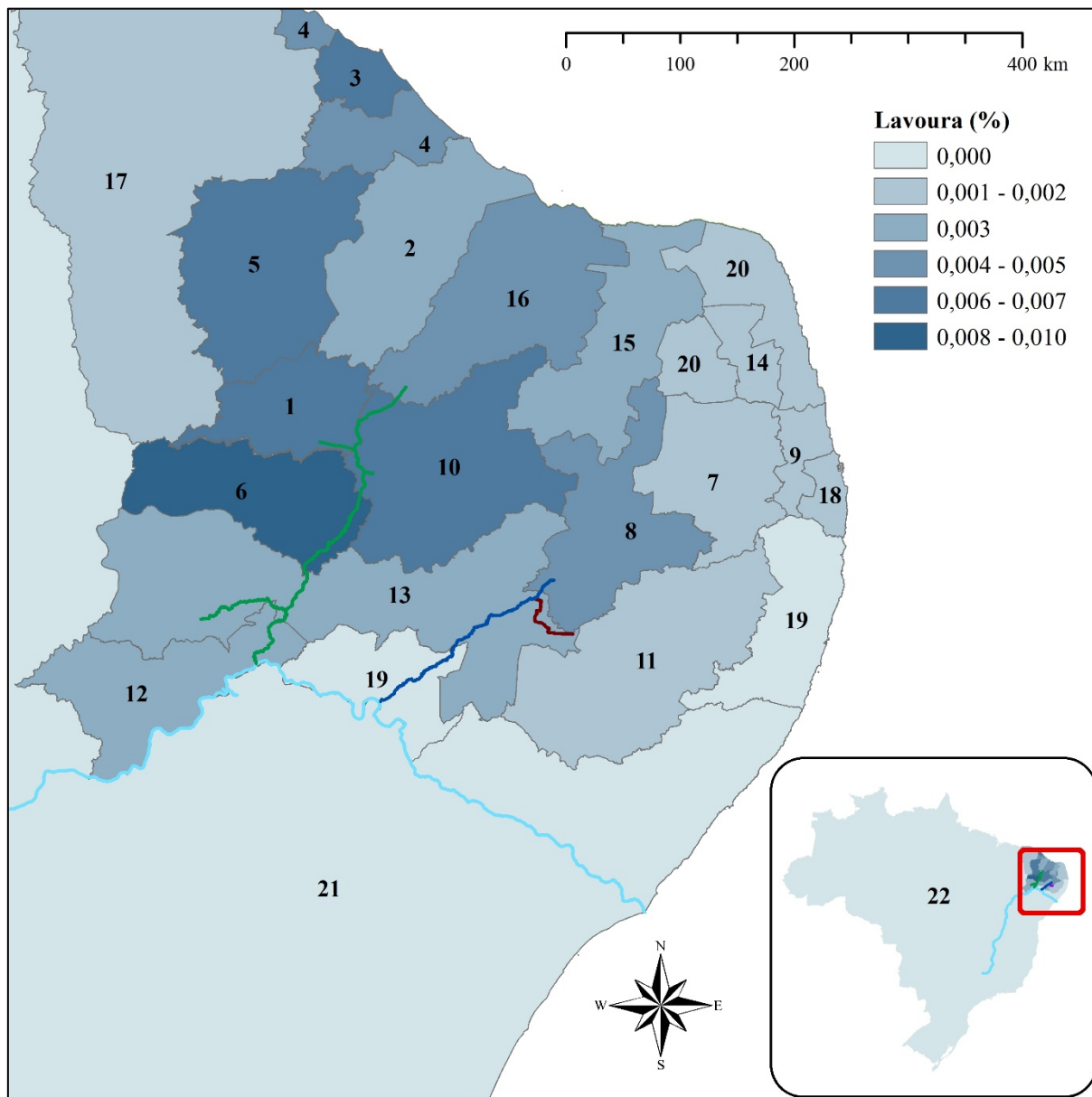
Legenda: Agricultura (Agri.), Pecuária (Pec.), Exploração florestal e silvicultura (Silv.), Pesca e aquicultura (Pesca), Indústria extrativa (Ind. Extrat.), Indústria de alimentos (Ind. Alimen.), Outras Indústrias de transformação (Ind. Transf.) e Serviços (Serv.).

5.2.1.3 Impactos no uso da terra

Um dos benefícios esperados da transposição do rio São Francisco no Semiárido do Nordeste seria a expansão da agricultura com aumento do potencial área irrigável. A Figura 13 ilustra o impacto do aumento da oferta hídrica decorrente do PISF (Cenário 1) sobre as áreas de lavoura (em termos de variação percentual) nas 22 regiões do modelo no período de 2023 a 2040. Observa-se que a maior taxa de expansão do uso da terra na agricultura concentraria-se nas regiões do Eixo Norte do canal, principalmente no estado do Ceará e numa pequena porção da Paraíba. Essas regiões são Sul Cearenses (região 6), Centro-Sul Cearense (região 1), Sertões

Cearnense (região 5), Metropolitana de Fortaleza (região 3) e Sertão Paraibano (região 10), com expansões de 0,01%, 0,006%, 0,007%, 0,007% e 0,006%, respectivamente.

**Figura 13- Variação % das áreas de lavoura no Cenário
(desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: O Cenário 1 é referente a simulação de impacto apenas do aumento da oferta hídrica decorrente do PISF.

Considerando a expansão das áreas de lavoura em termos físicos, isso equivaleria a 183 hectares nas 16 regiões beneficiadas pelo PISF. Esse valor de expansão da lavoura é consideravelmente inferior ao encontrado na literatura. Em 2005, quando foi solicitada a outorga de água para a transposição do rio São Francisco, o Ministério da Integração Nacional estimou cerca de 676

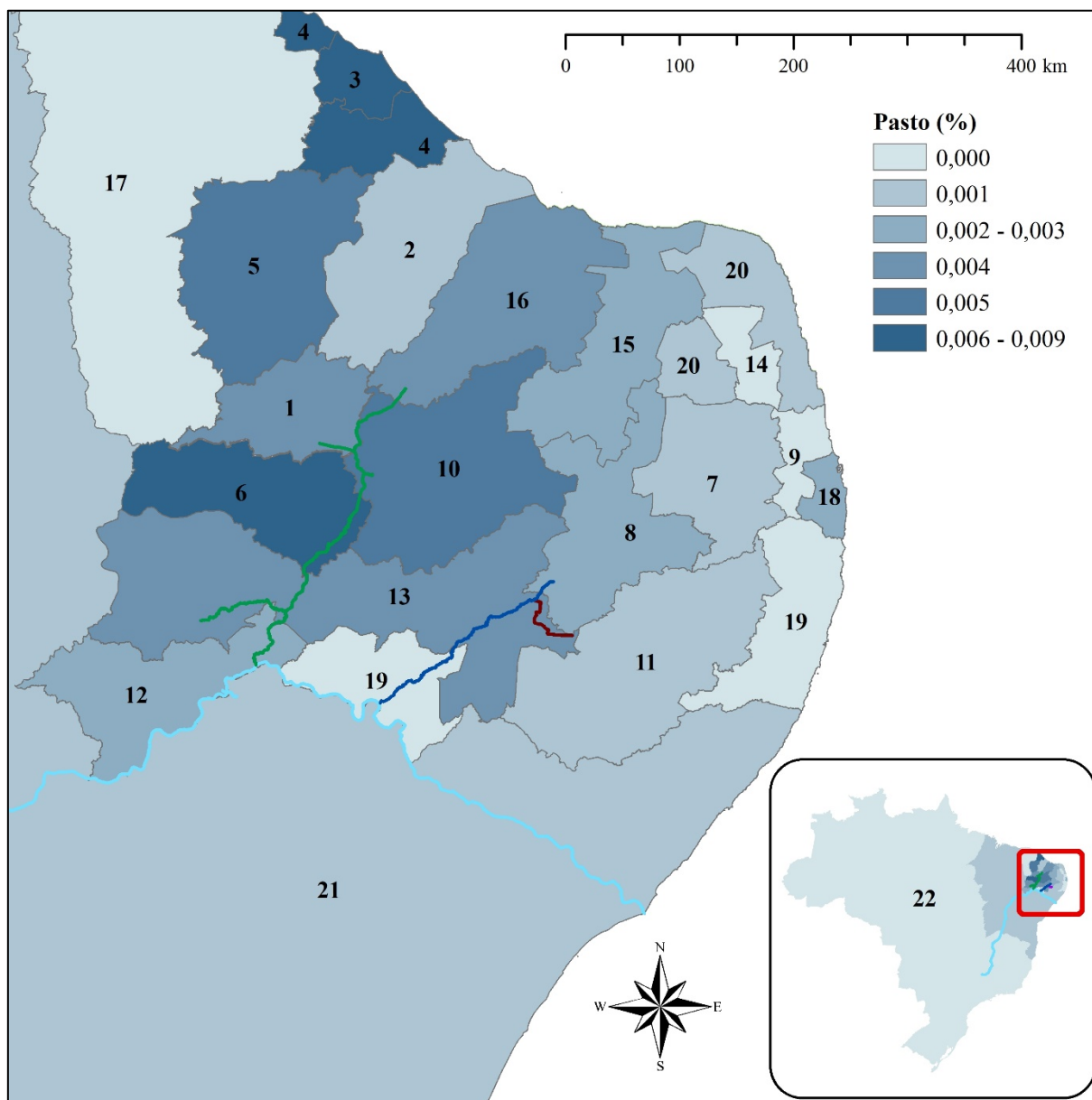
mil hectares de potencial expansão da área irrigada. Contudo, de acordo com Castro e Cerezini (2023), essa estimativa do governo federal está superestimada, pois a estimativa mais recente do potencial efetivo para a área adicional irrigável da ANA em 2021 é de 20,3 mil hectares.

No estudo de Castro e Cerezini (2022), a expansão da área irrigável é ainda menor, aproximadamente 4,6 mil hectares no Eixo Leste até o ano de 2041. Entretanto, essas estimativas são significativamente superiores em relação aos resultados encontrados na simulação desta tese. A principal razão para essa diferença na magnitude dos resultados é que, na simulação desta tese, não foi considerado o aumento da produtividade dos cultivos com o aumento da oferta hídrica. Assim, esse resultado indica que apenas a disponibilidade da oferta de água com a transposição por si só não geraria uma expansão significativa da agricultura. Para ocorrer um crescimento efetivo da agricultura, seria necessário incrementar investimentos para a instalação do sistema de irrigação e, conseqüentemente, incorporar os efeitos do aumento da produtividade agrícola com a melhoria no sistema de irrigação.

Em relação ao pasto, não há literatura sobre a estimativa do impacto do PISF na expansão das áreas de pasto. Assim, este estudo traz uma contribuição ao apresentar um resultado inédito nessa perspectiva de uso da terra na pecuária. A Figura 14 ilustra a expansão das áreas de pasto, em variação percentual, no Cenário 1 para o período de 2023 a 2040. Mais uma vez, as regiões que apresentam maior expansão do uso da terra concentram-se nas regiões beneficiadas pelo canal do Eixo Norte e no estado do Ceará. Essas regiões são a Metropolitana de Fortaleza (região 3), Norte Cearense (região 4) e Sul Cearense (região 6), com aumentos de 0,009%, 0,007% e 0,007%, respectivamente.

Assim como nas áreas de lavoura, o crescimento nas áreas de pasto também é positivo, porém pequeno, uma vez que não foram incorporados os impactos do aumento da produtividade. Em termos de área física, a expansão do pasto é de 152 hectares nas 16 regiões beneficiadas pelo PISF, representando um aumento menor em comparação com a lavoura. No entanto, considerando o impacto sobre todas as 22 regiões do modelo, o crescimento é maior do que na lavoura, com um aumento de 1.572 hectares.

**Figura 14- Variações % das áreas de pasto no Cenário 1
(desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: O Cenário 1 é referente a simulação de impacto apenas do aumento da oferta hídrica decorrente do PISF.

5.2.2 Cenário 2: a cobrança pelo uso de recursos hídricos dos produtores

5.2.2.1 Resultados macroeconômicos

Uma das preocupações em relação ao sucesso da transposição do rio São Francisco se assenta sobre como arcar com os custos da operação do PISF, dado que a adução de água demanda um custo elevado de energia elétrica para o bombeamento das águas e superação do desnível dos canais. Assim, a segunda simulação (cenário 2) teve como objetivo avaliar o impacto da realocação dos custos de transposição do governo estadual para os produtores demandantes da

água da transposição. A Tabela 30 apresenta os impactos do cenário 2 sobre os indicadores econômicos nas 22 regiões do modelo no período de 2023 a 2040, em desvio percentual acumulado em relação ao cenário de referência.

De acordo com os resultados da simulação do cenário 2, o impacto da cobrança pelo uso de água do PISF nos produtores tem impacto negativo no PIB real em todas as 16 regiões beneficiadas pelo PISF ao longo do período 2023-2040. Esse efeito é bem maior em termos de escala comparado ao Cenário 1, ou seja, os impactos entre com e sem a cobrança não é proporcional, a perda do PIB real com a cobrança é muito maior do que o benefício obtido sem a cobrança. As regiões do Nordeste (Resto do PE, Resto do CE, Resto do PB, Resto do RN e Resto do NE) não beneficiadas também apresentariam impactos negativos, porém em menor escala. As regiões mais afetadas negativamente seriam Metropolitana de Fortaleza (queda de 0,563%), seguida por Sertão Paraibano (-0,493%) e Oeste Potiguar (-0,483). Consequentemente, essas regiões são as que apresentam maior perda de taxa de emprego. Entre os indicadores econômicos, o investimento seria a variável mais sensível, com taxa negativa acima da em média considerando todas as regiões analisadas.

Sob a ótica do mecanismo da causalidade do modelo, a interpretação do impacto da cobrança pelo uso de água, ou seja, o aumento do preço da água ocorre basicamente de maneira inversa em relação ao Cenário 1. O aumento do preço do fator eleva o custo de produção, principalmente para setores mais dependentes do insumo, induzindo a uma relativa redução da produção. Com a queda da produção, consequentemente o uso do insumo água diminui. Os efeitos do aumento do custo de produção via aumento do preço de água se propagam para outras atividades que demandam o produto ou serviço deste setor. O exemplo deste setor é o setor de serviço que sofreu impacto negativo por demandar significativamente o produto/serviço de água e esgoto.

Pelo canal do mercado de fatores, a queda na produção diminuiu a demanda por trabalho e capital, reduzindo a renda das famílias e das empresas, desestimulando o consumo de bens intermediários e finais, bem como investimento.

**Tabela 30- Impacto sobre os indicadores econômicos no Cenário 2
(desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)**

N	Regiões do modelo	Y	R\$ (em milhões)	C	I	G	X	M	Emprego
1	Centro-Sul Cearense	-0,330	-18,59	-0,314	-0,522	-0,314	-0,151	-0,225	-0,327
2	Jaguaribe	-0,362	-60,98	-0,338	-0,565	-0,338	-0,183	-0,224	-0,351
3	Metropolitana de Fortaleza	-0,563	-922,42	-0,525	-0,932	-0,525	-0,083	-0,318	-0,538
4	Norte Cearense	-0,334	-45,46	-0,307	-0,550	-0,307	-0,049	-0,186	-0,320
5	Sertões Cearenses	-0,259	-54,60	-0,147	-0,276	-0,147	-0,149	-0,040	-0,160
6	Sul Cearense	-0,312	-53,85	-0,309	-0,517	-0,309	-0,070	-0,213	-0,322
7	Agreste Paraibano	-0,420	-138,35	-0,376	-0,599	-0,376	-0,107	-0,269	-0,389
8	Borborema	-0,381	-18,31	-0,354	-0,569	-0,354	-0,114	-0,258	-0,367
9	Mata Paraibana	-0,276	-14,68	-0,268	-0,465	-0,268	-0,101	-0,217	-0,281
10	Sertão Paraibano	-0,493	-75,11	-0,442	-0,679	-0,442	-0,199	-0,319	-0,455
11	Agreste Pernambucano	-0,468	-236,51	-0,427	-0,642	-0,427	-0,107	-0,295	-0,440
12	São Francisco PE	-0,394	-68,21	-0,333	-0,518	-0,333	-0,075	-0,184	-0,346
13	Sertão Pernambucano	-0,432	-82,80	-0,375	-0,557	-0,375	-0,141	-0,235	-0,388
14	Agreste Potiguar	-0,393	-11,69	-0,369	-0,566	-0,369	0,203	-0,263	-0,382
15	Central Potiguar	-0,340	-69,00	-0,274	-0,429	-0,274	-0,135	-0,128	-0,287
16	Oeste Potiguar	-0,483	-130,57	-0,450	-0,684	-0,450	-0,151	-0,307	-0,463
17	Resto do Pernambuco	-0,129	-376,93	-0,126	-0,291	-0,126	0,020	-0,193	-0,139
18	Resto do Ceará	-0,091	-34,38	-0,087	-0,226	-0,087	-0,012	-0,110	-0,099
19	Resto do Paraíba	-0,155	-95,47	-0,153	-0,323	-0,153	0,019	-0,203	-0,166
20	Resto do RN	-0,184	-141,07	-0,184	-0,395	-0,184	-0,010	-0,203	-0,197
21	Resto do Nordeste	-0,040	-504,82	-0,032	-0,097	-0,032	-0,002	-0,054	-0,045
22	Resto do Brasil	0,002	287,33	0,014	0,044	0,014	-0,020	0,014	0,001

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Legenda: PIB real = Y; Consumo das famílias = C; Investimento = I; Gasto do governo = G; Exportação = X; Importação = M.

5.2.2.2 Resultados setoriais

Como visto na seção anterior, os impactos projetados sobre indicadores econômicos no Cenário 2 seriam negativos. Assim, analisando em termos setoriais, pode-se verificar quais atividades econômicas contribuíram para tais resultados. A Tabela 31 apresenta os resultados da simulação do Cenário 2 (cobrança pelo uso de recursos hídricos dos produtores) sobre a produção setorial agregado por região. Observa-se que, ao implementar a cobrança pelo uso de recursos hídricos aos produtores, o efeito repercute negativamente em quase todos setores agregados e em quase todas regiões. Esse padrão se repete até mesmo em setores em nível mais desagregado, conforme a Tabela 38, Tabela 39 e Tabela 40 no Apêndice B. O setor mais prejudicado em termos gerais seria SIUP, ao passo que região mais prejudicada nesse setor seria o Sul

Cearasense (CE), com queda de 0,397%. Essa região consistentemente identificada como a mais impactada negativamente em demais setores nessa simulação.

Tabela 31- Impacto sobre a produção setorial agregado no Cenário 2 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)

N	Regiões do modelo	Agri.	Pec.	Silv.	Pesca	Ind. Extrat.	Ind. Alimen	Ind. Transf	SIUP	Serv.
1	Centro-Sul Cearense	-0,010	-0,007	-0,006	-0,004	-0,012	-0,016	-0,020	-0,202	-0,032
2	Jaguaribe	-0,010	-0,007	-0,005	-0,005	-0,011	-0,016	-0,020	-0,171	-0,030
3	Metropolitana de Fortaleza	-0,009	-0,010	-0,003	-0,005	-0,015	-0,017	-0,021	-0,034	-0,027
4	Norte Cearense	-0,009	-0,009	-0,004	-0,006	-0,014	-0,021	-0,023	-0,125	-0,031
5	Sertões Cearenses	-0,009	-0,007	-0,003	-0,003	-0,008	-0,011	-0,014	-0,091	-0,015
6	Sul Cearense	-0,017	-0,009	-0,009	-0,005	-0,023	-0,024	-0,025	-0,397	-0,036
7	Agreste Paraibano	-0,008	-0,005	-0,005	-0,003	-0,008	-0,008	-0,013	-0,045	-0,022
8	Borborema	-0,011	-0,007	-0,005	-0,004	-0,008	-0,020	-0,021	-0,183	-0,028
9	Mata Paraibana	-0,011	-0,005	-0,004	-0,003	-0,007	-0,011	-0,015	-0,249	-0,022
10	Sertão Paraibano	-0,009	-0,008	-0,005	-0,005	-0,011	-0,014	-0,019	-0,077	-0,031
11	Agreste Pernambucano	-0,006	-0,006	-0,005	-0,003	-0,019	-0,013	-0,016	-0,057	-0,025
12	São Francisco PE	-0,005	-0,005	-0,004	-0,003	-0,005	-0,008	-0,010	0,008	-0,017
13	Sertão Pernambucano	-0,007	-0,006	-0,005	-0,003	-0,004	-0,013	-0,013	-0,026	-0,024
14	Agreste Potiguar	-0,008	-0,006	-0,006	-0,003	-0,008	-0,026	-0,019	-0,045	-0,020
15	Central Potiguar	-0,007	-0,006	-0,004	-0,004	-0,005	-0,012	-0,011	-0,027	-0,020
16	Oeste Potiguar	-0,011	-0,009	-0,007	-0,007	-0,015	-0,036	-0,026	-0,038	-0,031
17	Resto do PE	-0,004	-0,003	-0,004	-0,000	-0,004	-0,004	-0,006	-0,001	-0,010
18	Resto do Ceará	-0,002	-0,004	-0,002	-0,001	-0,003	-0,003	-0,005	0,004	-0,008
19	Resto do Paraíba	-0,004	-0,003	-0,004	-0,001	-0,005	-0,005	-0,009	0,001	-0,013
20	Resto do RN	-0,005	-0,005	-0,005	-0,002	-0,006	-0,007	-0,010	-0,001	-0,016
21	Resto do NE	-0,001	-0,002	-0,001	-0,000	0,000	-0,002	-0,002	0,001	-0,004
22	Resto do Brasil	-0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,000	-0,001	0,000	-0,001

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

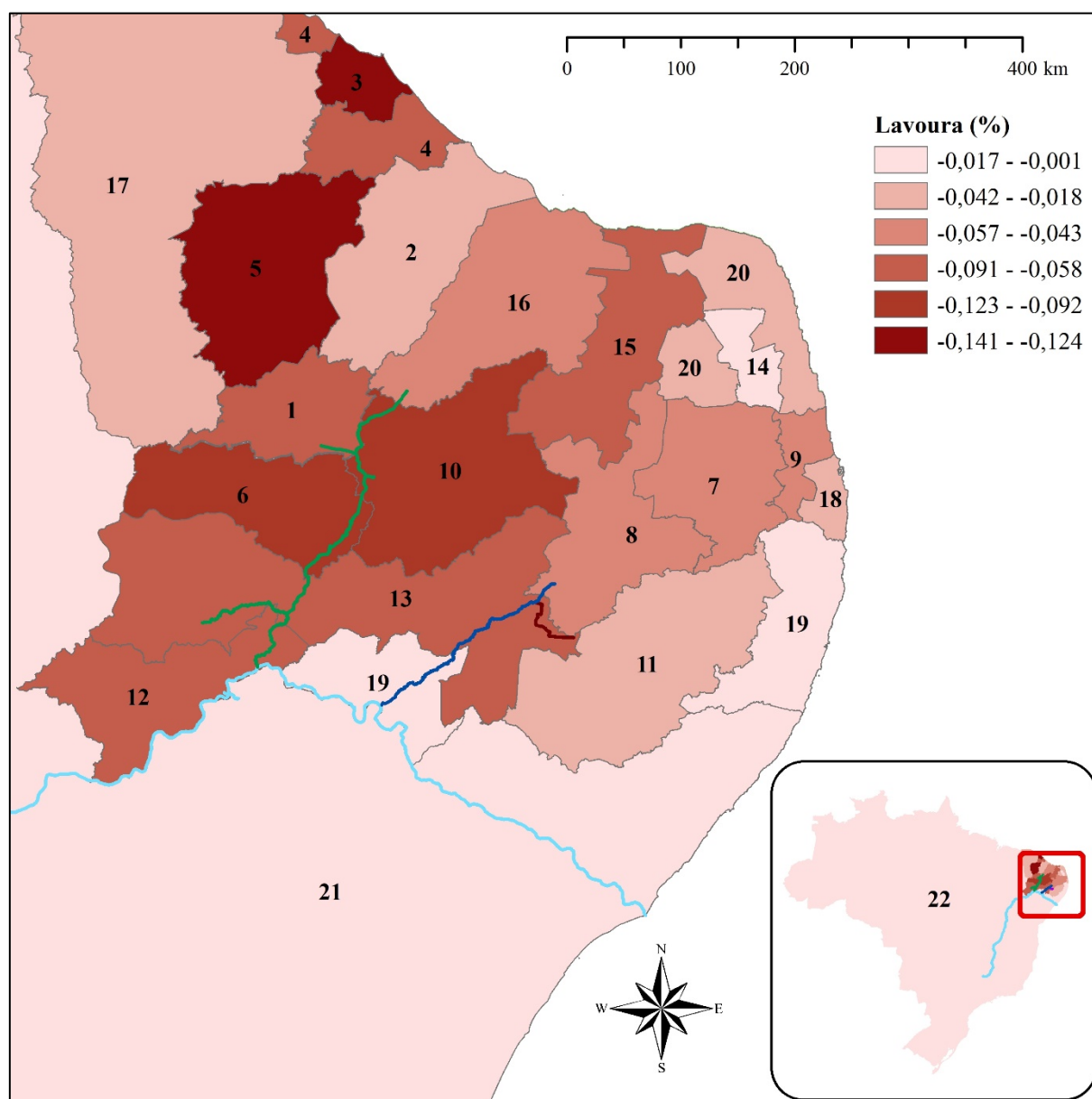
Legenda: Agricultura (Agri.), Pecuária (Pec.), Exploração florestal e silvicultura (Silv.), Pesca e aquicultura (Pesca), Indústria extrativa (Ind. Extrat.), Indústria de alimentos (Ind. Alimen.), Outras Indústrias de transformação (Ind. Transf.) e Serviços (Serv.).

5.2.2.3 Impactos no uso da terra

A Figura 15 apresenta variações das áreas, em desvio percentual em relação cenário de referência, de Lavoura nas 22 regiões do modelo no Cenário 2 (cobrança pelo uso de água) no período de 2023 a 2040. Como esperado pelo resultado setorial da queda de produção da agricultura na seção anterior, o resultado indica redução da Lavoura em todas regiões do modelo, inclusive nas regiões não beneficiadas pelo PISF. Porém, a magnitude dos impactos é bastante

modesta. As regiões com maior redução percentual das áreas seriam a Metropolitana de Fortaleza (região 3) e o Sertões Cearenses (região 5), de -0,141% e -0,124%, respectivamente, ambas localizadas no Ceará. Em hectares, essas reduções seriam equivalentes a -56 hectares e -286 hectares, respectivamente. Os cultivos que mais contribuíram com contração das áreas da lavoura foi Abacaxi para o caso do Metropolitana de Fortaleza e Melão para o Sertões Cearenses. Considerando todas as áreas de lavouras das regiões beneficiadas pelo PISF, teriam redução de 2,59 mil hectares. Contabilizando todas as 22 regiões do modelo, a redução totalizariam 10,24 mil hectares.

**Figura 15- Variações % das áreas de lavoura no Cenário 2
(desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)**

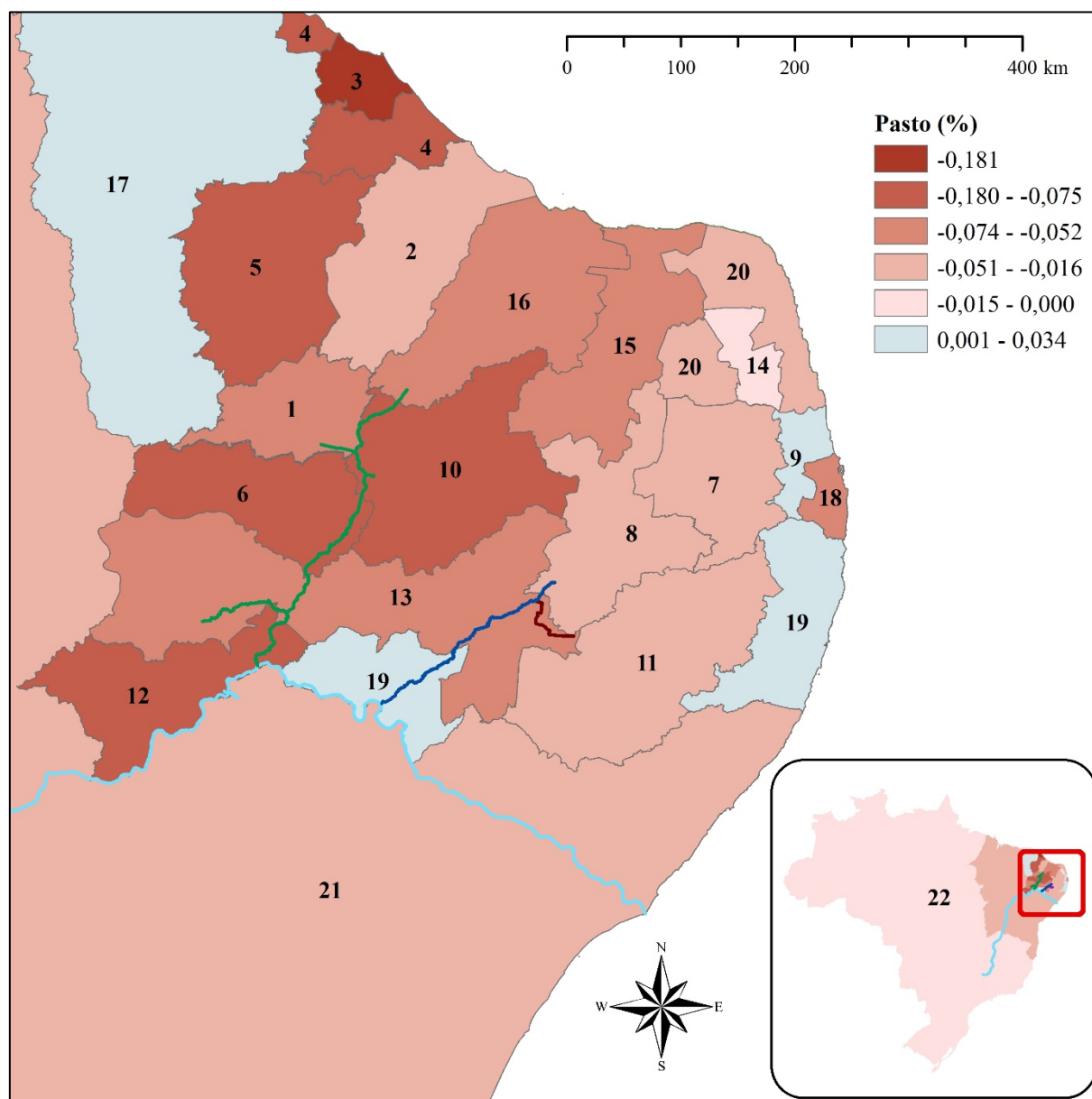


Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: O Cenário 2 é referente a simulação de impacto da cobrança pelo uso de água do PISF.

No que diz respeito ao pasto, a Figura 16 mostra a variação percentual das áreas de pasto no Cenário 2 no período de 2023 a 2040. Observa-se que a maioria das regiões indicam redução das áreas de pasto, mas as regiões como Mata Paraibana (região 9), Resto do Pernambuco (região 17) e Resto do Paraíba (região 19) teriam crescimento do pasto de 0,034%, 0,016% e 0,003%, respectivamente. Já as regiões como Metropolitana de Fortaleza (região 3) teria maior taxa de redução das áreas de pasto, com -0,181%. Em hectares, as 16 regiões beneficiadas pelo PISF juntos teriam redução de 2.328 hectares de pasto, e, considerando todas as 22 regiões do modelo, o pasto teria redução de 14.951 hectares. Essa redução ocorreria em grande parte pela diminuição do pasto no setor de Bovinos e Outros Animais.

**Figura 16- Variações % das áreas de pasto no Cenário 2
(desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: O Cenário 2 é referente a simulação de impacto da cobrança pelo uso de água do PISF.

5.2.3 Cenário 3: o aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF

5.2.3.1 Resultados macroeconômicos

A Tabela 32 apresenta os impactos sobre indicadores econômicos no Cenário 3 no período de 2023 a 2040, em desvio percentual acumulado em relação ao cenário de referência. Observa-se que os efeitos apresentam um padrão distinto em relação aos dois cenários analisados anteriormente. De maneira geral, com exceção da exportação, todas as variáveis apresentaram

efeitos positivos em todas as regiões do Nordeste. Todas as regiões do Nordeste apresentariam crescimento do PIB real positivo, variando entre 0,634% a 0,043%. Esse resultado positivo é, em grande parte decorrente do aumento do consumo do governo, que eleva o PIB real na ótica da demanda agregada. Além disso, esse aumento da demanda agregada impediria a queda do nível de produção devido ao aumento dos custos de produção, via aumento do preço da água. Dessa forma, os impactos negativos observados no Cenário 2 (cobrança pelo uso de água do PISF) poderiam ser contrabalançados (no agregado). No entanto, a exportação apresentaria um crescimento negativo devido à perda de competitividade no mercado internacional, causada pelo aumento do preço doméstico decorrente do crescimento do consumo interno (famílias e governo) e pelo aumento do custo de produção.

**Tabela 32- Impacto sobre os indicadores econômicos no Cenário 3
(desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)**

N	Regiões do modelo	Y	R\$ (em milhões)	C	I	G	X	M	Emprego
1	Centro-Sul Cearense	0,339	19,12	0,372	0,458	0,566	-0,220	0,431	0,397
2	Jaguaribe	0,493	83,00	0,574	0,562	1,068	-0,266	0,604	0,600
3	Metropolitana de Fortaleza	0,634	1039,49	0,807	0,899	2,058	-0,257	1,041	0,833
4	Norte Cearense	0,371	50,46	0,468	0,513	0,950	-0,146	0,558	0,494
5	Sertões Cearenses	0,355	74,87	0,737	0,274	2,441	-0,228	0,382	0,763
6	Sul Cearense	0,353	60,98	0,365	0,464	0,485	-0,135	0,426	0,390
7	Agreste Paraibano	0,248	81,48	0,312	0,392	0,768	-0,202	0,432	0,338
8	Borborema	0,303	14,58	0,348	0,440	0,513	-0,201	0,423	0,374
9	Mata Paraibana	0,271	14,40	0,331	0,380	0,568	-0,209	0,422	0,357
10	Sertão Paraibano	0,253	38,53	0,309	0,426	0,620	-0,280	0,453	0,334
11	Agreste Pernambucano	0,344	173,72	0,432	0,480	0,956	-0,184	0,496	0,457
12	São Francisco PE	0,518	89,57	0,683	0,483	1,627	-0,106	0,550	0,708
13	Sertão Pernambucano	0,246	47,14	0,338	0,363	0,843	-0,205	0,401	0,364
14	Agreste Potiguar	0,171	5,09	0,207	0,329	0,392	0,101	0,365	0,233
15	Central Potiguar	0,285	57,87	0,461	0,358	1,612	-0,229	0,463	0,487
16	Oeste Potiguar	0,334	90,33	0,391	0,496	0,800	-0,237	0,520	0,417
17	Resto do PE	0,126	367,64	0,116	0,248	0,116	-0,126	0,256	0,141
18	Resto do Ceará	0,149	56,00	0,140	0,258	0,140	-0,117	0,272	0,166
19	Resto do Paraíba	0,163	100,30	0,154	0,288	0,154	-0,139	0,318	0,180
20	Resto do RN	0,214	164,29	0,205	0,378	0,205	-0,113	0,367	0,231
21	Resto do Nordeste	0,060	747,35	0,043	0,106	0,043	-0,054	0,100	0,068
22	Resto do Brasil	-0,052	-6851,11	-0,075	-0,085	-0,075	-0,015	-0,039	-0,049

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da simulação.

Legenda: PIB real = Y; Consumo das famílias = C; Investimento = I; Gasto do governo = G; Exportação = X; Importação = M.

O aumento da produção provocaria maior demanda pelos fatores primários (trabalho, capital e terra), gerando mais renda para famílias, investidores e arrendatários. Consequentemente, o impacto incide sobre o consumo das famílias, investimento e importações.

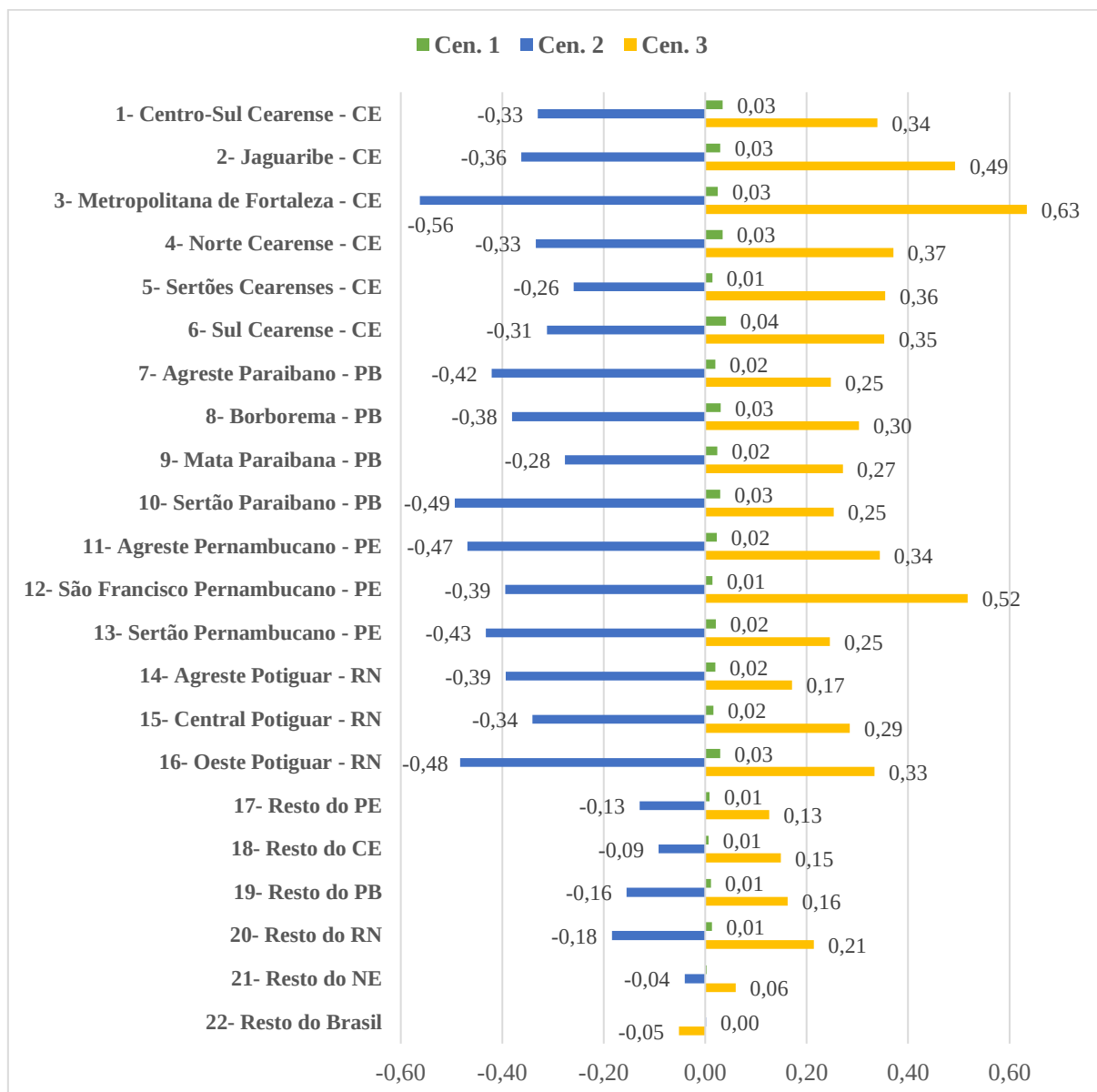
Regionalmente, as regiões que apresentaram maior crescimento do consumo das famílias seriam Metropolitana de Fortaleza e Sertões Cearenses, ambas localizadas no Ceará, com taxas de 0,807% e 0,737%, respectivamente. Em relação ao investimento, as regiões que mais cresceram se localizam na Metropolitana de Fortaleza, novamente, e Jaguaribe, com valores de 0,899% e 0,562%, respectivamente. A variável consumo do governo, contudo, seria a de maior crescimento, variando entre 2,441% a -0,075%.

Por outro lado, os números sugerem impacto negativo sobre exportações, dado o atendimento de um mercado doméstico mais aquecido. Com exceção da região do Agreste Potiguar (RN), dado baixo crescimento do mercado interno associado a menor consumo das famílias, investimento e gastos do governo.

Com intuito de visualizar o impacto no PIB real entre os três cenários analisados, a Figura 17 exibe a taxa de crescimento acumulado do PIB real em relação ao cenário de referência dos Cenários 1, 2 e 3 no período de 2023-2040. Graficamente é notável que as regiões beneficiadas pelo PISF teriam maior magnitude de impacto tanto positivo quanto negativo em relação aos restantes das regiões.

Entre os cenários, os impactos no Cenário 1 (aumento da oferta hídrica) geram efeitos consideravelmente inferiores em relação ao Cenário 3 (aumento do consumo do governo). Caso fosse implementada a cobrança pelo uso de água do PISF (Cenário 2), a escala dos impactos negativos seria significativamente superior em comparação aos efeitos positivos observados no Cenário 1.

**Figura 17- Comparativo do impacto no PIB real nos Cenários 1, 2 e 3
(desvio % acumulado em relação ao cenário de referência no período 2023-2040)**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das simulações do modelo.

Nota: Cenário 1 refere-se ao aumento da oferta hídrica decorrente do PISF; Cenário 2 refere-se a cobrança pelo uso de recursos hídricos dos produtores; e Cenário 3 refere-se ao aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF.

5.2.3.2 Resultados setoriais

A Tabela 33 reporta resultados setoriais agregados no Cenário 3 em desvio percentual acumulado em relação ao cenário de referência para o período 2023-2040. Os resultados setoriais em nível mais desagregados encontram-se nas Tabela 41, Tabela 42 e Tabela 43 no Apêndice B. Como foi descrito anteriormente nos resultados regionais macroeconômicos, os principais setores beneficiados foram aqueles articulados aos consumo do governo. Segundo a

base de dados do modelo, a distribuição do consumo do governo é dada da seguinte maneira: 99% no setor de Serviços, quase 1% no setor de Indústria de Transformações e valores marginais em outros setores. Portanto, como esperado, os resultados indicam maior crescimento nos Serviços, com a taxa de crescimento variando entre 0,794% e 0,253% nas regiões beneficiadas pelo PISF. Em termos regionais, apenas o resto do Brasil apresentaria a taxa negativa em relação ao cenário de referência, por efeitos competitivos. As regiões de maior taxa de crescimento dos Serviços estariam concentradas no Ceará. Isso ocorre porque a Metropolitana de Fortaleza, localizada no Ceará, apresenta um elevado nível de concentração na produção em comparação com as demais regiões beneficiadas pelo PISF, inclusive no setor de Serviços. Além disso, a Metropolitana de Fortaleza recebeu o segundo maior aumento do consumo do governo (choque). Assim, os efeitos positivos se espalharam em restante do estado do Ceará.

Em relação ao setor de Indústria de Transformação, as regiões Jaguaribe (CE) e Sul Cearense (CE) revelariam maior taxa de crescimento de 0,174% e 0,127%, respectivamente. Por outro lado, as regiões como Sertões Cearenses (CE) e Central Potiguar (RN) teriam crescimento negativo de 0,134% e 0,03%, respectivamente.

Em relação ao setor mais prejudicado foi SIUP com queda de produção que varia entre -2,165% e -0,17%. Como foi visto no Cenário 2, a cobrança pelo uso de água afetaria mais o SIUP, mas como o governo não consome bens e serviços deste setor, os efeitos positivos com o aumento do consumo do governo não compensariam a queda de produção do SIUP. Entre as regiões beneficiadas pelo PISF, o Agreste Potiguar (PB) e Sertões Cearenses (CE) seriam os mais afetados. Somente o Sul Cearense (CE) teria um crescimento positivo de 0,319%.

O setor agrícola, por seu turno, mostraria redução geral na produção, contribuindo para este resultado os cultivos da cana, manga e coco-da-baía. A pecuária, todavia, apresentaria um resultado levemente positivo, com os setores de Bovinos e Aves registrando um crescimento geral positivo. Por outro lado, os setores de leite e suínos teriam redução na produção. Essas reduções indicam a realocação da produção resultante da combinação dos efeitos derivados dos aumentos nos preços da água e no consumo do governo. Os setores agrícolas relativamente mais intensivo no fator água (como Cana, Manga e Coco-da-baía) teriam um aumento maior nos custos, e/ou aqueles que não são contemplados pelo aumento da demanda do governo (como Cana) não teriam conseguido compensar o efeito negativo do aumento desse custo. A exceção é o caso do Milho, que, apesar de ter um maior uso relativo de água e não ter demanda do governo, teria sido compensado pelo aumento do consumo das famílias neste setor.

Tabela 33- Impacto sobre a produção setorial agregado no Cenário 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)

N	Regiões do modelo	Agri.	Pec.	Silv.	Pesca	Ind. Extrat.	Ind. Alimen	Ind. Transf.	SIUP	Serv.
1	Centro-Sul Cearense	0,025	0,014	-0,006	-0,011	-0,069	0,043	0,099	-0,212	0,412
2	Jaguaribe	0,058	0,011	-0,017	-0,002	-0,053	0,103	0,174	-0,170	0,610
3	Metropolitana de Fortaleza	-0,067	-0,059	-0,125	-0,160	-0,098	-0,016	0,067	-0,525	0,794
4	Norte Cearense	-0,038	0,013	-0,064	-0,044	-0,104	-0,035	0,052	-0,102	0,479
5	Sertões CE	-0,039	0,016	-0,012	-0,018	-0,134	0,056	-0,134	-2,038	0,782
6	Sul Cearense	0,063	0,039	0,019	-0,010	0,009	0,118	0,127	0,319	0,411
7	Agreste PB	0,012	-0,012	-0,010	-0,038	-0,095	0,003	0,041	-1,062	0,347
8	Borborema	0,023	-0,006	-0,008	-0,027	-0,100	0,060	0,092	-0,753	0,376
9	Mata Paraibana	-0,179	0,026	-0,007	-0,014	-0,088	-0,086	0,088	-0,266	0,345
10	Sertão Paraibano	-0,009	-0,017	-0,028	-0,041	-0,102	-0,024	0,049	-1,680	0,346
11	Agreste PE	-0,002	0,001	-0,001	-0,026	-0,019	-0,005	0,112	-1,636	0,465
12	São Franc. PE	0,080	0,020	0,010	0,008	-0,063	-0,037	0,098	-1,169	0,679
13	Sertão PE	-0,010	0,018	-0,013	-0,014	-0,124	-0,015	0,008	-1,281	0,376
14	Agreste Potiguar	-0,007	0,011	-0,032	-0,034	-0,113	0,343	0,011	-2,165	0,253
15	Central Potiguar	-0,034	-0,008	-0,020	-0,031	-0,128	0,030	-0,030	-1,524	0,482
16	Oeste Potiguar	-0,003	0,008	-0,022	-0,028	-0,100	0,113	0,115	-1,318	0,437
17	Resto do PE	-0,078	0,042	0,005	-0,033	-0,011	0,060	0,029	0,160	0,154
18	Resto do Ceará	-0,002	0,033	-0,022	-0,018	0,002	0,038	0,038	0,267	0,170
19	Resto do Paraíba	-0,033	0,026	-0,002	-0,029	-0,008	0,071	0,054	0,214	0,185
20	Resto do RN	0,012	0,037	0,009	-0,026	0,010	0,097	0,083	0,201	0,241
21	Resto do NE	-0,015	0,037	0,010	0,001	-0,029	0,031	0,017	0,101	0,072
22	Resto do Brasil	-0,012	-0,013	-0,017	0,005	-0,024	-0,023	-0,048	-0,057	-0,056

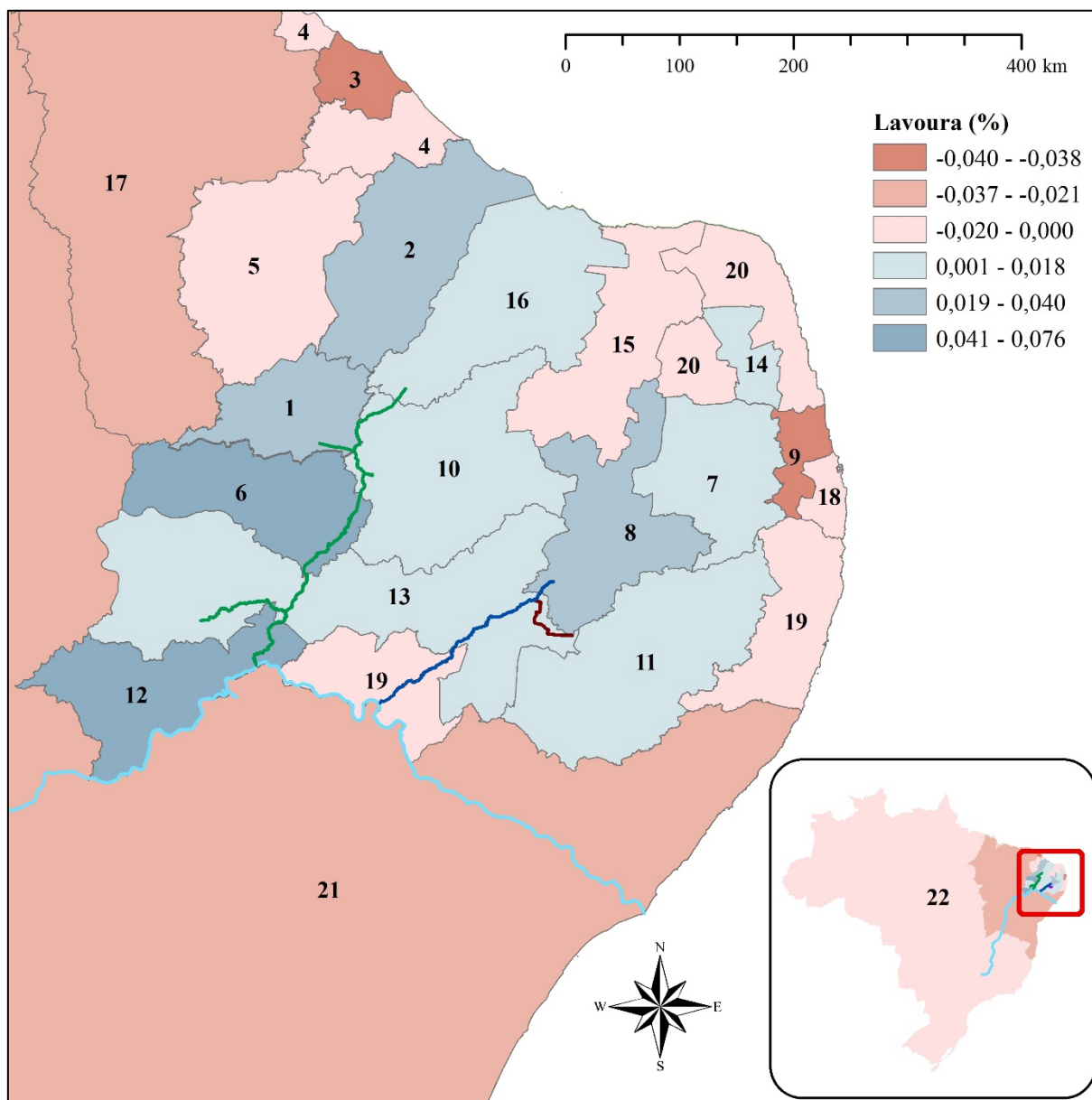
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Legenda: Agricultura (Agri.), Pecuária (Pec.), Exploração florestal e silvicultura (Silv.), Pesca e aquicultura (Pesca), Indústria extrativa (Ind. Extrat.), Indústria de alimentos (Ind. Alimen.), Outras Indústrias de transformação (Ind. Transf.) e Serviços (Serv.).

5.2.3.3 Impactos no uso da terra

A Figura 18 apresenta a variação percentual das áreas de lavoura no Cenário 3 no período de 2023 a 2040. Como descrito na seção de resultados setoriais, algumas regiões apresentaram crescimento na produção agrícola, enquanto outras mostraram redução. As taxas de variação percentual das áreas de lavoura também indicaram aumento em algumas regiões e redução em outras.

**Figura 18- Variações % das áreas de lavoura no Cenário 3
(desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

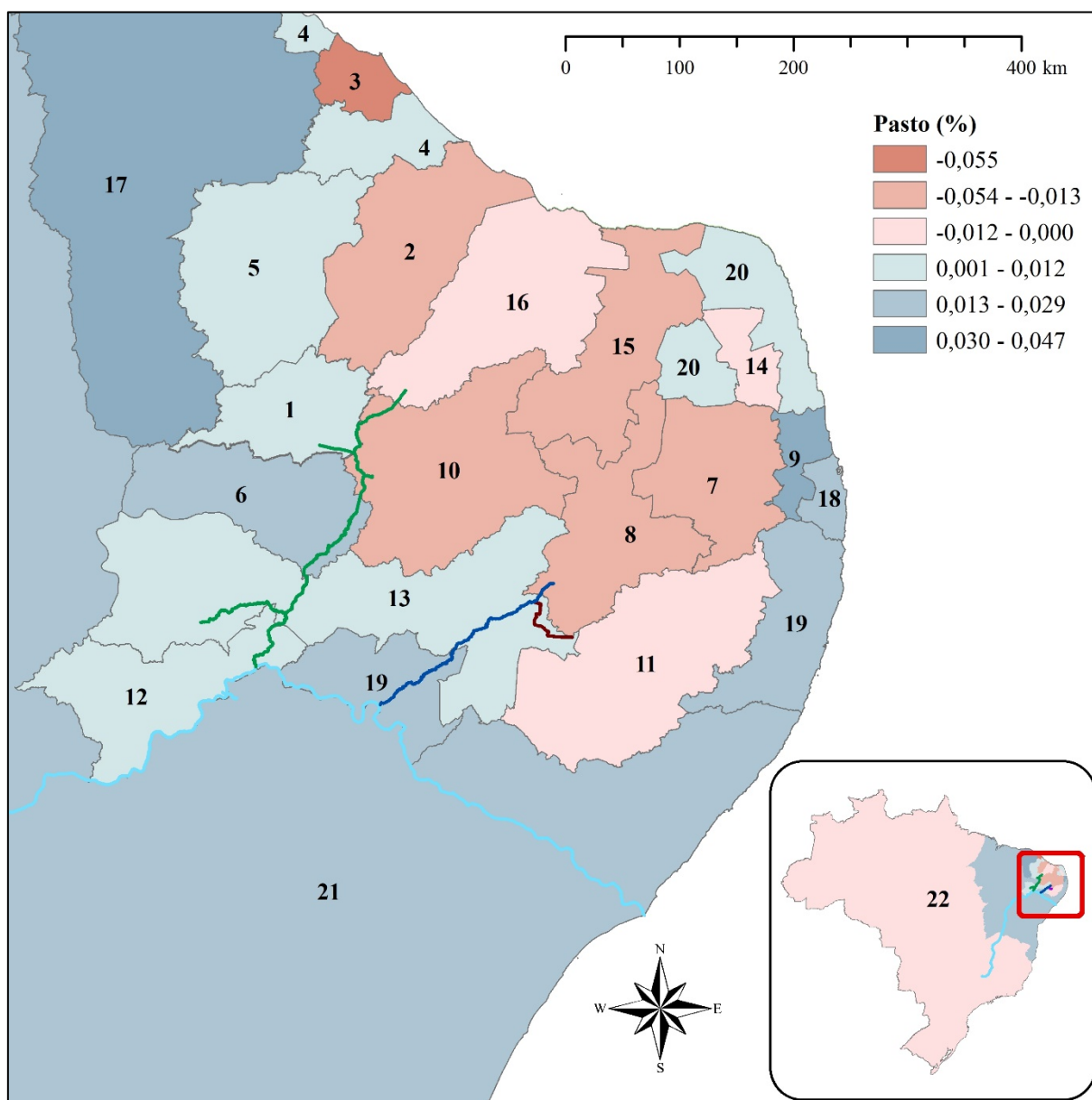
Nota: Cenário 3 refere-se ao aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF.

Entretanto, nem todas as regiões seguiram o mesmo padrão de aumento e redução setorial, pois a intensidade de uso da terra para a lavoura é diferente para cada cultivo. As regiões com maior taxa de expansão na lavoura seriam o Sul Cearense (região 6) com 0,054% e o São Francisco Pernambucano (região 12) com 0,076%. Já as regiões com maior taxa de redução na lavoura seriam a Metropolitana de Fortaleza (região 3) com -0,38% e a Mata Paraibana (região 9).

Somando a variação das áreas de lavoura entre as 16 regiões beneficiadas pelo PISF, a lavoura teria um crescimento de 604 hectares. No entanto, ao considerar todas as 22 regiões do modelo, a lavoura teria uma redução de -6.867 hectares.

No que concerne às áreas do pasto, a Figura 19 mostra a taxa de variação percentual das áreas de pasto no Cenário 3 no período de 2023 a 2040. As regiões com maior taxa de crescimento do pasto seriam Mata Paraibana (região 9) e Resto do Pernambuco (região 17), de 0,047% e 0,044%, respectivamente. Já a região com maior taxa de redução seria a Metropolitana de Fortaleza com valor de -0,55%. Em termos de área física, somando as variações das áreas de pasto nas 16 regiões beneficiadas pelo PISF, o pasto teria redução de 70 hectares.

**Figura 19- Variações % das áreas de pasto no Cenário 3
(desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)**



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: Cenário 3 refere-se ao aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Projeto de Integração do Rio São Francisco destaca-se como a maior obra de infraestrutura hídrica do Brasil, suscitando grandes expectativas quanto à resolução do histórico problema de seca no Semiárido do Nordeste. Contudo, dado que a fase regular da operação do PISF ainda está incipiente, não há disponibilidade de diagnósticos dos impactos econômicos reais decorrentes da transposição nessa região. Identificar e compreender os potenciais efeitos dessa

transposição é crucial para a formulação de políticas públicas eficientes e uma gestão adequada dos recursos.

Esta tese teve como objetivo avaliar os impactos econômicos decorrentes do aumento da oferta hídrica proveniente da transposição do Rio São Francisco no Semiárido do Nordeste. Para tanto, foram considerados três cenários de política relacionados à transposição: a) o aumento da oferta hídrica nas regiões do Semiárido do Nordeste devido ao PISF; b) a cobrança pelo uso dos recursos hídricos provenientes do PISF aos produtores; c) o aumento do consumo do governo com a receita poupada que seria destinada ao custeio da operacionalização do PISF.

Para atingir o objetivo da tese, um modelo de EGC regional foi especificamente desenvolvido para incorporar explicitamente o uso da água na modelagem, ampliando a capacidade analítica relacionada à questão do uso dos recursos hídricos na economia. Este é o primeiro modelo EGC regional para a economia brasileira que considera o uso dos recursos hídricos na produção, permitindo a abordagem de questões como a cobrança pelo uso desses recursos.

Em termos gerais, os principais resultados dos três cenários analisados podem ser destacados da seguinte forma:

Cenário 1: Considerando apenas o impacto do aumento da oferta hídrica decorrente do PISF na economia, observam-se efeitos positivos no PIB real, consumo, investimento, exportação, importação e emprego em todas as regiões beneficiadas pelo PISF. Entretanto, a magnitude desses efeitos é modesta, totalizando ganho de R\$ 106,74 milhões em relação ao cenário de referência nas regiões beneficiadas pelo PISF. Possíveis explicações para esse impacto incluem a não consideração do aumento da produtividade agrícola com o aumento da oferta de água irrigada e o fato de o modelo considerar o uso de água apenas em termos monetários, o que diminui sua relevância na produção devido a seu peso relativo baixo na economia. Embora não seja o mesmo cenário avaliado, os benefícios do PISF no estudo de Medeiros (2021) também indicaram efeitos positivos baixíssimos ou quase nulos. Contudo, quando incluiu o aumento da produtividade agrícola na simulação, os resultados se mostraram mais representativos.

Cenário 2: Ao considerar a cobrança pelo uso da água do PISF, os efeitos tornam-se negativos. O alto custo da operação do PISF e a realocação desse custeio para o setor produtivo, que pagava um valor extremamente baixo pelo uso do recurso hídrico, geram um efeito negativo maior do que o ganho da oferta hídrica visto no Cenário 1.

Cenário 3: Considerando o aumento do consumo do governo nas regiões beneficiadas pela transposição do Rio São Francisco, pela realocação do custeio da operação do PISF para os produtores, observam-se efeitos positivos significativamente superiores em relação aos demais cenários analisados. Isso sugere que, mesmo com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos do PISF pelos produtores, a demanda do governo pode mais do que compensar em termos do PIB regional. No entanto, em termos setoriais, as atividades econômicas como Pesca, Indústria extrativa e SIUP não seriam compensados, sofrendo impactos negativos na produção.

A partir dos resultados das simulações, pode-se concluir que apenas o aumento da oferta hídrica com o PISF não gera benefícios expressivos⁴¹, indicando a necessidade de estímulos complementares, como o aumento da produtividade. Nessa condição, a implementação da cobrança pelo uso da água do PISF causaria um efeito negativo consideravelmente superior aos efeitos positivos obtidos com o aumento da disponibilidade hídrica no Semiárido do Nordeste. Por outro lado, o aumento do consumo do governo com o fim do custeio da operação (realocação de custos pelo Cenário 2) do PISF resultaria em crescimento econômico, compensando os efeitos negativos da cobrança pelo uso da água do PISF, principalmente pelo aumento da produção no setor de serviços estimulado pelo consumo do governo. Entretanto, os setores de agricultura e pesca teriam uma redução na produção, o que pode comprometer a segurança alimentar do Semiárido do Nordeste. Assim, a recomendação seria uma política pública que incentive o investimento na ampliação da irrigação, promovendo a melhoria na produtividade agrícola.

Os resultados das simulações pode estar sinalizando que o PISF por si não seria suficiente para trazer desenvolvimento regional expressivo, sendo necessário um estímulo complementar para potencializar o benefício obtido com maior disponibilidade de oferta hídrica. Castro e Cerezini (2023b) destacam que políticas públicas complementares, como o “Programa Cisternas⁴²” no Semiárido do Nordeste, são fundamentais para garantir a segurança hídrica. Autores apontam que o PISF não possibilitará atendimento da população rural dispersa geograficamente.

Por fim, é importante ressaltar as limitações do estudo. A não incorporação dos efeitos do aumento de produtividade por meio da implementação de irrigação na agricultura na simulação

⁴¹ É importante ressaltar que, apesar dos resultados positivos modestos da transposição do rio São Francisco na economia, isso não significa necessariamente que o PISF não traga importantes contribuições para a população. Há a possibilidade de os benefícios positivos do projeto estarem diluídos devido à escala regional adotada no modelo, pois em escalas menores, como nas pequenas comunidades, provavelmente o PISF traz benefícios essenciais para melhorar a qualidade de vida.

⁴² “Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologia Sociais” mais conhecido como simplesmente Programa Cisternas.

subestima os benefícios da transposição do rio. No aspecto metodológico, o modelo de EGC não captura a possibilidade do surgimento de novas atividades econômicas (novos cultivos e indústrias) com a disponibilidade de recursos hídricos no Semiárido do Nordeste. Além disso, os efeitos sobre as pequenas comunidades beneficiadas pelo PISF também não são capturados de forma que possibilita a quantificação. Portanto, para pesquisas futuras, é relevante incorporar essas e outras questões para gerar uma análise prospectiva mais completa sobre o impacto econômico do PISF no Semiárido do Nordeste.

REFERÊNCIAS

ACSERALD, M. et al. Aperfeiçoando a cobrança pelo uso da água no estado do Rio de Janeiro: a evolução do preço público unitário. **Proceedings of the XXIII SBRH 2019**, 2019.

ANA. **Resolução nº 411/2005**. , 22 set. 2005. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/_viewpdf/web/?file=/resolucoes/2005/ANALegis/0411-2005_Outorga_de_Direito_de_Uso__LEGIS.pdf?10:12:17>. Acesso em: 1 maio. 2022

ANA. **Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos - Volume 07: Cobrança pelo uso de recursos hídricos**. Brasília - DF: [s.n.].

ANA. **Cobrança pelo uso de recursos hídricos (Cadernos de capacitação em recursos hídricos volume 7)**. Brasília - DF: ANA, 2014b.

ANA. **Nota Técnica nº 16/2016/SPR**. Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/0c75f8eb-f5c7-4643-9f91-5bf86a09fb63/attachments/NOTA_TECNICA_DisHidric.pdf>.

ANA. **Atlas Irrigação 2017: Uso da Água na Agricultura Irrigada**: Atlas Irrigação. Brasília - DF: ANA, 2017a. Disponível em: <http://biblioteca.ana.gov.br/asp/download.asp?codigo=129435&tipo_midia=2&iIndexSrv=1&iUsuario=0&obra=72512>.

ANA. **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos**. Brasília - DF: ANA, 2017b. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/acesso-tematico/ usos-da-agua/aguanaindustria_usoecoefficientestecnicos.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022.

ANA. **Nota Técnica Conjunta nº 1/2017/COSER/SER/SAS**. , 2 jun. 2017c. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/pisf-arquivos/tarifa/metodologia-de-calculo-da-receita-requerida-e-tarifas-de-disponibilidade-e-de-consumo-para-prestacao-de-servicos-de-aducao-de-agua-bruta-do-pisf/documento-33498-2017-reduzido.pdf>>. Acesso em: 31 maio. 2022

ANA. **Nota Técnica nº 67/2018**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/pisf-arquivos/tarifa/4-2-tarifa-2018/nota-tecnica-no-19-2018-coser-sre-2013-definicao-da-tarifa-a-ser-cobrada-pela-operadora-federal-no-ano-de>>

2018-para-a-prestacao-do-servico-de-aducao-de-agua-bruta-do-pisf>. Acesso em: 1 maio. 2022a.

ANA. **Resolução nº 67/2018.**, 11 set. 2018b. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2018/0067-2018_Ato_Normativo.pdf?150511>. Acesso em: 1 maio. 2022

ANA. **Cobrança pelo uso dos recursos hídricos.** Brasília: [s.n.].

ANA. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil.** Brasília: ANA, 2019b. Disponível em: <https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/Busca/Download?codigoArquivo=134951>. Acesso em: 24 jun. 2023.

ANA. **Nota Técnica nº 2/2019/COSER/SER.** [s.l.] ANA, 11 jan. 2019c. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/pisf-arquivos/tarifa/tarifa-2019/nt-02_2019-tarifa-2019-pisf.pdf>. Acesso em: 3 maio. 2022.

ANA. **Resolução nº 06/2019.**, 4 fev. 2019d. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/pisf-arquivos/tarifa/tarifa-2019/resolucao-06_2019-pisf-tarifa-2019.pdf>. Acesso em: 3 maio. 2022

ANA. **Resolução nº 2.333 de 27 de dezembro 2017 (Alterada pela Resolução nº 74 de 25 de setembro de 2019).**, 25 set. 2019e. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/pisf-arquivos/tarifa/4-2-tarifa-2018/nota-tecnica-no-19-2018-coser-sre-2013-definicao-da-tarifa-a-ser-cobrada-pela-operadora-federal-no-ano-de-2018-para-a-prestacao-do-servico-de-aducao-de-agua-bruta-do-pisf>>. Acesso em: 3 maio. 2022

ANA. **Anexo metodológico estimativas de usos consuntivos da água a montante de aproveitamentos hidrelétricos: Projeções Usos Consuntivos.** [s.l.] ANA, 2020a. Disponível em: <https://participacao-social.ana.gov.br/api/files/NT-Conj-4-2020-SPR-SRE_Series-Projecoes-UsosConsuntivos_Anexo-I_Metodologias-Usos-Consuntivos-1601038295942.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.

ANA. **Nota Técnica nº 2/2020/COSER/SER.** Brasília: ANA, 14 jan. 2020b. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/pisf-arquivos/tarifa/tarifa-2020-arquivos/nota-tecnica-no-02-2020.pdf>>. Acesso em: 3 maio. 2022.

ANA. **Resolução nº 11/2020.**, 10 mar. 2020c. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/pisf-arquivos/tarifa/tarifa-2020-arquivos/02500-013222-2020_resolucao_11-pdf-p7s.pdf>. Acesso em: 1 maio. 2022

ANA. **Nota Técnica nº 2/2021/COSER/SER.** Brasília: ANA, 29 jan. 2021a. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/tarifa/2021/1%20-nota-tecnica-no-2-2021-coser-sre-definicao-da-receita-requerida-e-tarifa-para-prestacao-do-servico-de-aducao-de-agua-bruta-do-pisf.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2022.

ANA. **Resolução nº 67/2021.**, 15 mar. 2021b. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/tarifa/2021/2%20-resolucao-no-67-de-15-de-marco-de-2021-aprova-as-tarifas-para-prestacao-do-servico-de-aducao-de-agua-bruta-do-pisf.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2022

ANA. **Nota Técnica nº 8/2022/COSER/SRE**. Brasília: ANA, 25 mar. 2022a. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/tarifa/2022/1-nota-tecnica-8-2022-coser-sre-definicao-da-receita-requerida-e-tarifas-para-a-prestacao-do-servico-de-aducao-de-agua.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2023.

ANA. **Resolução ANA nº 122.**, 1 jun. 2022b. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/tarifa/2022/2-resolucao-122-aprova-as-tarifas-para-aprestacao-d-oservico-de-aducao-de-agu-abrutado-do-pisf-2022.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2023

ANA. **Nota Técnica nº 2/2023/CPISF/SRB**. Brasília: ANA, 17 fev. 2023a. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/tarifa/NotaTcnica2023.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2023.

ANA. **Resolução ANA nº 148.**, 17 mar. 2023b. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf/tarifa/Resolucao1482023.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2023

ARMINGTON, P. S. A theory of demand for products distinguished by place of production. **Staff Papers**, v. 16, n. 1, p. 159–178, 1969.

AZEVEDO, L. G. T. DE et al. **Transferência de Água entre Bacias Hidrográficas**. 1ª ed. Brasília: Banco Mundial, 2005.

BANCO MUNDIAL. **Impactos e externalidades sociais da irrigação no semiárido brasileiro**. Brasília - DF: [s.n.].

BANCO MUNDIAL. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 - 2019**. Florianópolis: [s.n.].

BERRITTELLA, M. et al. The economic impact of restricted water supply: A computable general equilibrium analysis. **Water research**, v. 41, n. 8, p. 1799–1813, 2007.

BERRITTELLA, M. et al. The economic impact of water taxes: a computable general equilibrium analysis with an international data set. **Water Policy**, v. 10, n. 3, p. 259–271, 1 jun. 2008.

BRASIL. Saiba mais sobre água, consumo consciente e recursos hídricos no Brasil. 17 set. 2010.

BRASIL, [CONSTITUIÇÃO (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nº 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nº 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo nº 186/2008**. Brasília - DF: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2016a.

BRASIL, (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL). **Projeto de Integração do Rio São Francisco**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-temporarias/externas/55a-legislatura/transposicao-rio-sao-francisco/documentos/outros-documentos/documentos-tcu/SumrioExecutivoAbr2016.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2018b.

BRASIL, (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL). **ÁGUA do rio São Francisco faz Reservatório Boqueirão superar volume morto**. 21 ago. 2017a.

BRASIL, (MINISTÉRIO DA TRANSPARÊNCIA E CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO). **Manutenção do Projeto de Integração do Rio São Francisco na Fase de Pré-Operação**. Brasília: CGU, 2017b. Disponível em: <<https://auditoria.cgu.gov.br/download/10679.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

BRASIL, (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**: RIMA. Brasília - DF: Ministério da Integração Nacional, jul. 2004.

BREVIOLIERI, G. V. et al. **INSTRUMENTOS ECONÔMICOS APLICADOS À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: Caminhos para sua adoção em situações de conflitos pelo uso da água no Brasil**. Brasília; São Paulo: ANA; GVCES, 2018.

CALZADILLA, A. et al. Economywide impacts of climate change on agriculture in Sub-Saharan Africa. **Ecological Economics**, v. 93, p. 150–165, 2013.

CALZADILLA, A.; REHDANZ, K.; TOL, R. S. **The GTAP-W model: accounting for water use in agriculture**. : Kiel Working Paper. Kiel, GermanyECONSTOR, , nov. 2011. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/54939/1/680289380.pdf>>

CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. DE C. Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções. **Boletim Trimestral do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental/UFCE**, n. 14, p. 10, 2001.

CARVALHO, T. S. **Uso do Solo e Desmatamento nas Regiões da Amazônia Legal Brasileira: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas, 2014, 219 p.** [s.l.] Tese de Doutorado). Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

CARVALHO, T. S.; DOMINGUES, E. P.; HORRIDGE, J. M. Controlling deforestation in the Brazilian Amazon: Regional economic impacts and land-use change. **Land Use Policy**, v. 64, p. 327–341, 1 maio 2017.

CASTRO, C. N. DE. Transposição do Rio São Francisco. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, p. 71–75, jul. 2009.

CASTRO, C. N. DE. **Impactos do Projeto de Transposição do Rio São Francisco na Agricultura Irrigada no Nordeste Setentrional**: Texto para Discussão. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, jan. 2011a.

CASTRO, C. N. DE. **Transposição do Rio São Francisco: análise de oportunidade do projeto**: Texto para Discussão. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, fev. 2011b.

CASTRO, C. N. DE; CEREZINI, M. T. **Análise prospectiva de potenciais impactos socioeconômicos do projeto de integração do rio São Francisco com bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional sobre a região beneficiada**. Brasília; Rio de Janeiro: Ipea, 2022.

CASTRO, C. N. DE; CEREZINI, M. T. Política agrícola e desenvolvimento da área de influência do Projeto de Integração do Rio São Francisco. Em: **Transposição do São Francisco: território, potenciais impactos e políticas públicas complementares**. Brasília: [s.n.]. p. 41.

CASTRO, C. N. DE; CEREZINI, M. T. Capítulo 6 - O PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO, OBRAS COMPLEMENTARES PARA O AUMENTO DA OFERTA HÍDRICA E CONVIVÊNCIA COM AS SECAS. Em: **TRANSPOSIÇÃO DO SÃO FRANCISCO: TERRITÓRIO, POTENCIAIS IMPACTOS E POLÍTICAS PÚBLICAS COMPLEMENTARES**. -. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2023b.

CIASCA, B. S. **O impacto econômico da cobrança pelo uso da água para financiamento em infraestrutura verde: uma proposta de integração da governança de água e floresta**. Tese—Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 2023.

CNM, (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS). **Danos e prejuízos causados por desastres no Brasil entre 2013 a 2022**: Estudos Técnicos/Defesa Civil. [s.l.] CNM, abr. 2022a.

CNM, (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS). **Danos e prejuízos causados pela seca no estado do Rio Grande do Sul 2020 a março de 2022**. Brasília: CNM, 5 abr. 2022b.

CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Journal of Open Source Software**, v. 6, n. 64, p. 3172, 2021.

CONVERY, F. J. Reflections—shaping water policy: what does economics have to offer? **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 7, n. 1, p. 156–174, 2013.

CRED. **Disasters in numbers 2021**. Brussels: [s.n.].

DA SILVA, P. E. et al. Precipitation and air temperature extremes in the Amazon and northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 39, n. 2, p. 579–595, 1 fev. 2019.

DE MEDEIROS, E. R.; CARVALHO, T. S.; DE SOUZA, K. B. São Francisco River Transposition Project: Socio-economic impacts in Brazilian Northeast semi-arid region. **Papers in Regional Science**, v. 101, n. 6, p. 1441–1469, 1 dez. 2022.

DE SOUZA FERREIRA FILHO, J. B.; HORRIDGE, M. Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil. **Land Use Policy**, v. 36, p. 595–604, 2014.

DIAO, X. et al. A general equilibrium analysis of conjunctive ground and surface water use with an application to Morocco. **Agricultural Economics**, v. 38, n. 2, p. 117–135, 2008.

DIAO, X.; ROE, T.; DOUKKALI, R. Economy-wide gains from decentralized water allocation in a spatially heterogeneous agricultural economy. **Environment and Development Economics**, v. 10, n. 3, p. 249–269, 2005.

DING, Y.; HAYES, M. J.; WIDHALM, M. Measuring economic impacts of drought: a review and discussion. **Disaster Prevention and Management: An International Journal**, v. 20, n. 4, p. 434–446, 1 jan. 2011.

DOMINGUES, E. P. **Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2002.

EICKHOUT, B.; VAN MEIJL, H.; TABEAU, A. The impact of environmental and climate constraints on global food supply. Em: **Economic analysis of land use in global climate change policy**. [s.l.] Routledge, 2009. p. 226–254.

FAO. **The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021**. Rome, Italy: [s.n.].

FARIA, W. R. **MODELAGEM E AVALIAÇÃO DE FENÔMENOS RELACIONADOS AO USO DA TERRA NO BRASIL**. São Paulo: FEA-USP, 2012.

FARIA, W. R.; HADDAD, E. A. Modelagem do uso da Terra e Efeitos de Mudanças na Produtividade Agrícola entre 2008 e 2015. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 49, n. 1, p. 65–103, jan. 2019.

FEIJÓ, R.; TORGGLER, S. Política de combate à seca: há alternativas mais eficientes que a transposição do rio São Francisco? **Planejamento e políticas públicas**, v. 29, p. 57–78, 2006.

FERRARINI, A. DOS S. F. **Avaliação setorial do uso da água no Brasil: uma análise de equilíbrio geral computável (CGE)**. [s.l.] Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2017.

FERREIRA FILHO, J. B. DE S. Introdução aos Modelos de Equilíbrio Geral Computável: MINIBR Manual de Utilização. Em: **Economia Regional e Urbana: Teoria e Métodos com Ênfase no Brasil**. Brasília: IPEA: [s.n.]. p. Cap. 12, 375-400.

FERREIRA FILHO, J. B. DE S.; HORRIDGE, M. **Endogenous Land Use and Supply, and Food Security in Brazil**. 15th Annual Conference on Global Economic Analysis. **Anais...** Em: ANNUAL CONFERENCE ON GLOBAL ECONOMIC ANALYSIS. Genebra, Suíça: 2012. Disponível em: <<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/uploads/resources/download/5716.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2016

FERREIRA-FILHO, J.; HORRIDGE, M. **Endogenous land use and supply, and food security in Brazil**. [s.l.: s.n.].

FINKLER, N. R. et al. Cobrança pelo uso da água no Brasil: uma revisão metodológica. **Desenvolvimento e meio ambiente**, v. 33, n. abr., p. 33–49, 2015.

FORGIARINI, F. R. **Modelagem da cobrança pelo uso da água bruta para aplicação em escala real na bacia do rio Santa Maria**. [s.l.] UFSM, 2006.

FRISCH, R. A Complete Scheme for Computing All Direct and Cross Demand Elasticities in a Model with Many Sectors. **Econometrica**, v. 27, n. 2, p. 177–196, 1959.

GALVÃO, J.; BERMAN, C. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos Avançados [online]**, v. 29, n. 84, p. 43–68, 2015.

GHASSEMI, F.; WHITE, I. **Inter-basin water transfer: case studies from Australia, United States, Canada, China and India**. [s.l.] Cambridge University Press, 2007.

GICHUKI, F.; MCCORNICK, P. G. International experiences of water transfers: Relevance to India. **Strategic Analyses of the National River Linking Project (NRLP) of India Series 2**, p. 345, 2008.

- GRANZIERA, M. L. M. A cobrança pelo uso da água. **Revista CeJ**, v. 4, n. 12, p. 71–74, 2000.
- GRIFFITH, M. Water Resources Modeling: A Review. Em: WITTWER, G. (Ed.). **Economic Modeling of Water: The Australian CGE Experience**. 2012^a ed. Dordrecht Netherlands: Springer, 2012. p. 59–78.
- HADDAD, E. A. **Retornos crescentes, custo de transporte e crescimento regional**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2004.
- HADDAD, E. A. **Regional inequality and structural changes: lessons from the Brazilian experience**. [s.l.] Routledge, 2018.
- HERTEL, T. W. **Global Trade Analysis: Modeling and Applications**. Purdue University, Indiana: Thomas W. Hertel, 1997.
- HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M. The water footprint of humanity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 9, p. 3232–3237, 2012.
- HORRIDGE, M. The TERM model and its database. Em: **Economic Modeling of Water**. [s.l.] Springer, 2012. p. 13–35.
- HORRIDGE, M.; MADDEN, J.; WITTWER, G. The impact of the 2002-2003 drought on Australia. **Journal of Policy Modeling**, v. 27, n. 3, p. 285–308, 2005.
- HORRIDGE, M. Preparing a Term bottom-up regional database. **Preliminary Draft, Centre of Policy Studies, Monash University**, 2006.
- HULTON, G. **Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage**. Geneva, Switzerland: [s.n.].
- IBGE. **Projeções da População do Brasil e Unidades da Federação por sexo e idade: 2010-2060**. , 2018. Disponível em: <https://ftp.ibge.gov.br/Projecao_da_Populacao/Projecao_da_Populacao_2018/projecoes_2018_populacao_2010_2060_20200406.xls>. Acesso em: 3 jun. 2022
- IBGE. **Acesso e uso de dados geoespaciais**. Rio de Janeiro: [s.n.].
- IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report**: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC, 2014.
- JUANA, J. S.; STRZEPEK, K. M.; KIRSTEN, J. F. Market efficiency and welfare effects of inter-sectoral water allocation in South Africa. **Water Policy**, v. 13, n. 2, p. 220–231, 20 out. 2010.
- KOSMINSKY, L.; ZUFFO, A. C. O Nordeste seco e a transposição do rio São Francisco. **Integração**, v. 15, n. 57, p. 167–175, jun. 2009.
- LUSTOSA, M. C. J.; YOUNG, C. E. F. Política Ambiental. Em: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Eds.). **Economia Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 341–352.

MAFFEI, E.; IRMÃO, J. F.; SOUZA, H. R. DE. **Irrigação e emprego no sertão do São Francisco**. Recife: Projeto OIT/PNUD/SUDENE, 1986.

MAGALHÃES, A. S. **O comércio por vias internas e seu papel sobre o crescimento e desigualdade regional no Brasil**. [s.l.] Banco do Nordeste de Brasil, 2011.

MAGALHÃES, A. S. **Economia de baixo carbono no Brasil: Alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa**. 2013. 290 f. [s.l.] (Tese de Doutorado) Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MAGALHÃES, A. S. et al. Quanto vale a água que usamos? Projeções dos impactos econômicos de restrições ao uso e elevação de preços da água na região metropolitana de Belo Horizonte. **Revista de Economia**, v. 42, n. 2, 2017.

MAGALHÃES, A. S.; DOMINGUES, E. P.; CIASCA, B. S. **Uso da água no Brasil e sua relação com condicionantes econômicos: análise a partir de simulações com um modelo de equilíbrio geral**. 47º Encontro Nacional de Economia. **Anais...** São Paulo: 2019.

MAISONNAVE, F.; KNAPP, E. Após 1 ano, transposição do São Francisco já retira 1 milhão do colapso. **Folha de S. PAULO**, 11 mar. 2018.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 83–96, 2008.

MARENGO, J. A. et al. Two Contrasting Severe Seasonal Extremes in Tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and Drought in Northeast Brazil. **Journal of Climate**, v. 26, n. 22, p. 9137–9154, 2013.

MARENGO, J. A. et al. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, n. 106, p. 31–44, 2015.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-2015 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, v. 3, p. 49–54, 2016.

MEDEIROS, E. R. DE. **Impactos socioeconômicos do projeto de integração do Rio São Francisco no nordeste brasileiro**. [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2021.

MEKONNEN, M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science advances**, v. 2, n. 2, 2016.

MOLINAS, P. A. **Gestão e operação do projeto de integração do rio São Francisco com bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional**. [s.l.] CBHSF, 2019.

MOROTE, A.-F. et al. Interbasin water transfer conflicts. The case of the Tagus-Segura Aqueduct (Spain). **International Journal of Hydrology Science and Technology**, v. 10, n. 4, p. 364–391, 2020.

NAKATA, G. T.; ZEIGLER, M. **O próximo celeiro global: Como a América Latina pode alimentar o mundo: um chamado à ação para o enfrentamento dos desafios e a busca de soluções**. [s.l.] BID, abr. 2014. Disponível em: <<https://publications.iadb.org/publications/portuguese/viewer/O-pr%C3%B3ximo-celeiro->

global-Como-a-Am%C3%A9rica-Latina-pode-alimentar-o-mundo-Um-chamado-%C3%A0-a%C3%A7%C3%A3o-para-o-enfrentamento-dos-desafios-e-a-busca-de-solu%C3%A7%C3%B5es.pdf>.

PAULINO, J. et al. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. v. 16, n. 2, p. 163–176, jun. 2011.

PONCE, R.; BOSELLO, F.; GIUPPONI, C. **Integrating Water Resources into Computable General Equilibrium Models - A Survey**. Milano: [s.n.].

PROJETO ÁRIDAS. **Nordeste: uma estratégia de desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1995.

Projeto MapBiomass – Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil, acessado em 22 mar. 2023 através do link: https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit&scriptPath=users%2Fmapbiomas%2Fuser-toolkit%3Amapbiomas-user-toolkit-lulc.js

PURVIS, L.; DINAR, A. Are intra- and inter-basin water transfers a sustainable policy intervention for addressing water scarcity? **Water Security**, v. 9, p. 100058, 2020.

QIN, C. et al. The economic impact of water tax charges in China: a static computable general equilibrium analysis. **Water International**, v. 37, n. 3, p. 279–292, 2012.

ROCHA, A. A. M. **Climate Change, Water Resources and Economic Impacts: An Analysis of Brazilian Hydrographic Regions**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2022.

ROSE, A. Economic principles, issues, and research priorities in hazard loss estimation. Em: **Modeling spatial and economic impacts of disasters**. [s.l.] Springer, 2004. p. 13–36.

ROSEGRANT, M. W.; CAI, X.; CLINE, S. A. **World Water and Food to 2025**. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute, out. 2002. Disponível em: <<https://reliefweb.int/attachments/e7dea387-c8fa-3c29-80a4-0c915620c2ef/1B0BBA6D1080C010C1256C6E002E1D17-ifpri-water2025-16oct.pdf>>.

SANCTUARY, M.; TROPP, H. **Making Water a Part of Economic Development: The Economic Benefits of Improved Water Management and Services**. Stockholm: [s.n.].

SCHMITZ, A. P.; BITTENCOURT, M. V. L. Crescimento econômico e pressão sobre recursos hídricos. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 47, n. 2, p. 329–363, abr. 2017.

SESSA, C. B. **Comércio exterior, guerra fiscal e dinâmica regional assimétrica no Brasil e no Espírito Santo**. Tese—Belo Horizonte, MG: UFMG/CEDEPLAR, 2019.

SEUNG, C. K. et al. Impacts of water reallocation: A combined computable general equilibrium and recreation demand model approach. **Ann Reg Sci**, v. 34, n. 4, p. 473–487, 2000.

SILVA, F. P. DA et al. **Eficiência produtiva e pobreza rural no nordeste brasileiro**: Texto para Discussão (TD). Brasília: Ipea, 2016.

SILVA, M. M. V. DA; DINIZ, P. C. O.; MEDEIROS, P. DA C. Conflitos pelo acesso à água: impactos da Transposição do rio São Francisco sobre a Vila Lafayette, Monteiro/PB. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, p. 165–185, 2020.

SILVA, P. C. G. DA et al. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. Em: **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina, PE: SA, I.B; SILVA, P. C. G. da, 2010. p. 17–48.

SILVA, S. DO N. et al. Efeitos da escassez hídrica na economia do perímetro irrigado de São Gonçalo, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, p. 132–137, 2017.

SIMONATO, T. C. **Impactos na economia brasileira do Auxílio Emergencial durante a pandemia do Covid-19: efeitos regionais, setoriais, familiares e no mercado de trabalho**. Tese de Doutorado—[s.l.] UFMG/CEDEPLAR, 2023.

SNADDON, C. D. et al. A global overview of inter-basin water transfer schemes, with an appraisal of their ecological, socio-economic and socio-political implications, and recommendations for their management. **Water Research Commission Report No. TT120/00. Pretoria: Water Research Commission**, 1999.

SOUZA, C. M. et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, 2020.

SOUZA, G. C. P. DE. **CRESCIMENTO ECONÔMICO, DESMATAMENTO E EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA: ANÁLISES PROSPECTIVAS PARA OS BIOMAS BRASILEIROS NUMA PERSPECTIVA DE SUSTENTABILIDADE**. Belo Horizonte: CEDEPLAR-UFMG, 21 fev. 2022.

SUASSUNA, J. SEMI-ÁRIDO: proposta de convivência com a seca. **Cadernos de Estudos Sociais**, 1-2. v. 23, p. 135–148, dez. 2007.

TAHERIPOUR, F. et al. **Water in the Balance: The Economic Impacts of Climate Change and Water Scarcity in the Middle East**. Washington, DC: [s.n.].

THOMAS, P. T. **Proposta de uma metodologia de cobrança pelo uso da água vinculada à escassez**. [s.l.] COPPE/UFRJ, 2002.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos avançados**, v. 22, p. 7–16, 2008.

UNESCO. **World Water Assessment Programme: The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk**. [s.l.] UNESCO, 2012.

UNPD, (UNITED NATIONS). **The 2022 Revision of World Population Prospects**. [s.l.] UNPD, 2022. Disponível em: <<https://population.un.org/wpp/>>.

UN-WATER, (UNITED NATIONS). **Summary Progress Update 2021: SDG 6 - water and sanitation for all**. Geneva, Switzerland: [s.n.]. Disponível em: <https://www.unwater.org/app/uploads/2021/12/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021a.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2022.

WITTWER, G. Practical Policy Analysis Usin TERM. Em: WITTWER, G. (Ed.). **Economic Modeling of Water: The Australian CGE Experience**. 1. ed. Dordrecht Netherlands: Springer, 2012. p. 1–12.

WITTWER, G. et al. **Economic Modeling of Water: The Australian CGE Experience**. [s.l.] Glyn Wittwer, 2012. v. 3

WWAP. **United Nations World Water Assessment Programme**: The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs. Paris: UNESCO, 2016.

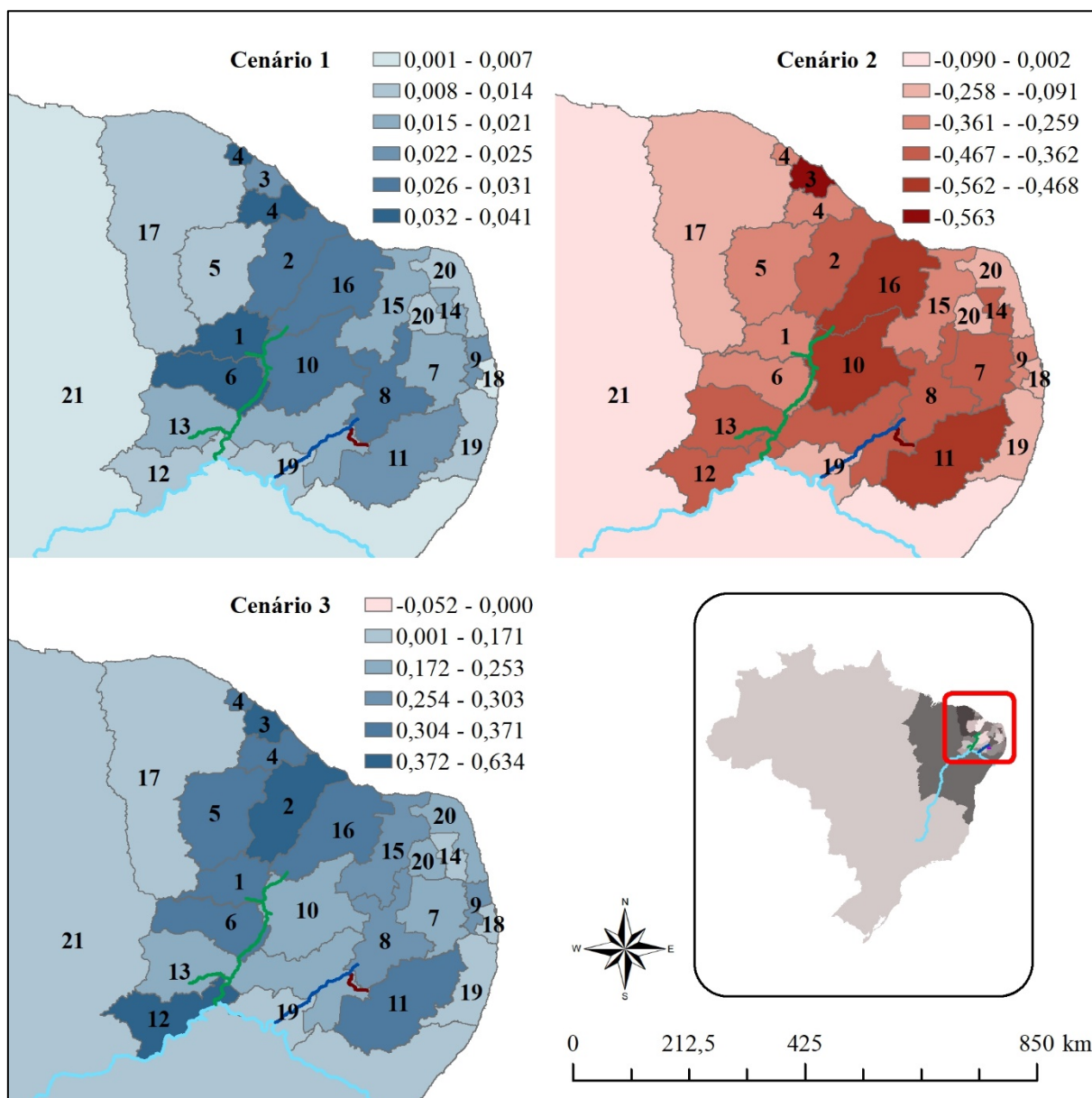
YOU, G. J.-Y.; RINGLER, C.; OTHERS. **Hydro-economic modeling of climate change impacts in Ethiopia**. [s.l: s.n.].

ZHU, X. **Economics of Water Management**. Disponível em: <<https://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199363445/obo-9780199363445-0024.xml#obo-9780199363445-0024-bibItem-0005>>.

ZHUANG, W. Eco-environmental impact of inter-basin water transfer projects: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 13, p. 12867–12879, 2016.

APÊNDICE A – FIGURAS COMPLEMENTARES

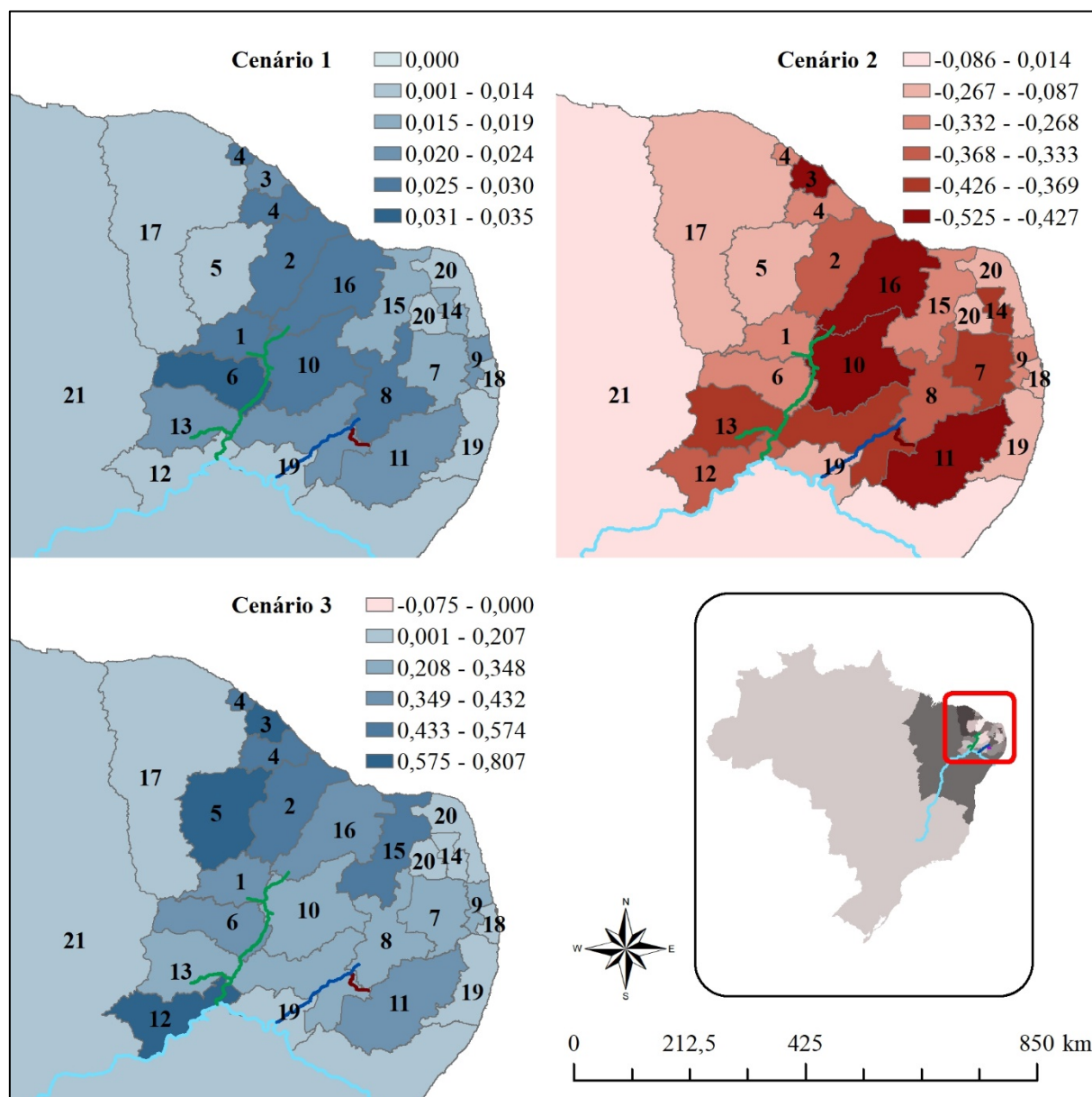
Figura 20- Impacto regional do PISF sobre o PIB real (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: Cenário 1 refere-se ao aumento da oferta hídrica decorrente do PISF; Cenário 2 refere-se a cobrança pelo uso de recursos hídricos dos produtores; e Cenário 3 refere-se ao aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF.

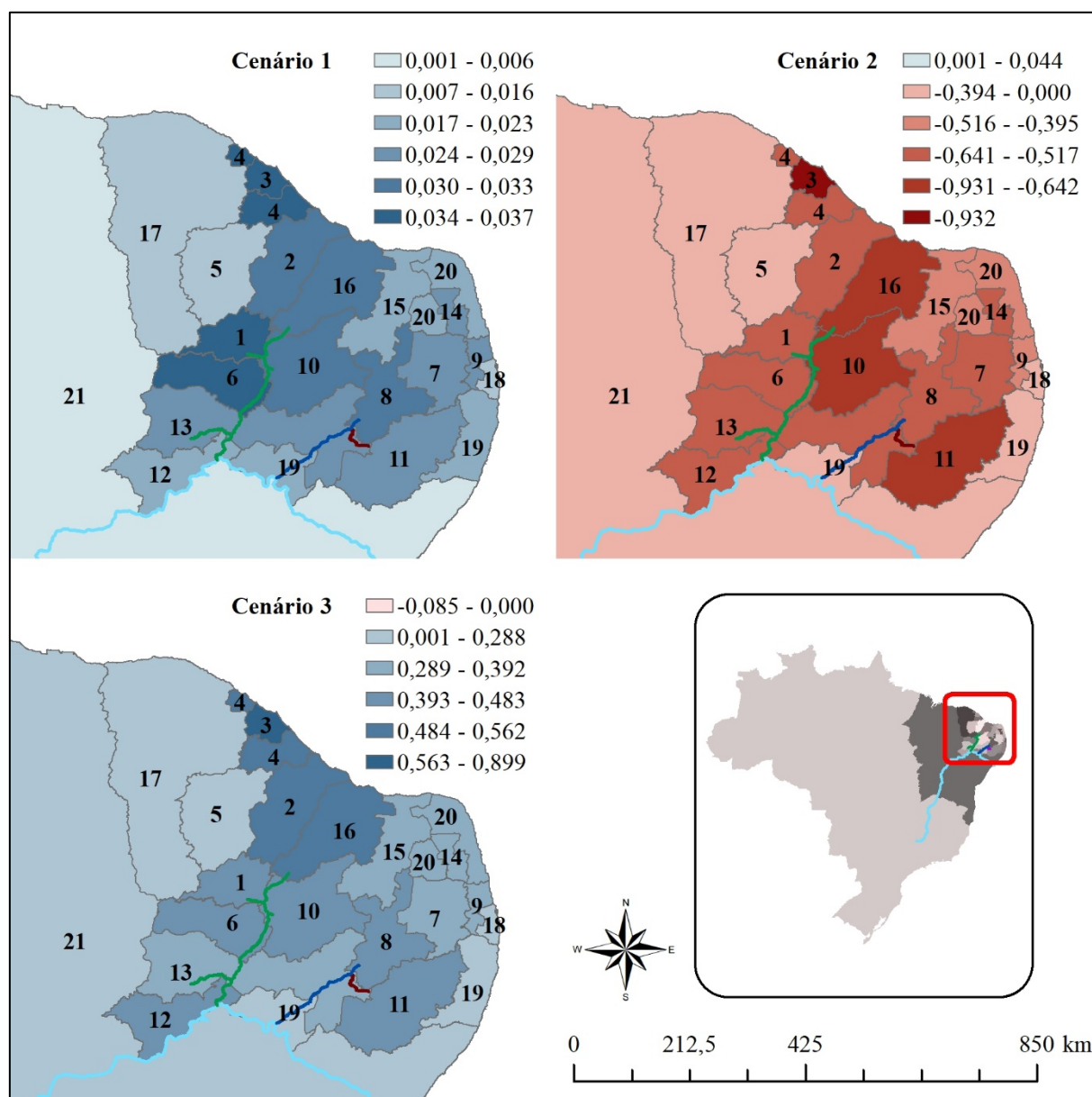
Figura 21- Impacto regional do PISF sobre o Consumo das famílias (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: Cenário 1 refere-se ao aumento da oferta hídrica decorrente do PISF; Cenário 2 refere-se a cobrança pelo uso de recursos hídricos dos produtores; e Cenário 3 refere-se ao aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF.

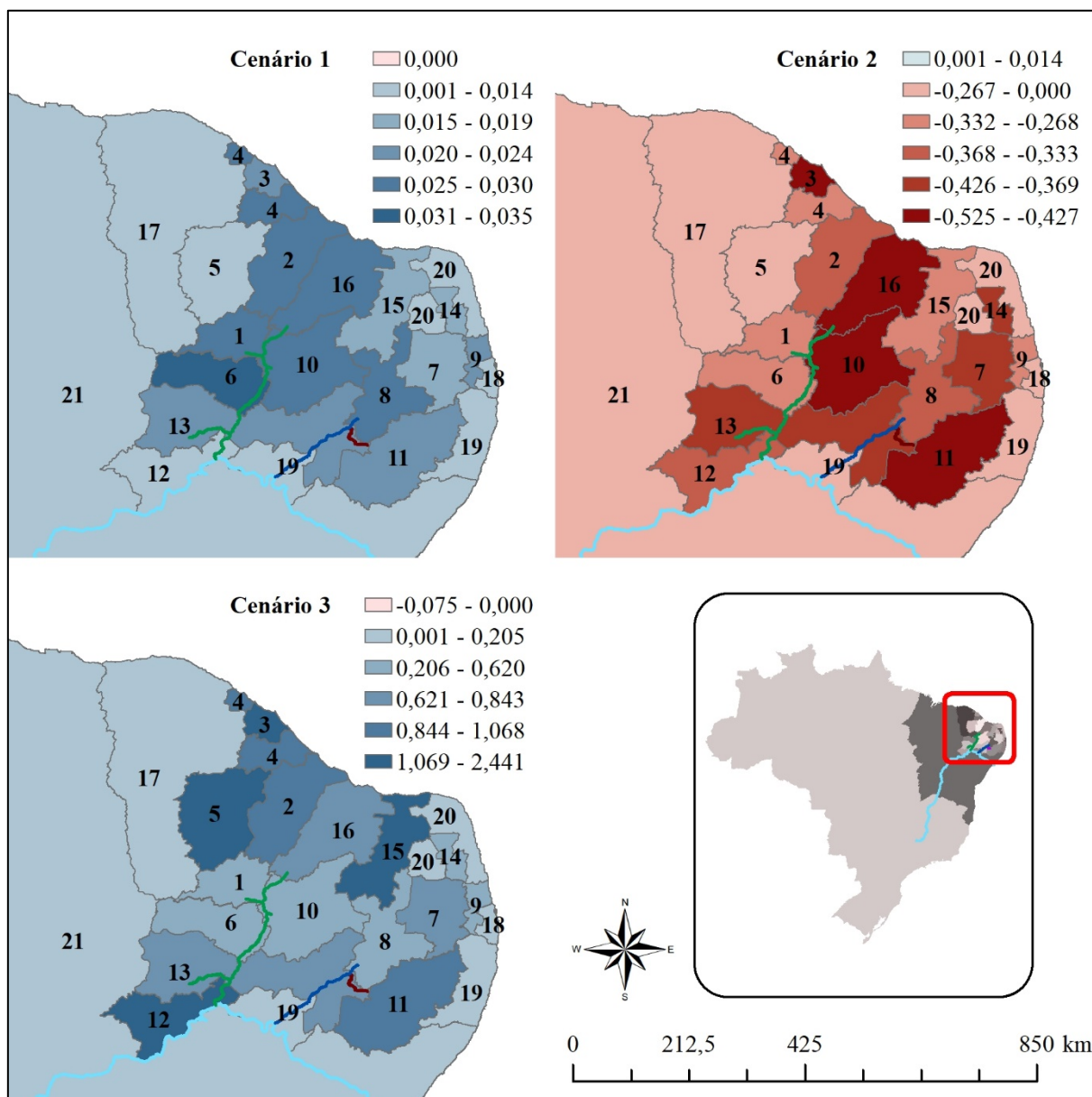
Figura 22- Impacto regional do PISF sobre o Investimento (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: Cenário 1 refere-se ao aumento da oferta hídrica decorrente do PISF; Cenário 2 refere-se a cobrança pelo uso de recursos hídricos dos produtores; e Cenário 3 refere-se ao aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF.

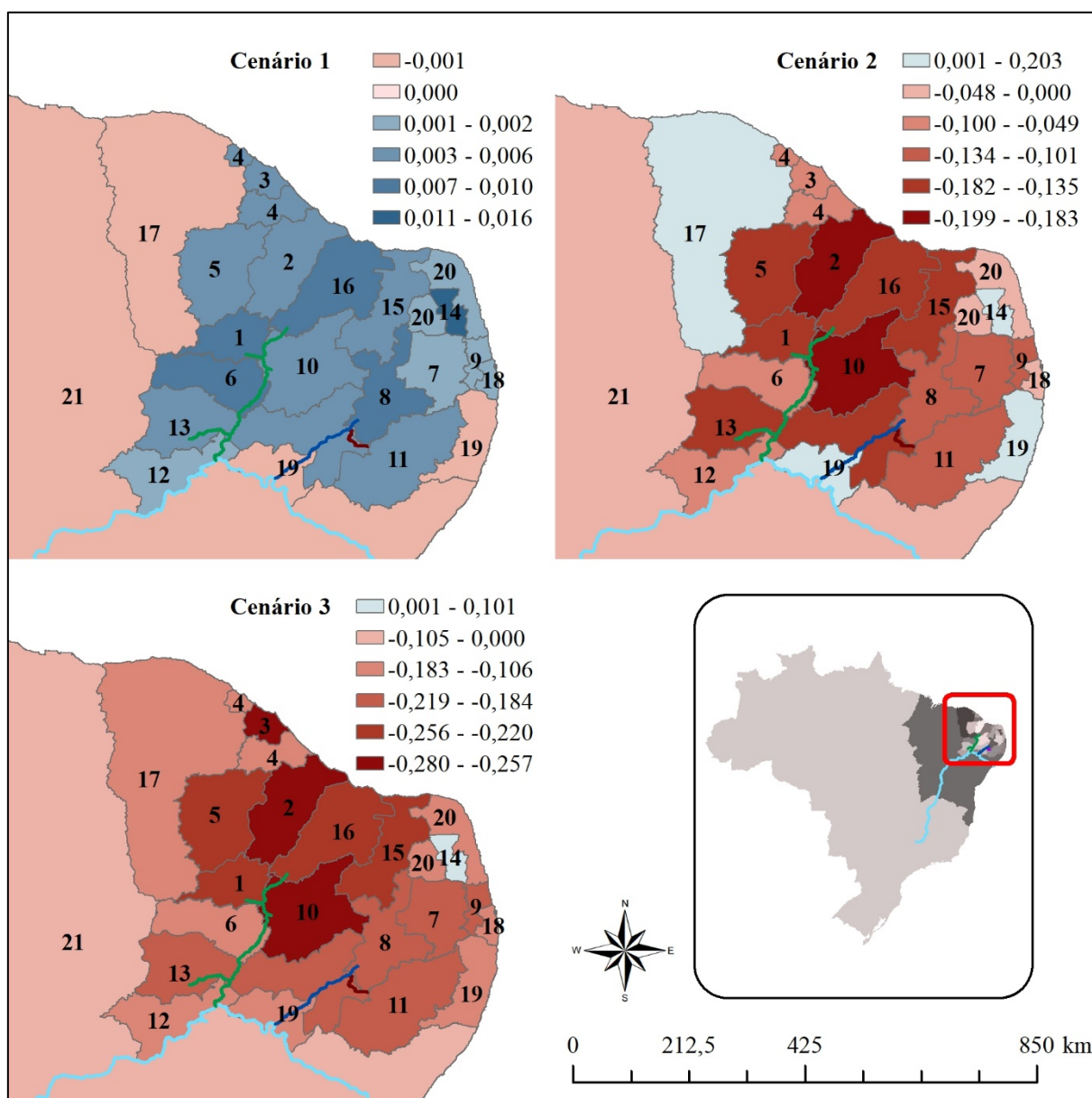
Figura 23- Impacto regional do PISF sobre os Gastos do Governo (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: Cenário 1 refere-se ao aumento da oferta hídrica decorrente do PISF; Cenário 2 refere-se a cobrança pelo uso de recursos hídricos dos produtores; e Cenário 3 refere-se ao aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF.

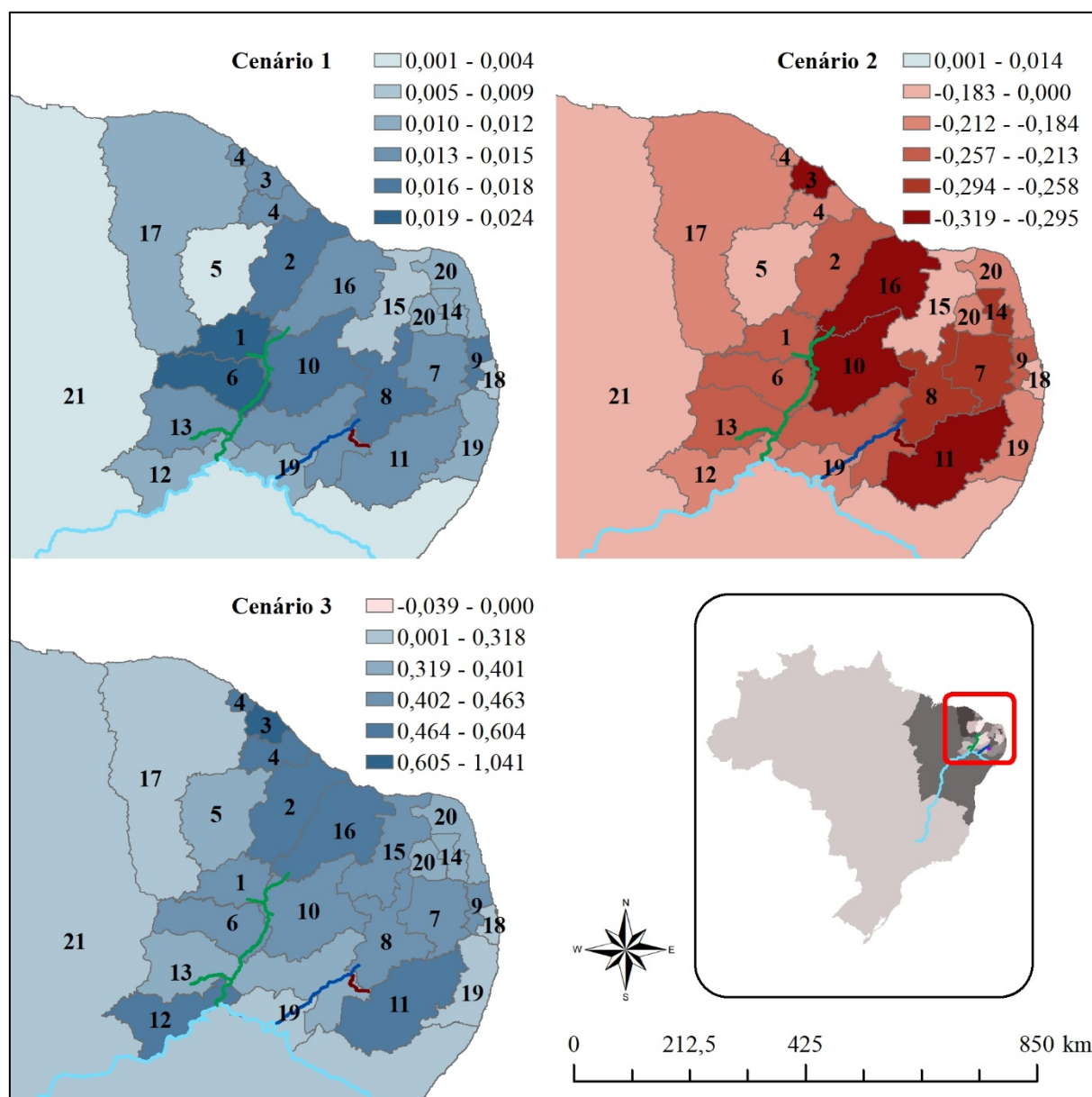
Figura 24- Impacto regional do PISF sobre a Exportação (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: Cenário 1 refere-se ao aumento da oferta hídrica decorrente do PISF; Cenário 2 refere-se a cobrança pelo uso de recursos hídricos dos produtores; e Cenário 3 refere-se ao aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF.

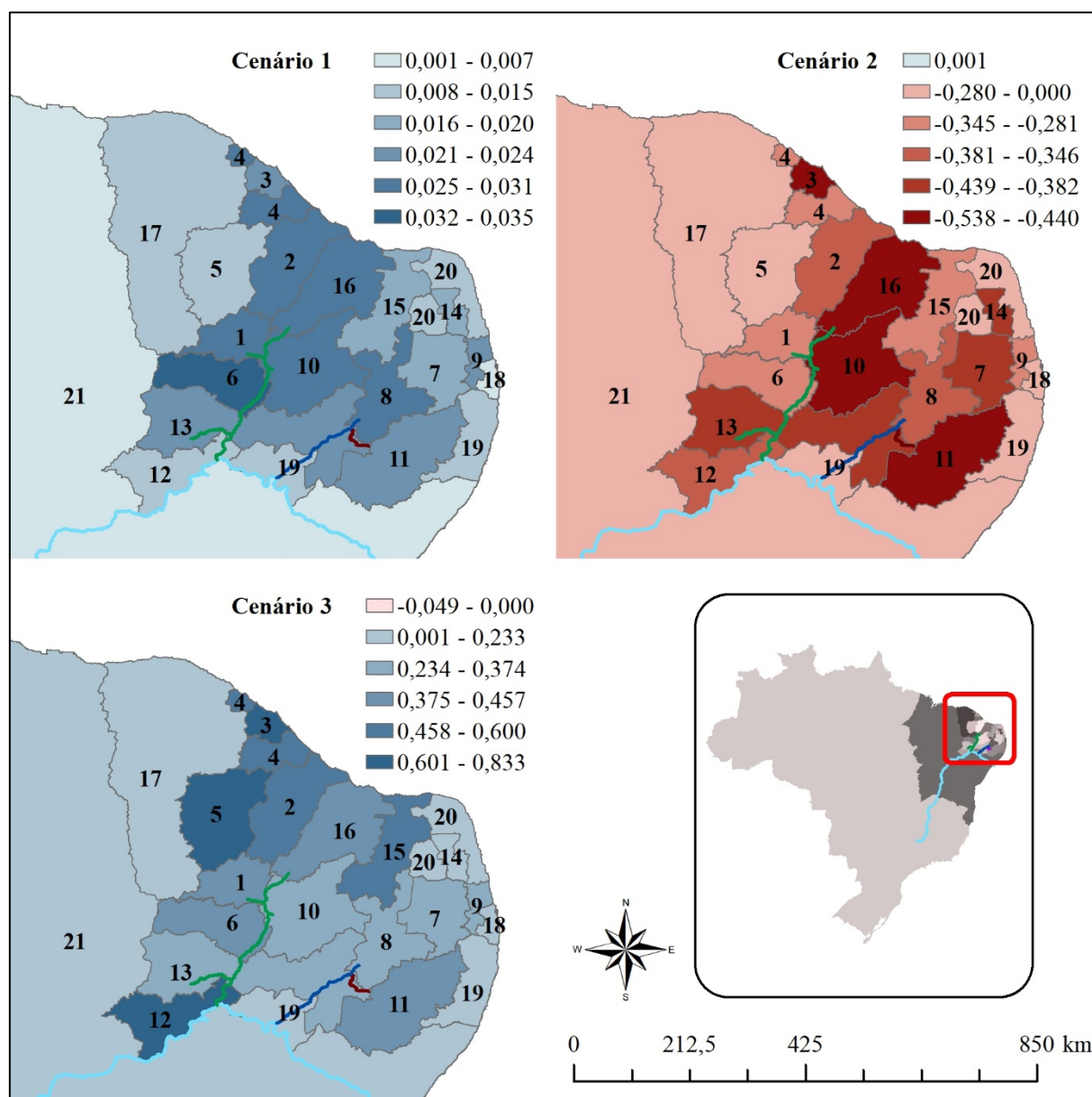
Figura 25- Impacto regional do PISF sobre a Importação (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: Cenário 1 refere-se ao aumento da oferta hídrica decorrente do PISF; Cenário 2 refere-se a cobrança pelo uso de recursos hídricos dos produtores; e Cenário 3 refere-se ao aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF.

Figura 26- Impacto regional do PISF sobre o Emprego (var. %) nos Cenários 1, 2 e 3 (desvio % em relação ao cenário de referência no período de 2023 a 2040)



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação.

Nota: Cenário 1 refere-se ao aumento da oferta hídrica decorrente do PISF; Cenário 2 refere-se a cobrança pelo uso de recursos hídricos dos produtores; e Cenário 3 refere-se ao aumento do consumo do governo com o fim do custo de operação do PISF.

APÊNDICE B – TABELAS COMPLEMENTARES

Tabela 34- Correspondência das classes de uso da terra do MapBiomias com modelo.

MapBiomias COLEÇÃO 7 - CLASSES	Modelo
1. Floresta	-
1.1 Formação Florestal	Floresta Natural e Outros Usos
1.2. Formação Savânica	Floresta Natural e Outros Usos
1.3. Mangue	Floresta Natural e Outros Usos
1.4. Restinga Arborizada	Floresta Natural e Outros Usos
2. Formação Natural não Florestal	-
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	Floresta Natural e Outros Usos
2.2. Formação Campestre	Floresta Natural e Outros Usos
2.3. Apicum	Floresta Natural e Outros Usos
2.4. Afloramento Rochoso	Floresta Natural e Outros Usos
2.5 Restinga Herbácea	Floresta Natural e Outros Usos
2.6. Outras Formações não Florestais	Floresta Natural e Outros Usos
3. Agropecuária	-
3.1. Pastagem	Pastagem
3.2. Agricultura	Lavoura
3.2.1. Lavoura Temporária	Lavoura
3.2.1.1. Soja	Lavoura
3.2.1.2. Cana	Lavoura
3.2.1.3. Arroz (beta)	Lavoura
3.2.1.3. Outras Lavouras Perenes	Lavoura
3.2.1.4. Algodão (beta)	Lavoura
3.2.1.5. Outras Lavouras Temporárias	Lavoura
3.2.2. Lavoura Perene	Lavoura
3.2.2.1. Café	Lavoura
3.2.2.2. Citrus	Lavoura
3.3. Silvicultura	Floresta Plantada
3.4. Mosaico de Usos	Lavoura
4. Área não Vegetada	-
4.1. Praia, Duna e Areal	Floresta Natural e Outros Usos
4.2. Área Urbanizada	Floresta Natural e Outros Usos
4.3. Mineração	Floresta Natural e Outros Usos
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	Floresta Natural e Outros Usos
5. Corpo D'água	-
5.1. Rio, Lago e Oceano	Floresta Natural e Outros Usos
5.2 Aquicultura	Floresta Natural e Outros Usos
6. Não observado	Floresta Natural e Outros Usos

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 35- Impacto na produção do setor 1 a 14 no Cenário 1 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040).

Nº	Regiões do modelo	UF	Out. Temp.	Milho	Cana	Abacaxi	Mandioca	Melão	Feijão	Tomate	Melancia	Out. Perm.	Banana	Uva	Manga	Coco- da- baia
1	Centro-Sul Cearense	CE	0,009	0,010	0,022	0,013	0,018	0,011	0,013	0,012	0,013	0,009	0,015	0,009	0,016	0,035
2	Jaguaribe	CE	0,008	0,011	0,030	0,012	0,015	0,012	0,012	0,014	0,011	0,007	0,013	0,007	0,011	0,019
3	Metropolitana de Fortaleza	CE	0,008	0,009	0,030	0,015	0,016	0,008	0,012	0,012	0,009	0,007	0,014	0,008	0,014	0,029
4	Norte Cearense	CE	0,009	0,010	0,036	0,014	0,018	0,012	0,015	0,013	0,012	0,008	0,017	0,009	0,019	0,042
5	Sertões Cearenses	CE	0,010	0,007	0,022	0,009	0,014	0,010	0,013	0,012	0,011	0,007	0,015	0,008	0,015	0,035
6	Sul Cearense	CE	0,016	0,014	0,036	0,018	0,027	0,015	0,021	0,016	0,019	0,015	0,022	0,016	0,033	0,088
7	Agreste Paraibano	PB	0,007	0,008	0,017	0,008	0,012	0,009	0,012	0,010	0,012	0,007	0,014	0,009	0,020	0,047
8	Borborema	PB	0,010	0,009	0,025	0,011	0,015	0,012	0,014	0,011	0,013	0,008	0,016	0,010	0,020	0,046
9	Mata Paraibana	PB	0,007	0,009	0,015	0,008	0,013	0,009	0,012	0,010	0,012	0,008	0,015	0,010	0,024	0,056
10	Sertão Paraibano	PB	0,008	0,008	0,024	0,013	0,015	0,011	0,012	0,012	0,011	0,007	0,013	0,007	0,010	0,016
11	Agreste Pernambucano	PE	0,006	0,007	0,017	0,009	0,012	0,010	0,010	0,012	0,011	0,005	0,010	0,005	0,008	0,013
12	São Francisco PE	PE	0,005	0,003	0,012	0,008	0,008	0,009	0,006	0,007	0,008	0,004	0,009	0,003	0,005	0,006
13	Sertão Pernambucano	PE	0,006	0,007	0,019	0,012	0,013	0,011	0,010	0,010	0,011	0,006	0,014	0,007	0,014	0,031
14	Agreste Potiguar	RN	0,008	0,007	0,028	0,007	0,011	0,007	0,010	0,011	0,010	0,004	0,011	0,008	0,014	0,028
15	Central Potiguar	RN	0,006	0,006	0,024	0,009	0,012	0,010	0,011	0,011	0,010	0,006	0,013	0,006	0,011	0,021
16	Oeste Potiguar	RN	0,010	0,010	0,043	0,016	0,018	0,014	0,013	0,015	0,012	0,008	0,014	0,008	0,009	0,013
17	Resto do Pernambuco	PE	0,002	0,004	0,008	0,004	0,005	0,006	0,004	0,006	0,006	0,001	0,005	0,003	0,003	0,003
18	Resto do Ceará	CE	0,002	0,002	0,015	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004	0,001	0,005	0,002	0,003	0,005
19	Resto do Paraíba	PB	0,002	0,004	0,008	0,005	0,006	0,006	0,005	0,007	0,006	0,002	0,005	0,003	0,004	0,004
20	Resto do RN	RN	0,004	0,006	0,008	0,006	0,008	0,009	0,006	0,008	0,005	0,003	0,007	0,001	0,004	0,005
21	Resto do Nordeste	-	-0,000	0,000	0,003	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,003	0,001	0,003	0,001	0,002	0,003
22	Resto do Brasil	-	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,006	0,001	0,001	0,002	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Legenda: Out. Temp. = Outras Lavouras Temporárias; Out. Perm. = Outras Lavouras Permanentes.

Tabela 36- Impacto na produção do setor 15 a 28 no Cenário 1 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)

Nº	Regiões do modelo	UF	Castanha caju	Goiaba	Maracuja	Mamão	Bovinos	Leite	Suínos	Aves	Silv.	Pesca	Ind. Extrat.	Bovinos	Out. Animais	Açúcar
1	Centro-Sul Cearense	CE	0,009	0,013	0,007	0,008	0,008	0,005	0,005	0,005	0,006	0,004	0,012	0,007	0,008	0,114
2	Jaguaribe	CE	0,005	0,012	0,008	0,010	0,008	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,011	0,007	0,009	0,041
3	Metropolitana de Fortaleza	CE	0,009	0,014	0,010	0,009	0,012	0,008	0,009	0,008	0,003	0,005	0,015	0,008	0,009	0,080
4	Norte Cearense	CE	0,010	0,016	0,009	0,010	0,011	0,008	0,008	0,007	0,004	0,006	0,014	0,007	0,009	0,137
5	Sertões Cearenses	CE	0,009	0,014	0,007	0,007	0,009	0,006	0,006	0,005	0,003	0,003	0,008	0,005	0,007	0,126
6	Sul Cearense	CE	0,018	0,021	0,013	0,011	0,012	0,008	0,008	0,007	0,009	0,005	0,023	0,010	0,011	0,328
7	Agreste Paraibano	PB	0,008	0,015	0,008	0,007	0,006	0,004	0,004	0,005	0,005	0,003	0,008	0,005	0,006	0,007
8	Borborema	PB	0,009	0,015	0,009	0,008	0,008	0,006	0,005	0,006	0,005	0,004	0,008	0,008	0,010	0,275
9	Mata Paraibana	PB	0,008	0,017	0,009	0,007	0,006	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003	0,007	0,007	0,006	0,000
10	Sertão Paraibano	PB	0,007	0,011	0,007	0,008	0,009	0,007	0,006	0,006	0,005	0,005	0,011	0,007	0,008	0,041
11	Agreste Pernambucano	PE	0,003	0,010	0,006	0,006	0,007	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,019	0,006	0,007	0,032
12	São Francisco PE	PE	0,003	0,009	0,004	0,005	0,007	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,005	0,005	0,006	0,000
13	Sertão Pernambucano	PE	0,007	0,012	0,006	0,007	0,008	0,004	0,005	0,005	0,005	0,003	0,004	0,006	0,007	0,045
14	Agreste Potiguar	RN	0,005	0,012	0,007	0,007	0,007	0,004	0,005	0,005	0,006	0,003	0,008	0,007	0,010	0,457
15	Central Potiguar	RN	0,005	0,012	0,006	0,007	0,007	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,005	0,006	0,007	0,036
16	Oeste Potiguar	RN	0,005	0,012	0,009	0,010	0,010	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,015	0,009	0,012	0,371
17	Resto do Pernambuco	PE	0,001	0,006	0,003	0,004	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,000	0,004	0,003	0,003	-0,002
18	Resto do Ceará	CE	0,002	0,006	0,003	0,004	0,005	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	0,003	0,002	0,003	-0,002
19	Resto do Paraíba	PB	0,001	0,007	0,004	0,005	0,004	0,002	0,002	0,003	0,004	0,001	0,005	0,004	0,004	-0,003
20	Resto do RN	RN	0,002	0,007	0,004	0,006	0,006	0,003	0,003	0,004	0,005	0,002	0,006	0,004	0,005	-0,001
21	Resto do Nordeste	-	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003	0,001	0,002	0,001	0,001	0,000	-0,000	0,001	0,002	-0,001
22	Resto do Brasil	-	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Legenda: Silv. = Silvicultura; Ind. Extrat. = Indústria Extrativa; Out. Animais = Outros Animais.

Tabela 37- Impacto na produção do setor 29 a 41 no Cenário 1 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)

Nº	Regiões do modelo	UF	Aliment, Bebida e Fumo	Textil e couro	Madeira e Impressões	Deriv. Petroleo	Etanol e out. Biocomb	Out. Ind. Transf.	Elettri. e Gas	Água e Esgoto	Construção	Comercio	Transp. Carga	Serv.	Serv. Pub.
1	Centro-Sul Cearense	CE	0,019	0,015	0,024	0,017	0,022	0,021	0,015	1,137	0,027	0,015	0,016	0,037	0,027
2	Jaguaribe	CE	0,019	0,016	0,020	0,015	0,015	0,023	0,017	1,047	0,028	0,017	0,017	0,036	0,026
3	Metropolitana de Fortaleza	CE	0,016	0,011	0,021	0,017	0,024	0,025	0,016	0,144	0,029	0,018	0,017	0,030	0,024
4	Norte Cearense	CE	0,019	0,012	0,031	0,014	0,028	0,027	0,020	0,876	0,024	0,017	0,009	0,037	0,032
5	Sertões Cearenses	CE	0,012	0,008	0,017	0,012	0,022	0,014	0,010	0,287	0,013	0,012	0,010	0,018	0,014
6	Sul Cearense	CE	0,023	0,021	0,039	0,019	0,060	0,025	0,020	1,518	0,034	0,017	0,022	0,042	0,031
7	Agreste Paraibano	PB	0,013	0,008	0,014	0,010	0,008	0,017	0,011	0,237	0,023	0,012	0,011	0,025	0,020
8	Borborema	PB	0,018	0,014	0,032	0,016	0,049	0,021	0,022	0,790	0,027	0,016	0,015	0,032	0,026
9	Mata Paraibana	PB	0,014	0,008	0,013	0,009	0,006	0,017	0,013	1,258	0,023	0,011	0,011	0,026	0,020
10	Sertão Paraibano	PB	0,017	0,013	0,020	0,015	0,015	0,022	0,019	0,252	0,028	0,016	0,016	0,035	0,027
11	Agreste Pernambucano	PE	0,015	0,012	0,016	0,012	0,011	0,018	0,014	0,197	0,025	0,014	0,015	0,029	0,023
12	São Francisco PE	PE	0,010	0,006	0,009	0,008	0,004	0,011	0,009	-0,100	0,015	0,010	0,009	0,021	0,015
13	Sertão Pernambucano	PE	0,014	0,009	0,015	0,010	0,011	0,016	0,012	0,095	0,021	0,013	0,011	0,029	0,020
14	Agreste Potiguar	RN	0,018	0,013	0,031	0,016	0,081	0,018	0,014	0,127	0,022	0,012	0,014	0,022	0,018
15	Central Potiguar	RN	0,014	0,009	0,014	0,010	0,010	0,016	0,011	0,087	0,018	0,013	0,009	0,024	0,019
16	Oeste Potiguar	RN	0,023	0,019	0,039	0,024	0,070	0,025	0,016	0,134	0,028	0,018	0,020	0,036	0,027
17	Resto do Pernambuco	PE	0,006	0,004	0,005	0,006	0,004	0,007	0,005	-0,023	0,015	0,007	0,006	0,011	0,009
18	Resto do Ceará	CE	0,005	0,003	0,003	0,006	0,003	0,008	0,004	-0,059	0,010	0,006	0,005	0,009	0,008
19	Resto do Paraíba	PB	0,007	0,005	0,007	0,008	0,004	0,010	0,007	-0,070	0,015	0,009	0,007	0,014	0,012
20	Resto do RN	RN	0,009	0,005	0,008	0,008	0,004	0,012	0,007	-0,067	0,017	0,010	0,007	0,017	0,013
21	Resto do Nordeste	-	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	-0,012	0,005	0,003	0,002	0,004	0,003
22	Resto do Brasil	-	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	-0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Legenda: Aliment, Bebida e Fumo = Indústria de Alimento, Bebida e Fumo; Out. Ind. Transf. = Outras Indústrias de Transformação; Serv. = Serviços; Serv. Pub. = Serviços Públicos.

Tabela 38- Impacto na produção do setor 1 a 14 no Cenário 2 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)

N	Regiões do modelo	Out. Temp.	Milho	Cana	Abacaxi	Mandioca	Melão	Feijão	Tomate	Melancia	Out. Perm.	Banana	Uva	Manga	Coco-da-baia
1	Centro-Sul Cearense	-0,122	-0,130	-0,476	-0,162	-0,235	-0,169	-0,183	-0,169	-0,198	-0,117	-0,224	-0,166	-0,302	-0,706
2	Jaguaribe	-0,148	-0,167	-0,653	-0,163	-0,256	-0,198	-0,203	-0,204	-0,209	-0,132	-0,248	-0,176	-0,346	-0,757
3	Metropolitana de Fortaleza	-0,177	-0,185	-0,767	-0,300	-0,326	-0,164	-0,262	-0,246	-0,207	-0,157	-0,287	-0,213	-0,383	-0,777
4	Norte Cearense	-0,107	-0,123	-0,844	-0,176	-0,242	-0,164	-0,202	-0,186	-0,172	-0,095	-0,223	-0,146	-0,294	-0,631
5	Sertões Cearenses	-0,198	-0,136	-0,523	-0,164	-0,268	-0,173	-0,243	-0,224	-0,214	-0,146	-0,248	-0,174	-0,336	-0,777
6	Sul Cearense	-0,127	-0,115	-0,466	-0,163	-0,212	-0,156	-0,170	-0,175	-0,185	-0,108	-0,169	-0,150	-0,198	-0,379
7	Agreste Paraibano	-0,147	-0,144	-0,568	-0,137	-0,210	-0,153	-0,201	-0,198	-0,206	-0,122	-0,203	-0,165	-0,285	-0,607
8	Borborema	-0,128	-0,131	-0,527	-0,147	-0,206	-0,165	-0,193	-0,187	-0,199	-0,104	-0,200	-0,155	-0,281	-0,594
9	Mata Paraibana	-0,088	-0,106	-0,505	-0,104	-0,161	-0,120	-0,152	-0,172	-0,154	-0,087	-0,157	-0,130	-0,232	-0,481
10	Sertão Paraibano	-0,163	-0,153	-0,638	-0,211	-0,284	-0,200	-0,232	-0,208	-0,223	-0,151	-0,257	-0,195	-0,368	-0,814
11	Agreste Pernambucano	-0,145	-0,153	-0,580	-0,174	-0,260	-0,187	-0,227	-0,222	-0,239	-0,129	-0,233	-0,177	-0,359	-0,868
12	São Francisco PE	-0,149	-0,113	-0,741	-0,194	-0,240	-0,206	-0,196	-0,177	-0,214	-0,138	-0,254	-0,178	-0,382	-0,843
13	Sertão Pernambucano	-0,139	-0,138	-0,507	-0,213	-0,247	-0,184	-0,197	-0,185	-0,200	-0,118	-0,231	-0,175	-0,324	-0,759
14	Agreste Potiguar	-0,117	-0,117	-0,184	-0,110	-0,192	-0,114	-0,184	-0,181	-0,171	-0,091	-0,197	-0,163	-0,311	-0,654
15	Central Potiguar	-0,164	-0,136	-0,615	-0,174	-0,269	-0,175	-0,243	-0,220	-0,204	-0,142	-0,253	-0,181	-0,362	-0,833
16	Oeste Potiguar	-0,153	-0,166	-0,673	-0,221	-0,297	-0,211	-0,239	-0,224	-0,219	-0,140	-0,284	-0,196	-0,389	-0,903
17	Resto do Pernambuco	-0,019	-0,048	-0,207	-0,053	-0,065	-0,081	-0,063	-0,095	-0,084	-0,008	-0,050	-0,044	-0,047	-0,028
18	Resto do Ceará	-0,023	-0,026	-0,378	-0,065	-0,078	-0,064	-0,066	-0,076	-0,058	-0,017	-0,059	-0,042	-0,050	-0,073
19	Resto do Paraíba	-0,025	-0,054	-0,176	-0,059	-0,075	-0,080	-0,074	-0,104	-0,080	-0,017	-0,064	-0,046	-0,049	-0,039
20	Resto do RN	-0,044	-0,072	-0,158	-0,075	-0,102	-0,112	-0,090	-0,111	-0,066	-0,038	-0,085	-0,013	-0,064	-0,066
21	Resto do Nordeste	0,000	-0,004	-0,077	-0,028	-0,028	-0,047	-0,021	-0,028	-0,047	-0,010	-0,032	-0,020	-0,042	-0,034
22	Resto do Brasil	-0,010	-0,011	-0,017	-0,015	-0,010	-0,084	-0,006	-0,005	-0,029	-0,008	-0,014	-0,011	-0,045	-0,027

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Legenda: Out. Temp. = Outras Lavouras Temporárias; Out. Perm. = Outras Lavouras Permanentes.

Tabela 39- Impacto na produção do setor 15 a 28 no Cenário 2 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)

N	Regiões do modelo	Castanha caju	Goiaba	Maracuja	Mamão	Bovinos	Leite	Suínos	Aves	Silv.	Pesca	Ind. Extrat	Bovinos	Out. Animais	Açúcar
1	Centro-Sul Cearense	-0,150	-0,240	-0,110	-0,109	-0,127	-0,071	-0,074	-0,070	-0,076	-0,036	-0,171	-0,089	-0,119	-2,469
2	Jaguaribe	-0,134	-0,273	-0,144	-0,152	-0,149	-0,078	-0,084	-0,097	-0,077	-0,054	-0,211	-0,106	-0,141	-2,467
3	Metropolitana de Fortaleza	-0,194	-0,314	-0,221	-0,178	-0,261	-0,162	-0,173	-0,153	-0,061	-0,063	-0,351	-0,156	-0,183	-2,507
4	Norte Cearense	-0,136	-0,252	-0,124	-0,127	-0,184	-0,103	-0,113	-0,101	-0,050	-0,050	-0,182	-0,094	-0,130	-1,953
5	Sertões Cearenses	-0,176	-0,271	-0,133	-0,113	-0,165	-0,097	-0,105	-0,086	-0,056	-0,045	-0,165	-0,084	-0,120	-3,057
6	Sul Cearense	-0,130	-0,187	-0,096	-0,106	-0,134	-0,077	-0,083	-0,075	-0,085	-0,035	-0,153	-0,101	-0,107	-0,836
7	Agreste Paraibano	-0,117	-0,240	-0,131	-0,114	-0,135	-0,082	-0,081	-0,093	-0,100	-0,045	-0,256	-0,109	-0,138	-3,002
8	Borborema	-0,119	-0,232	-0,112	-0,107	-0,120	-0,081	-0,070	-0,080	-0,071	-0,035	-0,192	-0,097	-0,126	-1,583
9	Mata Paraibana	-0,047	-0,209	-0,095	-0,090	-0,111	-0,044	-0,043	-0,071	-0,071	-0,028	-0,192	-0,097	-0,113	-2,553
10	Sertão Paraibano	-0,179	-0,285	-0,143	-0,135	-0,173	-0,111	-0,111	-0,105	-0,083	-0,050	-0,230	-0,118	-0,151	-3,023
11	Agreste Pernambucano	-0,134	-0,276	-0,137	-0,116	-0,146	-0,095	-0,094	-0,101	-0,102	-0,051	-0,209	-0,118	-0,151	-3,048
12	São Francisco PE	-0,170	-0,291	-0,148	-0,119	-0,178	-0,099	-0,115	-0,103	-0,104	-0,062	-0,250	-0,106	-0,144	-3,345
13	Sertão Pernambucano	-0,146	-0,255	-0,124	-0,115	-0,172	-0,088	-0,101	-0,090	-0,102	-0,051	-0,184	-0,100	-0,139	-2,774
14	Agreste Potiguar	-0,110	-0,241	-0,120	-0,106	-0,131	-0,062	-0,064	-0,072	-0,102	-0,033	-0,237	-0,088	-0,124	9,883
15	Central Potiguar	-0,151	-0,282	-0,135	-0,129	-0,158	-0,095	-0,094	-0,097	-0,078	-0,049	-0,191	-0,122	-0,131	-3,043
16	Oeste Potiguar	-0,150	-0,301	-0,161	-0,148	-0,185	-0,095	-0,099	-0,103	-0,090	-0,061	-0,225	-0,114	-0,129	-0,642
17	Resto do Pernambuco	-0,003	-0,097	-0,033	-0,050	-0,060	-0,010	-0,009	-0,025	-0,044	0,013	-0,051	-0,041	-0,039	0,086
18	Resto do Ceará	-0,033	-0,103	-0,035	-0,049	-0,084	-0,037	-0,045	-0,036	-0,029	-0,012	-0,050	-0,028	-0,047	0,086
19	Resto do Paraíba	-0,010	-0,099	-0,039	-0,063	-0,060	-0,012	-0,014	-0,034	-0,052	0,001	-0,064	-0,045	-0,051	0,109
20	Resto do RN	-0,022	-0,106	-0,050	-0,067	-0,091	-0,033	-0,036	-0,042	-0,056	-0,007	-0,081	-0,055	-0,059	0,091
21	Resto do Nordeste	-0,021	-0,052	-0,016	-0,034	-0,044	-0,016	-0,020	-0,016	-0,019	-0,003	-0,006	-0,016	-0,021	0,039
22	Resto do Brasil	-0,043	-0,030	-0,009	-0,023	-0,007	-0,010	-0,011	-0,009	-0,009	-0,012	-0,013	-0,006	-0,010	-0,010

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Legenda: Silv. = Silvicultura; Ind. Extrat. = Indústria Extrativa; Out. Animais = Outros Animais.

Tabela 40- Impacto na produção do setor 29 a 41 no Cenário 2 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)

N	Regiões do modelo	Aliment, Bebida e Fumo	Textil e couro	Madeira e Impressões	Deriv. Petroleo	Etanol e out. Biocomb	Out. Ind. Transf.	Eletri. e Gas	Água e Esgoto	Construção	Comercio	Trans Carga	Serv	Serv. Pub.
1	Centro-Sul Cearense	-0,239	-0,184	-0,299	-0,219	-0,428	-0,265	-0,177	-2,202	-0,358	-0,206	-0,191	-0,402	-0,312
2	Jaguaribe	-0,293	-0,237	-0,360	-0,232	-0,524	-0,327	-0,227	-2,606	-0,418	-0,255	-0,255	-0,470	-0,348
3	Metropolitana de Fortaleza	-0,339	-0,238	-0,476	-0,383	-0,645	-0,586	-0,332	-5,265	-0,715	-0,402	-0,375	-0,629	-0,516
4	Norte Cearense	-0,222	-0,150	-0,307	-0,213	-0,388	-0,326	-0,191	-2,234	-0,326	-0,246	-0,118	-0,426	-0,327
5	Sertões Cearenses	-0,209	-0,139	-0,320	-0,234	-0,496	-0,274	-0,181	-7,651	-0,229	-0,220	-0,209	-0,285	-0,220
6	Sul Cearense	-0,204	-0,166	-0,232	-0,187	-0,248	-0,252	-0,183	0,446	-0,397	-0,205	-0,201	-0,403	-0,323
7	Agreste Paraibano	-0,272	-0,212	-0,394	-0,216	-0,604	-0,373	-0,251	-7,502	-0,524	-0,255	-0,249	-0,474	-0,397
8	Borborema	-0,220	-0,167	-0,284	-0,222	-0,341	-0,304	-0,274	-4,156	-0,433	-0,234	-0,201	-0,429	-0,360
9	Mata Paraibana	-0,233	-0,156	-0,321	-0,154	-0,579	-0,260	-0,175	-2,087	-0,345	-0,183	-0,187	-0,338	-0,286
10	Sertão Paraibano	-0,295	-0,237	-0,422	-0,276	-0,628	-0,397	-0,347	-7,185	-0,562	-0,268	-0,283	-0,526	-0,420
11	Agreste Pernambucano	-0,299	-0,263	-0,413	-0,227	-0,555	-0,372	-0,293	-7,535	-0,557	-0,265	-0,302	-0,535	-0,433
12	São Francisco PE	-0,268	-0,185	-0,399	-0,228	-0,615	-0,344	-0,254	-8,943	-0,424	-0,238	-0,279	-0,432	-0,346
13	Sertão Pernambucano	-0,271	-0,207	-0,409	-0,224	-0,509	-0,342	-0,235	-7,923	-0,463	-0,244	-0,245	-0,481	-0,391
14	Agreste Potiguar	-0,172	-0,192	-0,497	-0,212	-0,165	-0,353	-0,338	-8,144	-0,484	-0,211	-0,173	-0,407	-0,366
15	Central Potiguar	-0,251	-0,195	-0,373	-0,241	-0,541	-0,324	-0,253	-8,389	-0,371	-0,238	-0,239	-0,395	-0,335
16	Oeste Potiguar	-0,271	-0,199	-0,330	-0,309	-0,227	-0,400	-0,264	-7,779	-0,537	-0,280	-0,264	-0,549	-0,428
17	Resto do Pernambuco	-0,077	-0,045	-0,047	-0,083	-0,040	-0,097	-0,068	0,449	-0,248	-0,110	-0,078	-0,154	-0,135
18	Resto do Ceará	-0,058	-0,032	-0,034	-0,092	-0,025	-0,117	-0,050	1,203	-0,134	-0,090	-0,068	-0,122	-0,104
19	Resto do Paraíba	-0,090	-0,056	-0,071	-0,115	-0,024	-0,144	-0,078	1,238	-0,244	-0,131	-0,098	-0,186	-0,165
20	Resto do RN	-0,112	-0,066	-0,094	-0,123	-0,020	-0,182	-0,086	1,152	-0,281	-0,145	-0,086	-0,228	-0,181
21	Resto do Nordeste	-0,026	-0,016	-0,008	-0,027	-0,011	-0,039	-0,019	0,224	-0,069	-0,045	-0,025	-0,051	-0,040
22	Resto do Brasil	-0,006	-0,004	-0,006	-0,009	-0,001	-0,002	-0,003	0,046	0,039	-0,006	-0,006	0,001	0,002

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Legenda: Aliment, Bebida e Fumo = Indústria de Alimento, Bebida e Fumo; Out. Ind. Transf. = Outras Indústrias de Transformação; Serv. = Serviços; Serv. Pub. = Serviços Públicos.

Tabela 41- Impacto na produção do setor 1 a 14 no Cenário 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)

N	Regiões do modelo	Out. Temp.	Milho	Cana	Abacaxi	Mandioca	Melão	Feijão	Tomate	Melancia	Out. Perm.	Banana	Uva	Manga	Coco-da-baia
1	Centro-Sul Cearense	0,014	0,075	-0,400	0,111	0,112	0,094	0,087	0,146	0,067	0,003	0,071	0,088	-0,125	-0,432
2	Jaguaribe	0,036	0,166	-0,556	0,134	0,159	0,096	0,147	0,225	0,060	0,013	0,073	0,038	-0,173	-0,453
3	Metropolitana de Fortaleza	-0,066	0,020	-0,764	0,163	0,118	-0,109	0,099	0,185	-0,133	-0,094	0,078	-0,245	-0,370	-0,521
4	Norte Cearense	-0,053	0,039	-0,735	0,084	0,126	0,044	0,132	0,173	-0,016	-0,065	0,065	-0,057	-0,188	-0,280
5	Sertões Cearenses	-0,102	0,126	-0,440	0,047	0,054	0,051	0,046	0,116	0,012	-0,029	0,063	-0,022	-0,213	-0,463
6	Sul Cearense	0,067	0,082	-0,377	0,137	0,162	0,107	0,122	0,162	0,111	0,049	0,103	0,159	0,005	-0,110
7	Agreste Paraibano	0,020	0,052	-0,496	0,055	0,055	0,035	0,082	0,130	0,037	-0,029	0,031	0,041	-0,151	-0,403
8	Borborema	0,023	0,061	-0,455	0,075	0,072	0,081	0,090	0,144	0,069	-0,030	0,050	0,038	-0,128	-0,377
9	Mata Paraibana	0,007	0,072	-0,456	0,069	0,069	0,043	0,099	0,123	0,037	-0,003	0,044	0,026	-0,151	-0,297
10	Sertão Paraibano	-0,002	0,027	-0,552	0,068	0,049	0,085	0,067	0,131	0,039	-0,050	0,037	0,007	-0,210	-0,549
11	Agreste Pernambucano	-0,009	0,061	-0,503	0,095	0,083	0,070	0,096	0,164	0,056	-0,038	0,014	0,001	-0,211	-0,602
12	São Francisco PE	0,139	0,012	-0,643	0,154	0,165	0,105	0,158	0,212	0,076	0,037	0,086	-0,012	-0,214	-0,544
13	Sertão Pernambucano	-0,019	0,038	-0,433	0,092	0,077	0,097	0,072	0,140	0,051	-0,043	0,052	0,044	-0,146	-0,482
14	Agreste Potiguar	-0,008	0,016	-0,127	0,042	0,033	-0,025	0,046	0,109	-0,011	-0,066	-0,007	0,028	-0,229	-0,486
15	Central Potiguar	-0,056	0,028	-0,533	0,050	0,045	0,083	0,063	0,136	0,031	-0,032	0,036	-0,036	-0,228	-0,554
16	Oeste Potiguar	-0,006	0,074	-0,575	0,114	0,101	0,158	0,091	0,165	0,062	-0,040	0,073	-0,036	-0,235	-0,570
17	Resto do Pernambuco	-0,004	0,040	-0,221	0,041	0,054	0,088	0,062	0,074	0,062	-0,012	0,065	0,049	0,022	0,089
18	Resto do Ceará	-0,008	0,001	-0,330	0,059	0,088	0,046	0,090	0,096	0,033	-0,015	0,075	0,004	0,004	0,157
19	Resto do Paraíba	-0,007	0,044	-0,169	0,036	0,061	0,074	0,083	0,090	0,057	-0,010	0,068	0,033	0,014	0,095
20	Resto do RN	0,013	0,069	-0,093	0,049	0,105	0,134	0,103	0,115	0,029	0,010	0,100	-0,054	0,012	0,133
21	Resto do Nordeste	-0,023	-0,011	-0,066	0,033	0,036	0,062	0,030	0,038	0,051	0,005	0,051	0,027	0,041	0,091
22	Resto do Brasil	-0,011	-0,009	-0,025	-0,012	-0,020	0,104	-0,017	-0,023	0,007	-0,014	-0,003	-0,007	0,036	0,037

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Legenda: Out. Temp. = Outras Lavouras Temporárias; Out. Perm. = Outras Lavouras Permanentes.

Tabela 42- Impacto na produção do setor 15 a 27 no Cenário 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)

N	Regiões do modelo	Castanha caju	Goiaba	Maracuja	Mamão	Bovinos	Leite	Suínos	Aves	Silv.	Pesca	Ind. Extrat	Bovinos	Out. Animais	Açúcar
1	Centro-Sul Cearense	-0,030	0,134	0,013	0,053	0,020	0,001	-0,013	0,018	-0,006	-0,011	-0,069	0,050	0,070	-2,366
2	Jaguaribe	-0,068	0,145	0,060	0,081	0,019	-0,008	-0,023	0,015	-0,017	-0,002	-0,053	0,063	0,087	-2,320
3	Metropolitana de Fortaleza	-0,176	0,083	0,091	0,004	-0,037	-0,112	-0,116	-0,059	-0,125	-0,160	-0,098	0,080	0,061	-2,423
4	Norte Cearense	-0,076	0,144	0,012	0,030	0,031	-0,016	-0,022	0,011	-0,064	-0,044	-0,104	0,029	0,068	-1,909
5	Sertões Cearenses	-0,067	0,110	0,003	0,056	0,025	-0,001	-0,015	0,018	-0,012	-0,018	-0,134	0,051	0,084	-3,044
6	Sul Cearense	0,028	0,195	0,056	0,073	0,057	0,020	0,015	0,030	0,019	-0,010	0,009	0,097	0,082	-0,786
7	Agreste Paraibano	-0,053	0,118	0,013	0,034	-0,012	-0,024	-0,036	0,002	-0,010	-0,038	-0,095	0,054	0,042	-2,944
8	Borborema	-0,050	0,139	0,017	0,047	-0,006	-0,001	-0,032	-0,001	-0,008	-0,027	-0,100	0,049	0,070	-1,496
9	Mata Paraibana	0,003	0,145	0,034	0,047	0,038	0,012	0,006	0,021	-0,007	-0,014	-0,088	0,083	0,050	-2,471
10	Sertão Paraibano	-0,080	0,104	-0,014	0,041	-0,012	-0,022	-0,047	-0,016	-0,028	-0,041	-0,102	0,041	0,043	-2,930
11	Agreste Pernambucano	-0,079	0,087	-0,006	0,033	0,001	-0,003	-0,021	0,010	-0,001	-0,026	-0,019	0,064	0,062	-2,992
12	São Francisco PE	-0,055	0,106	0,052	0,022	0,039	-0,014	-0,003	0,019	0,010	0,008	-0,063	0,067	0,091	-3,254
13	Sertão Pernambucano	-0,060	0,117	-0,001	0,042	0,034	-0,010	-0,004	0,013	-0,013	-0,014	-0,124	0,051	0,055	-2,698
14	Agreste Potiguar	-0,060	0,104	0,000	0,030	0,019	-0,007	-0,012	0,014	-0,032	-0,034	-0,113	0,036	0,033	9,945
15	Central Potiguar	-0,085	0,094	0,002	0,045	-0,005	-0,016	-0,042	-0,003	-0,020	-0,031	-0,128	0,039	0,056	-3,010
16	Oeste Potiguar	-0,094	0,109	0,015	0,069	0,022	-0,019	-0,030	0,006	-0,022	-0,028	-0,100	0,067	0,088	-0,553
17	Resto do Pernambuco	0,034	0,186	0,037	0,048	0,059	0,022	0,018	0,023	0,005	-0,033	-0,011	0,037	0,043	0,012
18	Resto do Ceará	0,005	0,179	0,041	0,041	0,051	0,014	0,009	0,021	-0,022	-0,018	0,002	0,011	0,058	0,087
19	Resto do Paraíba	0,030	0,161	0,040	0,054	0,046	0,009	0,004	0,017	-0,002	-0,029	-0,008	0,033	0,051	0,096
20	Resto do RN	0,007	0,159	0,050	0,053	0,058	0,009	0,003	0,022	0,009	-0,026	0,010	0,048	0,060	0,129
21	Resto do Nordeste	0,021	0,109	0,030	0,043	0,048	0,024	0,024	0,025	0,010	0,001	-0,029	0,024	0,032	0,027
22	Resto do Brasil	0,055	0,039	-0,009	0,012	-0,017	-0,005	-0,009	-0,009	-0,017	0,005	-0,024	-0,021	-0,012	-0,011

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Legenda: Silv. = Silvicultura; Ind. Extrat. = Indústria Extrativa.

Tabela 43- Impacto na produção do setor 28 a 41 no Cenário 3 (desvio % acumulado em relação ao cenário de referência, 2023-2040)

N	Regiões do modelo	Aliment, Bebida e Fumo	Textil e couro	Madeira e Impressões	Deriv. Petroleo	Etanol e out. Biocomb	Out. Ind. Transf.	Elettri. e Gas	Água e Esgoto	Construção	Comercio	Transp. Carga	Serv.	Serv. Pub.
1	Centro-Sul Cearense	-0,144	-0,095	0,020	-0,068	0,348	-0,135	-0,093	1,675	-0,281	-0,124	-0,077	-0,463	-0,567
2	Jaguaribe	-0,253	-0,189	0,012	-0,158	0,317	-0,208	-0,162	1,971	-0,377	-0,166	-0,148	-0,650	-0,840
3	Metropolitana de Fortaleza	-0,184	0,102	0,055	-0,086	0,309	-0,152	-0,137	4,440	-0,557	-0,145	-0,038	-0,780	-1,733
4	Norte Cearense	-0,096	0,025	0,002	-0,036	0,275	-0,085	-0,104	1,550	-0,208	-0,106	0,099	-0,538	-0,817
5	Sertões Cearenses	-0,197	-0,091	-0,010	0,086	0,445	-0,065	-0,075	7,037	-0,154	-0,087	0,124	-0,559	-1,562
6	Sul Cearense	-0,181	-0,105	-0,105	-0,100	0,067	-0,149	-0,113	-0,960	-0,344	-0,128	-0,129	-0,463	-0,532
7	Agreste Paraibano	-0,122	0,000	0,045	-0,056	0,405	-0,085	-0,052	7,020	-0,269	-0,095	-0,034	-0,355	-0,627
8	Borborema	-0,109	-0,052	0,034	-0,056	0,229	-0,126	-0,052	3,623	-0,282	-0,114	-0,056	-0,399	-0,609
9	Mata Paraibana	-0,150	-0,036	0,028	-0,050	0,459	-0,116	-0,070	1,626	-0,243	-0,109	-0,038	-0,358	-0,512
10	Sertão Paraibano	-0,078	-0,025	0,144	-0,024	0,465	-0,099	-0,009	6,671	-0,278	-0,105	-0,033	-0,362	-0,555
11	Agreste Pernambucano	-0,177	-0,105	-0,000	-0,091	0,386	-0,140	-0,076	7,030	-0,325	-0,127	-0,095	-0,481	-0,732
12	São Francisco PE	-0,234	-0,124	-0,018	-0,094	0,466	-0,110	-0,135	8,169	-0,327	-0,141	-0,115	-0,641	-1,217
13	Sertão Pernambucano	-0,121	-0,032	0,131	-0,033	0,430	-0,081	-0,065	7,337	-0,230	-0,098	-0,020	-0,405	-0,568
14	Agreste Potiguar	-0,103	0,000	0,230	-0,048	-0,024	-0,040	0,040	7,655	-0,216	-0,087	-0,068	-0,255	-0,415
15	Central Potiguar	-0,173	-0,086	0,064	-0,020	0,446	-0,093	-0,043	7,861	-0,220	-0,105	0,068	-0,466	-0,877
16	Oeste Potiguar	-0,175	-0,063	-0,079	-0,067	-0,010	-0,138	-0,073	7,237	-0,329	-0,139	-0,058	-0,482	-0,671
17	Resto do Pernambuco	-0,080	-0,028	-0,046	-0,025	-0,034	-0,029	-0,060	-0,707	-0,223	-0,084	-0,027	-0,159	-0,182
18	Resto do Ceará	-0,062	0,002	-0,061	-0,038	-0,027	-0,070	-0,068	-1,579	-0,174	-0,066	-0,039	-0,179	-0,243
19	Resto do Paraíba	-0,087	-0,024	-0,044	-0,046	-0,058	-0,061	-0,068	-1,562	-0,210	-0,094	-0,042	-0,188	-0,243
20	Resto do RN	-0,121	-0,031	-0,083	-0,040	-0,070	-0,107	-0,079	-1,529	-0,266	-0,100	-0,018	-0,262	-0,288
21	Resto do Nordeste	-0,033	-0,017	-0,025	-0,007	0,007	-0,024	-0,029	-0,402	-0,079	-0,039	-0,013	-0,075	-0,091
22	Resto do Brasil	0,030	0,035	0,031	0,043	0,032	0,052	0,032	0,150	0,082	0,031	0,037	0,065	0,043

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da simulação do modelo.

Legenda: Aliment, Bebida e Fumo = Indústria de Alimento, Bebida e Fumo; Out. Ind. Transf. = Outras Indústrias de Transformação; Serv. = Serviços; Serv. Pub. = Serviços Públicos.