

ISSN 2318-2377



TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 616

**USO DA ÁGUA NO BRASIL E SUA RELAÇÃO COM CONDICIONANTES ECONÔMICOS:
ANÁLISE A PARTIR DE SIMULAÇÕES COM UM MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL**

Aline Souza Magalhães

Edson Paulo Domingues

Bruna Stein Ciasca

Dezembro de 2019

Universidade Federal de Minas Gerais

Jaime Arturo Ramírez (Reitor)
Sandra Regina Goulart Almeida (Vice-reitora)

Faculdade de Ciências Econômicas

Hugo Eduardo Araujo da Gama Cerqueira (Diretor)
Kely César Martins de Paiva (Vice-Diretora)

Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar)

Frederico Gonzaga Jayme Jr (Diretor)
Gustavo de Britto Rocha (Vice-Diretor)

Laura Rodríguez Wong (Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Demografia)

Gilberto de Assis Libânio (Coordenador do Programa de Pós-graduação em Economia)

Adriana de Miranda-Ribeiro (Chefe do Departamento de Demografia)

Bernardo Palhares Campolina Diniz (Chefe do Departamento de Ciências Econômicas)

Editores da série de Textos para Discussão

Aline Souza Magalhães (Economia)
Adriana de Miranda-Ribeiro (Demografia)

Secretaria Geral do Cedeplar

Maristela Dória (Secretária-Geral)
Simone Basques Sette dos Reis (Editoração)

<http://www.cedeplar.ufmg.br>

Textos para Discussão

A série de Textos para Discussão divulga resultados preliminares de estudos desenvolvidos no âmbito do Cedeplar, com o objetivo de compartilhar ideias e obter comentários e críticas da comunidade científica antes de seu envio para publicação final. Os Textos para Discussão do Cedeplar começaram a ser publicados em 1974 e têm se destacado pela diversidade de temas e áreas de pesquisa.

Ficha catalográfica

M188u Magalhães, Aline Souza.
2019 Uso da água no Brasil e sua relação com condicionantes econômicos: análise a partir de simulações com um modelo de equilíbrio geral / Aline Souza Magalhães, Edson Paulo Domingues, Bruna Stein Ciasca . - Belo Horizonte : UFMG/CEDEPLAR, 2019.
28 p. - (Texto para discussão, 616)
Inclui bibliografia (p. 19-21)
ISSN 2318-2377
1. Economia. 2. Água - consumo - Brasil. I. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. II. Título. III. Série.

CDD: 330

Elaborada pela Biblioteca da FACE/UFMG 141/2019 -
Rosilene Santos CRB06/2527

As opiniões contidas nesta publicação são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo necessariamente o ponto de vista do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar), da Faculdade de Ciências Econômicas ou da Universidade Federal de Minas Gerais. É permitida a reprodução parcial deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções do texto completo ou para fins comerciais são expressamente proibidas.

Opinions expressed in this paper are those of the author(s) and do not necessarily reflect views of the publishers. The reproduction of parts of this paper or data therein is allowed if properly cited. Commercial and full text reproductions are strictly forbidden.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL**

**USO DA ÁGUA NO BRASIL E SUA RELAÇÃO COM CONDICIONANTES ECONÔMICOS:
ANÁLISE A PARTIR DE SIMULAÇÕES COM UM MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL**

Aline Souza Magalhães

Professora da FACE e Cedeplar-UFGM. Vice-Cordenadora do Núcleo de Estudos em Modelagem Econômica e Ambiental Aplicada – NMEA/Cedeplar/UFGM.

Edson Paulo Domingues

Professora da FACE e Cedeplar-UFGM. Coordenador do Núcleo de Estudos em Modelagem Econômica e Ambiental Aplicada – NMEA/Cedeplar/UFGM.

Bruna Stein Ciasca

Doutoranda do Programa de pós-graduação em Economia, integrante do Núcleo de Estudos em Modelagem Econômica e Ambiental Aplicada – NMEA/Cedeplar/UFGM.

**CEDEPLAR/FACE/UFGM
BELO HORIZONTE
2019**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. MODELOS ECONÔMICOS E USO DE ÁGUA	8
3. MODELO AQUA-BR.....	10
4. DADOS DE ÁGUA E COMPATIBILIZAÇÃO COM SETORES E PRODUTOS DO MODELO	11
5. SIMULAÇÕES E RESULTADOS	13
6. CONCLUSÕES.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
ANEXO.....	22

RESUMO

Situações de escassez hídrica vêm crescentemente ocorrendo em certas regiões no Brasil. Além da vulnerabilidade climática decorrente de eventos extremos, o crescimento das demandas hídricas, a partir do aumento das exportações, do consumo das famílias e das atividades econômicas intensivas em uso de água, contribuem para um aumento do estresse hídrico. O objetivo deste trabalho é explorar a relação entre características estruturais da economia brasileira, e trajetórias de crescimento, com o uso de água. Nossa principal contribuição é a articulação de um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) com dinâmica recursiva a dados setoriais de retirada e consumo de água. Sugerimos que este é um quadro metodológico adequado para o estudo da relação da economia com o uso de água, que pode superar algumas das limitações de modelos econométricos de equilíbrio parcial ou modelos de insumo-produto. Os resultados apontam que o setor da agropecuária e a cadeia minero-metalúrgica e de construção têm impactos mais intensos sobre a demanda de água advindos das exportações. Por outro lado, quando observados os efeitos sobre a retirada da água advindos do incremento na demanda das famílias, observa-se maior impacto dos setores de eletricidade e gás, e água esgoto.

Palavras-chave: Uso da água, Água virtual, Trajetórias de crescimento, Equilíbrio geral computável

ABSTRACT

Water scarcity situation are increasingly occurring in certain regions in Brazil. In addition to extreme events vulnerability, the increased exports, household consumption and the water use intensity of the economic activities, generates water demands growth that contributes to water stress. The aim of this paper is to explore the relationship between structural characteristics of the Brazilian economy and growth path, with water use. Our main contribution is the articulation of a computable general equilibrium (CGE) model with a recursive dynamics to sector data of water withdrawal and consumption. We suggest that this is an appropriate methodological framework to study the relation of economics water use, which may overcome some of the limitations of partial equilibrium econometric models or input-output models. The results indicate that the agricultural sector and the mining-metallurgical and construction chain have more intense impacts on water demand from exports. Furthermore, there is a greater dependence on the electricity and gas sectors, and sewage, considering the effects on water withdrawal due to the increase in households demand.

Keywords: Water use, Virtual water, Computable general equilibrium.

JEL Classification: Q25, Q51, C68

1. INTRODUÇÃO

Muitas vezes o valor e a importância de um recurso natural, como a água, só se tornam perceptíveis em situações de escassez. Problemas de escassez hídrica tem se tornado uma constante, no Brasil, nos últimos anos. Segundo o mais recente relatório da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), dos 5.570 municípios brasileiros, 51% (2.839) decretaram Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública devido a secas ou estiagem pelo menos uma vez entre 2003 e 2017. Fazendo um retrospecto dos últimos cinco anos, o ano de 2017 foi o mais crítico quanto aos impactos da seca sobre a população. Nesse ano, cerca de 38 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens no Brasil, notadamente na Região Nordeste, mas também com impactos relevantes na região Sudeste. Conforme cenários em ANA (2010), dos 55% dos municípios com riscos de déficit no abastecimento de água, 84% necessitam de investimentos para adequação de seus sistemas produtores e 16% precisam de novos mananciais” (ANA, 2010).

Muitos fatores têm contribuído para a criticidade da crise hídrica. O conflito pelo uso da água associados ao desequilíbrio entre diferentes usos produtivos e aspectos de quantidade e qualidade da água, tem sido agravados pelas mudanças correntes no clima e eventos extremos, aliado ao aumento do desmatamento, à falta de investimentos em infraestrutura e proteção dos recursos hídricos e ao aumento contínuo das demandas (ANA, 2018).

Em relação ao fator da demanda pelo uso da água no Brasil, estima-se que este cresceu aproximadamente em 80% nas últimas duas décadas. Segundo ANA (2018), a previsão é de que, até 2030, a retirada aumente 24%. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país. O principal uso de água no país, em termos de quantidade utilizada, é a irrigação (52%), seguido do abastecimento humano (23,8%) e da indústria (9,1%). Juntos esses usos representam cerca de 85% da retirada e consumo total (ANA, 2018).

A análise de decomposição estrutural realizada por Naspolini et al. (2019) a partir dos dados extraídos das Contas Econômicas Ambientais da Água (IBGE, 2018; ANA, 2018), aponta que, dentre os principais fatores que impulsionam a demanda pelo uso da água estão os componentes da demanda final. Comparativamente, aos efeitos da estrutura da economia, das condições de intensidade hídrica e da demanda final, a análise realizada entre 2013 e 2015 aponta que a demanda final do setor “Agricultura, pecuária, silvicultura e pesca” é aquela que mais impacta positivamente a evolução do consumo da água na economia.

Um conceito muito discutido sobre usos e conflitos na demanda pelo uso de água refere-se à água virtual, introduzido em 1996 por John Anthony Allan quando este apresentou a possibilidade de importação da água virtual (em oposição à água real) como uma solução parcial a problemas de escassez de água no Oriente Médio, reduzindo a pressão sobre os recursos hídricos domésticos (Allan, 1996 *apud* Allan, 2001). Conforme define o autor, a água virtual é a água direta e indireta embutida nos produtos. Se por exemplo forem necessários mil metros cúbicos de água para produção de uma tonelada de trigo, através da importação de uma tonelada de trigo, tem-se uma economia de água captada localmente que evita os custos econômicos associados à necessidade de mobilização local do volume de água necessário à produção.

Diversos autores apontam para a importância do comércio internacional como forma de redução da pressão sobre os recursos hídricos em países com baixa disponibilidade hídrica em especial quando os produtos importados são intensivos em água, reduzindo assim a demanda interna de água. No entanto, os países exportadores, embora estejam em vantagem comparativa, também sofrem pressão sobre seus recursos.

Nesse campo, diante do crescente comércio internacional de produtos agrícolas, que por sua composição são intensivos em água, diversos autores realizam uma análise do fluxo de água virtual exportado, importado e líquido, em termos globais ou regionais (Duarte et al., 2015; Zhang et al., 2016; Brindha, 2017). O principal objetivo da análise desses estudos consiste em propor mecanismos de inovação no sistema de gestão dos recursos hídricos, avaliar a importância em ajustar a estrutura comercial para garantir a segurança alimentar, bem como compreender se há benefício unilateral ou mútuo e avaliar o nível de concentração na demanda de produtos hidrointensivos. Em todos os estudos analisados, o Brasil está situado entre os dez maiores exportadores de água virtual.

O panorama da evolução dos fluxos de água virtual no mundo entre 1965 e 2010 realizado por Duarte et al. (2015) aponta que a América se destaca como o principal exportador de água virtual, e a Europa e a Ásia como dependentes de recursos hídricos estrangeiros, pois aparecem como importadores líquidos de água virtual. Os autores apontam que para os três dos cinco principais produtos agrícolas comercializados, isto é, algodão, soja e trigo, os principais países exportadores são os EUA, Brasil e Argentina (Duarte et al., 2015).

Conforme mencionado em Allan (2001), a análise do fluxo de água virtual também pode ser realizada de forma a computar a economia em termos de recursos hídricos do país importador líquido. Hoekstra (2010) apresenta resultados no período de 1997 a 2001 e aponta que o Japão, o maior importador líquido de produtos intensivos em água, economizou anualmente 94.000 hm³ de seus recursos hídricos domésticos, enquanto que o México economizou 65.000 hm³, a Itália 59.000 hm³, a China 56.000 hm³ e a Argélia 45.000 hm³ (Chapagain et al., 2006 *apud* Hoekstra, 2010). Esses países importam commodities que são relativamente intensivas em água enquanto exportam commodities que consomem menos água.

O estudo, conduzido para analisar a importância dos países da América Latina no fluxo de água virtual mundial através do comércio internacional agrícola e sua importância pra segurança alimentar, aponta que a Argentina e o Brasil estão progressivamente se tornando parte da cesta de alimentos do mundo, na comercialização de produtos como milho e soja (Niemeyer e Garrido, 2011). Os autores destacam que, embora tais produtos sejam cultivados majoritariamente em condições de sequeiro, garantindo um menor custo de oportunidade e menor impacto sobre o balanço hídrico, o aumento da produção de soja levou a uma enorme expansão de área agrícola cultivada em ambos os países, gerando potenciais perdas ambientais, inclusive associadas à manutenção de serviços ambientais como a regulação hídrica.

A elevada participação da exportação de produtos nacionais intensivos em água torna a economia brasileira altamente dependente dos estoques de recursos hídricos, bem como das condições climáticas favoráveis. Conforme especificado em ANA (2019), os usos são caracterizados por vazões de retirada, consumo e retorno. A vazão de retirada é definida como o montante captado diretamente no

corpo hídrico, ao passo que a vazão de consumo é a fração da retirada que não retorna ao corpo hídrico, podendo ocorrer por evaporação, transpiração, incorporação em produtos, consumo por seres vivos, dentre outros. Por sua vez, a vazão de retorno é a fração da retirada que retorna ao corpo hídrico, por exemplo, os lançamentos de efluentes industriais e domésticos.

O presente estudo tem por objetivo estudar a relação entre o uso da água, por captação direta (isto é, retirada no corpo hídrico) e consumo, e a dinâmica dos setores econômicos e seus condicionantes (consumo das famílias, exportações e investimentos, por exemplo). Entende-se que tal estudo contribui para compreensão dos potenciais efeitos da demanda externa e interna sobre o uso da água em território nacional, possibilitando a comparação da variação do uso da água por tipo de demanda final e a construção de cenários.

2. MODELOS ECONÔMICOS E USO DE ÁGUA

Os modelos hidro-econômicos são um tipo de ferramenta de decisão que permite uma análise da complexa dinâmica econômica e ambiental dos sistemas de recursos hídricos (Harou et al., 2009). Os principais componentes desses modelos são as representações matemáticas das relações hidrológicas no sistema de água e as relações de produção de diferentes setores consumidores de água, como por exemplo, agricultura, indústria, produção hidrelétrica, podendo ser categorizados em dois principais tipos (Bekchanov et al., 2015), a saber: i) Modelos de bacias hidrográficas baseados em “nós” que incluem análise de simulação e otimização; ii) Modelos que abrangem toda economia, que incluem os modelos de Matriz Insumo Produto (MIP) e Equilíbrio Geral Computável (EGC).

Conforme destacado em Bekchanov et al. (2015), enquanto os modelos baseados em simulação e otimização são calibrados para reproduzir o comportamento do sistema hídrico, avaliar cenários de mudanças na gestão do uso da água e seus impactos no comportamento dos agentes, os modelos de insumo-produto e EGC permitem uma avaliação mais ampla do uso da água de todo o sistema econômico, possibilitando relacionar os agregados macroeconômicos aos fluxos de uso da água e analisar em termos relativos os fatores determinantes da demanda pelo uso da água.

Para uma melhor compreensão dos determinantes da demanda de água, é necessário analisar quais fatores econômicos ou de processo justificam as mudanças no uso da água. A atividade humana e os diversos setores da economia moderna demandam recursos hídricos e utilizam a água de forma heterogênea. Para tal, o modelo Insumo-Produto (MIP) de uso da água possibilita construir coeficientes técnicos diretos e indiretos de uso da água que proporcionam diversas análises associadas à estrutura produtiva de cada atividade econômica.

Muitos autores desenvolveram modelos de insumo-produto ambientalmente ampliados e inter-regionais para quantificar a captação de água direta e indireta e otimizar o cálculo da pegada hídrica (Aviso et al., 2018; Deng et al. 2016; Bogra et al. 2016; Cazcarro et al., 2013; Guo e Shen, 2013; Llop, 2013). Alguns dos objetivos desses estudos, por exemplo, são mostrar a estratégia ótima de produção de atividades econômicas em uma região com escassez de água para produzir culturas menos intensivas em água, quantificando a retirada de água direta e indireta de cada setor econômico. Para esses estudos,

os autores integram os dados de recursos hídricos com dados econômicos. Uma importante contribuição destes estudos é a utilização das Contas Econômicas Ambientais da Água, que já possuem dados físicos na mesma estrutura do Sistema de Contas Nacionais.

Enquanto os modelos de MIP utilizam os coeficientes técnicos de uso direto da água, que são fixos, em um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) é possível associar o uso de água por produto a elementos distintos (produção, valor adicionado, emprego) possibilitando um conjunto maior de análises, não só as usuais relações de efeito multiplicador, mas também simulações de precificação, mudanças técnicas de intensidade de uso, e restrições de oferta. Assim, os modelos EGC permitem uma representação mais abrangente da realidade econômica, capturando as relações entre os agentes da economia (produtores, consumidores, governo e agentes estrangeiros) e a conexão entre preços e quantidades.

Observam-se alguns modelos EGC aplicados ao uso da água. Alguns estudos consideraram os efeitos da variação do valor e da precificação da água em diversos setores, sobre a produção setorial e a interrelação entre os setores (Calzadilla, et al., 2011; Diao et AL., 2008; Letsoalo et al. 2007; Berrittella et al., 2008; Fang et al., 2016).

Diao et al. (2008) realizam um modelo ECG estendido com a inclusão de recursos hídricos subterrâneos integrando demanda rural e urbana para o Marrocos. Os autores avaliam as variações no valor da estabilização da vazão hídrica a partir de choques naturais e econômicos, associados à ocorrência de seca e à variação de transferências de água entre a demanda rural e urbana. Os autores analisam os efeitos de um aumento no custo de extração de água subterrânea como resultado de transferência de água de fontes rurais para o urbano, e de uma redução da disponibilidade de água devido à seca. Os resultados do estudo apontam que os recursos hídricos subterrâneos desempenham um papel fundamental na mitigação dos efeitos negativos da seca ou do aumento dos custos de uso da água, e que, portanto, exigem maior regulação, como por exemplo, através de uma transferência de renda entre os agentes da área urbana e rural.

Outro estudo, realizado para a economia da África do Sul, utiliza um modelo EGC denominado UPGEM, baseado no modelo ORANI-G da economia Australiana, para avaliar alternativas aos problemas de escassez hídrica introduzindo um instrumento de cobrança pelo uso da água para a agricultura irrigada, mineração e silvicultura (Letsoalo et al., 2007). A partir de cenários para avaliar se a cobrança da água contribui para os objetivos de redução do uso da água, crescimento econômico e maior igualdade de distribuição de renda, os autores demonstram que uma aplicação adequada da receita pelo uso da água, particularmente na agricultura irrigada e na extração de carvão, renderia dividendo triplos, ou seja, se obteria menor uso de água, maior crescimento econômico e menor desigualdade.

Fang et AL. (2016) avaliam os impactos de políticas para redução da poluição da água e combate à escassez hídrica na província de Jiangsu na China. Os autores aplicaram o Modelo EGC para simular os efeitos das taxas aplicadas sobre o lançamento de efluente na economia regional e ambiental. Para tal desenvolveu-se uma Matriz de Contabilidade Social (SAM) da província de Jiangsu e simularam-se três cenários alterando os valores das taxas de efluentes (aumento em 50%, 100% e 150%) a fim de examinar sua influência na economia global e em cada setor. Os resultados demonstram que um aumento da taxa provoca um impacto negativo no Produto Interno Bruto (PIB), no entanto, obtém-se maior controle dos

efluentes a partir da modernização de estruturas industriais orientando a economia para redução do impacto sobre os recursos hídricos.

O objetivo do modelo deste trabalho é explorar a relação entre características estruturais da economia brasileira, e trajetórias de crescimento, com o uso de água. Nossa principal contribuição é a articulação de um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) com dinâmica recursiva a dados setoriais de retirada e consumo de água. Consideramos que este é um quadro metodológico adequado para o estudo da relação da economia com o uso de água, que pode superar algumas das limitações de modelos econometríticos de equilíbrio parcial ou modelos de insumo-produto.

3. MODELO AQUA-BR

Neste trabalho integramos a um modelo de equilíbrio geral computável (EGC)_recursivo um módulo de usos de água, o que o capacita a analisar a relação entre características estruturais da economia brasileira, e trajetórias de crescimento, com o uso de água. O modelo denominado AQUA-BR apresenta estrutura teórica semelhante ao modelo ORANI-G, na tradição Australiana de modelos EGC (Dixon, 1982) . Trata-se do primeiro modelo EGC construído com dados de retirada e consumo de água para a economia brasileira, trazendo aperfeiçoamentos tanto em sua base de dados como em sua especificação teórica. O modelo é calibrado para os dados mais recentes das contas nacionais, da matriz de insumo-produto e de dados de retirada e consumo de água (2015). O modelo, por meio de sua desagregação setorial (89 setores), permite analisar implicações sobre o uso e demanda de água em resposta a variações da demanda final e potenciais trajetórias de crescimento.

Em linhas gerais, a estrutura central do modelo é composta por blocos de equações que determinam relações de oferta e demanda, derivadas de hipóteses de otimização, e condições de equilíbrio de mercado. Além disso, vários agregados nacionais são definidos nesse bloco, como nível de emprego, saldo comercial e índices de preços. Os setores produtivos minimizam os custos de produção sujeitos a uma tecnologia de retornos constantes de escala em que as combinações de insumos intermediários e fator primário (agregado) são determinados por coeficientes fixos (Leontief). Há substituição via preços entre produtos domésticos e importados na composição dos insumos via função de elasticidade de substituição constante (CES). Uma especificação CES também controla a alocação do composto doméstico entre as diversas regiões. Também ocorre substituição entre capital e trabalho na composição dos fatores primários por meio de funções CES.

No modelo, há uma família representativa para cada região, que consome bens domésticos (das demais regiões) e bens importados. A escolha entre domésticos e importados (de outros países) é realizada por uma especificação CES (hipótese de Armington¹). O tratamento da demanda das famílias é baseado num sistema combinado de preferências CES/Klein-Rubin. Assim, a utilidade derivada do consumo é maximizada segundo essa função de utilidade. Essa especificação dá origem ao sistema linear

¹ Hipótese de Armington - bens de origens diferentes são tratados como substitutos imperfeitos.

de gastos (LES)², no qual a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família.

As exportações setoriais respondem a curvas de demanda negativamente associadas aos custos domésticos de produção e positivamente afetadas pela expansão exógena da renda internacional, adotando-se a hipótese de país pequeno no comércio internacional. O consumo do governo é tipicamente exógeno, podendo estar associado ou não ao consumo das famílias ou à arrecadação de impostos. Os estoques se acumulam de acordo com a variação da produção.

A especificação de dinâmica recursiva é baseada na modelagem do comportamento intertemporal e em resultados de períodos anteriores (*backward looking*). As condições econômicas correntes, tais como a disponibilidade de capital, são endogenamente dependentes dos períodos posteriores, mas permanecem não afetadas por expectativas de *forward looking*. Deste modo, o investimento e o estoque de capital seguem mecanismos de acumulação e de deslocamento intersetorial a partir de regras pré-estabelecidas, associadas à taxa de depreciação e taxas de retorno. Além disso, assume-se um amortecimento das respostas do investimento. O mercado de trabalho também apresenta um elemento de ajuste intertemporal, que envolve três variáveis: salário real, emprego atual e emprego tendencial.

Além das especificações do núcleo do modelo, anteriormente relatadas, o modelo AQUA-BR tem acoplado um módulo ambiental inspirado no modelo MMRF-Green (ADAMS et al., 2002). O uso e retirada de água no modelo está diretamente associada a produção dos setores. Assim, o uso de água varia de acordo com a produção do setor, a partir de um coeficiente fixo, tal qual um insumo intermediário. O modelo permite calcular endogenamente a quantidade de água necessária para atingir requisitos de produção e consumo. Assim, a partir dos resultados de determinadas variáveis (produção setorial e consumo das famílias, por exemplo), o módulo ambiental calcula as variações no consumo e retirada de água. Informações detalhadas sobre a base de dados utilizada na construção do modelo encontram-se na próxima seção. Maiores detalhes da estrutura do núcleo teórico do modelo podem ser encontrados em Horridge (2006). O quadro 1, em anexo, traz a descrição dos setores do modelo.

4. DADOS DE ÁGUA E COMPATIBILIZAÇÃO COM SETORES E PRODUTOS DO MODELO

Para implementar empiricamente o modelo, foram utilizadas informações sobre as relações econômicas entre setores consumidores e usos de água. A base de dados foi construída a partir de dados de fluxos monetários e estimação dos fluxos físicos de retirada e consumo de água por produto, para o ano de 2015. Em relação aos fluxos físicos, vale ressaltar que os dados oficiais da ANA estão disponíveis por atividade de setor usuário (abastecimento humano urbano, abastecimento humano rural, indústria da transformação, mineração, termelétrica, dessedentação animal e agricultura irrigada) (ANA, 2019) e para os produtos “Arroz inundado”, “Cana-de-açúcar” e “Demais culturas” (ANA, 2017a). Uma vez que

² O LES é adequado para amplos agregados de bens onde substituições específicas não são consideradas. Isto é, elasticidades de preços-cruzados são iguais ao efeito renda dado na equação de Slutsky sem qualquer contribuição dos efeitos de preço-cruzado. Isso implica que todos os bens são complementares fracos. O sistema linear de gastos não permite a inclusão de bens inferiores (i.e., elasticidades renda negativas).

o modelo exige fluxos de retirada e consumo de água por produto, estes foram obtidos a partir de estimativas com coeficientes técnicos.

Para os produtos vinculados ao setor “Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura”, utilizaram-se os dados oficiais do sistema de metadados da Agência Nacional de Água (ANA) para os produtos “Arroz” e “Cana-de-açúcar” e para os demais produtos, relacionados ao setor da Agropecuária, aplicaram-se os coeficientes técnicos definidos em ANA (2019) e FUNARBE (2011). Os coeficientes técnicos foram aplicados sobre os dados de produção agrícola da Pesquisa de Produção Agrícola Municipal (PAM) (IBGE, 2015b) e para os produtos da pecuária pela Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) (IBGE, 2015c).

Para os produtos relacionados ao setor “Indústria Extrativa”, foram aplicados os coeficientes técnicos de ANA (2019) sobre os dados de produção da Pesquisa Industrial Anual Produto (PIA-Produto) (IBGE, 2015d). Para o setor “Indústria de Transformação”, foram aplicados os coeficientes técnicos fornecidos em ANA (2019) e ANA (2017b), este último sendo utilizado para maior nível de desagregação. Tais coeficientes foram aplicados sobre o número de empregados ativos a partir da pesquisa da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), 2015. Tendo em vista que os coeficientes técnicos são definidos por produto e que os dados da RAIS são obtidos por atividade, foi realizada uma agregação dos produtos em atividade econômica, a partir das classificações Prodlist-Indústria 2016, Prodlist Agro Pesca 2013 e da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0) publicadas pelo IBGE³.

Os volumes de retirada e consumo dos produtos vinculados a “Eletricidade e gás” e “Abastecimento de água e serviços de esgoto” foram extraídos da Tabela de Recursos e Usos Física das Contas Econômicas Ambientais da Água (IBGE, 2018) que apresentam os valores referentes à captação e consumo agregado para essas atividades. Em relação ao setor “Serviços”, adotou-se a hipótese das Contas Econômicas Ambientais da Água (IBGE, 2018) em que considera que tais serviços fazem uso da água advinda do setor de abastecimento de água, logo, não realiza captação direta.

A tabela 1 do Anexo apresenta os dados estimados de retirada e consumo por produto. Em decorrência da ausência de coeficientes técnicos para produtos como soja, algodão, silvicultura, aquicultura, produtos da cultura temporária e permanente, bem como petróleo e gás natural da indústria extrativa, não tiveram os volumes de retirada e o consumo estimados.

³ Acessado em: <https://concla.ibge.gov.br/classificacoes/por-tema/produtos/lista-de-produtos>

5. SIMULAÇÕES E RESULTADOS

As simulações desenhadas neste trabalho visam mensurar o impacto no uso de água (consumo e captação direta) a partir de cenários estruturais (choques setoriais de exportações e consumo das famílias) e cenários de longo prazo, em que o crescimento da economia está ligado a componentes distintos (investimentos, exportações, consumo das famílias e do governo).

A. Exportações e Demanda das Famílias

No primeiro conjunto de experimentos foram realizadas duas simulações. A primeira leva em consideração uma variação em 1% na demanda externa por produto no modelo e a segunda, um choque também em 1% sobre a demanda das famílias. O objetivo destas simulações é tornar as variações comparáveis e assim ter um indicativo de potenciais efeitos da demanda externa e interna sobre o uso da água em território nacional (captação direta e consumo), possibilitando a comparação da variação do uso da água por tipo de demanda final, à luz das discussões que envolvem o conceito de água virtual. Assim, o valor monetário desse choque por produto é utilizado de forma a se ter uma base comparativa⁴.

Para tal, neste primeiro experimento, adotamos um fechamento (modo de operação do modelo) de estática comparativa de longo prazo⁵, mas com fatores primários elásticos (ou seja, preços fixos). De acordo com os mecanismos de causalidade do modelo, choques positivos de demanda geram aumento da produção dos setores, e consequente aumento no uso de insumos, dentre eles, o uso de água. Estas variações, por sua vez, modificam preços relativos na economia pelas mudanças nos requerimentos

A figura 1 apresenta os resultados das simulações de impacto sobre o uso de água, tanto em relação ao consumo quanto captação direta (retirada), em resposta a mudanças na demanda externa. A análise repousa na relação do uso de água por unidade monetária decorrente do choque de demanda por exportação, ou seja, captura a intensidade de água incorporada na produção setorial destinada ao mercado externo. Cabe enfatizar que o requerimento necessário de água na economia para satisfazer a variação da demanda simulada, representa não apenas o requerimento direto do setor, mas também o indireto, decorrente das relações intersetoriais ao longo de toda a cadeia produtiva e do nível de renda gerado na economia, que engendram nova produção e uso de insumos, efeitos adequadamente capturados pelos modelos de equilíbrio geral computável.

Os resultados indicam que o aumento da demanda externa de grande parte dos setores da agropecuária são os de maior impacto sobre a intensidade do uso de água, com especial destaque para a captação direta, como era esperado. Neste caso, chama atenção os produtos Arroz, trigo e cereais e Milho em grão, com intensidades de uso de água quase duas vezes acima da média. Para os produtos Arroz, trigo e outros cereais e Milho em grão, por exemplo, o uso de água total na economia quando a

⁴ Os choques foram aplicados a produtos exportados no primeiro caso e produtos com consumo pelas famílias na segunda simulação.

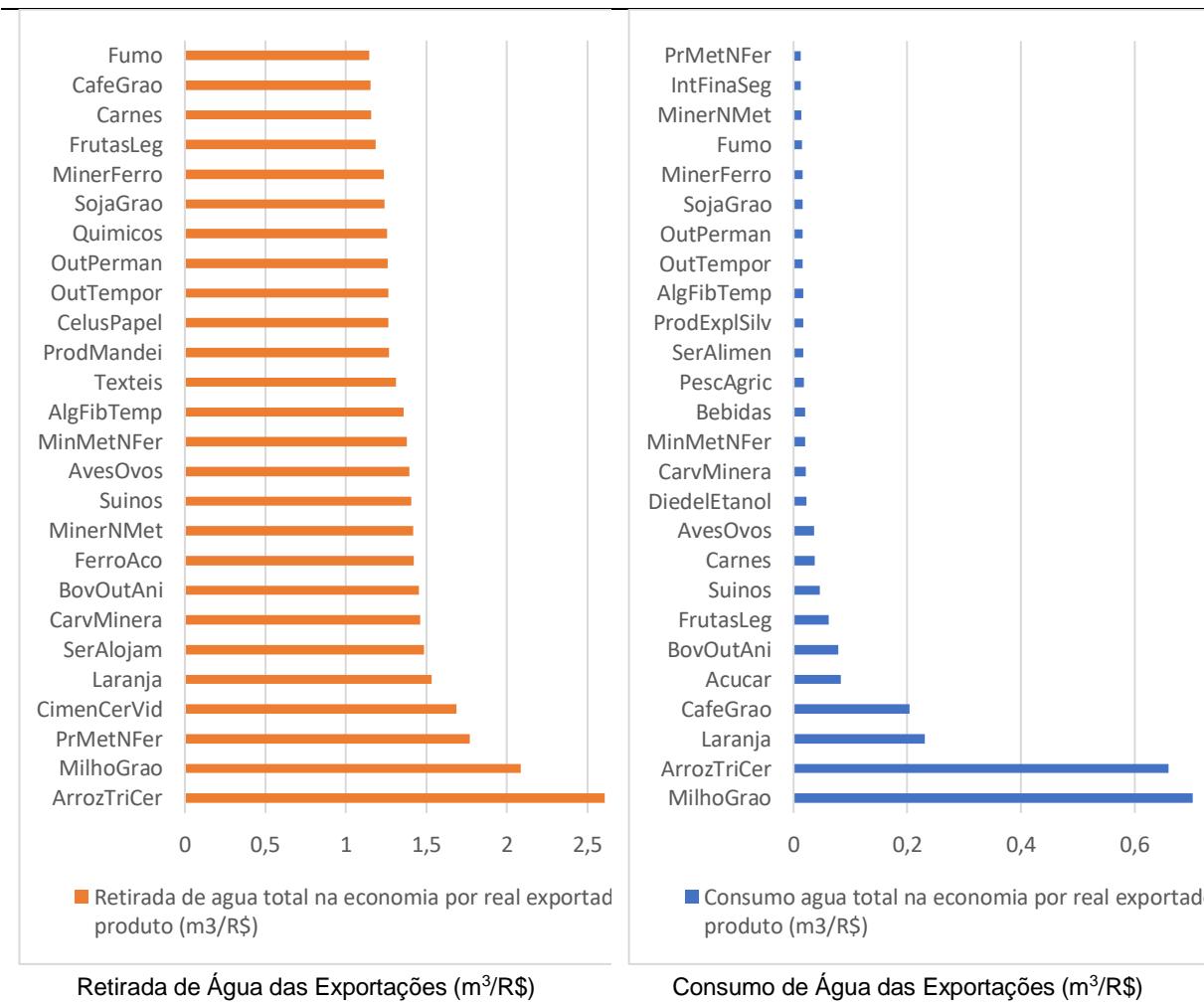
⁵ Nos modelos EGC, o fechamento define as hipóteses adotadas na operação do modelo, a determinação das variáveis exógenas e endógenas nas simulações. Neste primeiro experimento optou-se por utilizar um fechamento de longo prazo com preços fixos: i) a oferta de capital é endógena em todos os setores e regiões, com taxas de retorno fixas; ii) o emprego é endógeno e o salário real é exógeno; iii) o consumo das famílias segue a renda do trabalho; iv) o consumo do governo é exógeno.

atividade eleva sua exportação em uma unidade monetária aumenta $2,6\text{ m}^3$ e $2,08\text{ m}^3$ considerando a captação direta, e $0,66\text{ m}^3$ e $0,7\text{ m}^3$ considerando o consumo, respectivamente. Outros produtos agropecuários importantes na pauta exportadora brasileira também exercem relevante pressão sobre os recursos hídricos, principalmente via captação direta, tal como, Laranja, Bovinos e outros animais, Suínos, Aves e ovos, Soja e grão e Café, nesta ordem.

Pode-se destacar também, o uso relevante de água da cadeia minero-metalmúrgica, notadamente via captação direta dos recursos hídricos em resposta a aumentos da demanda externa. Para os Produtos metálicos não ferrosos, Cimento e vidro, Carvão mineral, Ferro e Aço, estima-se que o aumento das exportações em uma unidade monetária implica um aumento no volume de água captada em $1,77\text{ m}^3$, $1,69\text{ m}^3$, $1,46\text{ m}^3$, $1,42\text{ m}^3$, respectivamente. Em função do elevado volume de retorno no processo produtivo desses produtos, o aumento no volume de consumo de água desses setores é pouco significativo comparativamente aos produtos agrícolas. Para os Produtos metálicos não ferrosos, Cimento e vidro, Ferro e Aço, observa-se um aumento de apenas $0,01\text{ m}^3$, e $0,02\text{ m}^3$ para Carvão Mineral.

A figura 2, por sua vez, reporta a intensidade de água incorporada na produção setorial em resposta a variações no consumo das famílias. Neste caso, o padrão de uso de água total para atender a um aumento de demanda das famílias é ligeiramente distinto, com destaque para os setores de Eletricidade e gás e Água e esgoto. Neste caso, em função do setor Eletricidade e gás ser altamente dependente da hidroeletricidade, tem-se um volume de captação direta muito superior comparativamente aos demais setores. Nesse sentido, um aumento do consumo das famílias em uma unidade monetária engendra um aumento na retirada pelo setor de Eletricidade e gás em $0,11\text{ m}^3$, seguido de um aumento de $0,01\text{ m}^3$ no setor de Água e esgoto. Por outro lado, quando observado a variável de consumo de água, tem-se um impacto significativo sobre os produtos agrícolas, com destaque para o Milhão em grão, Arroz, trigo e outros cereais e Laranja, com um aumento no consumo em $0,32\text{ m}^3$, $0,29\text{ m}^3$ e $0,13\text{ m}^3$, respectivamente.

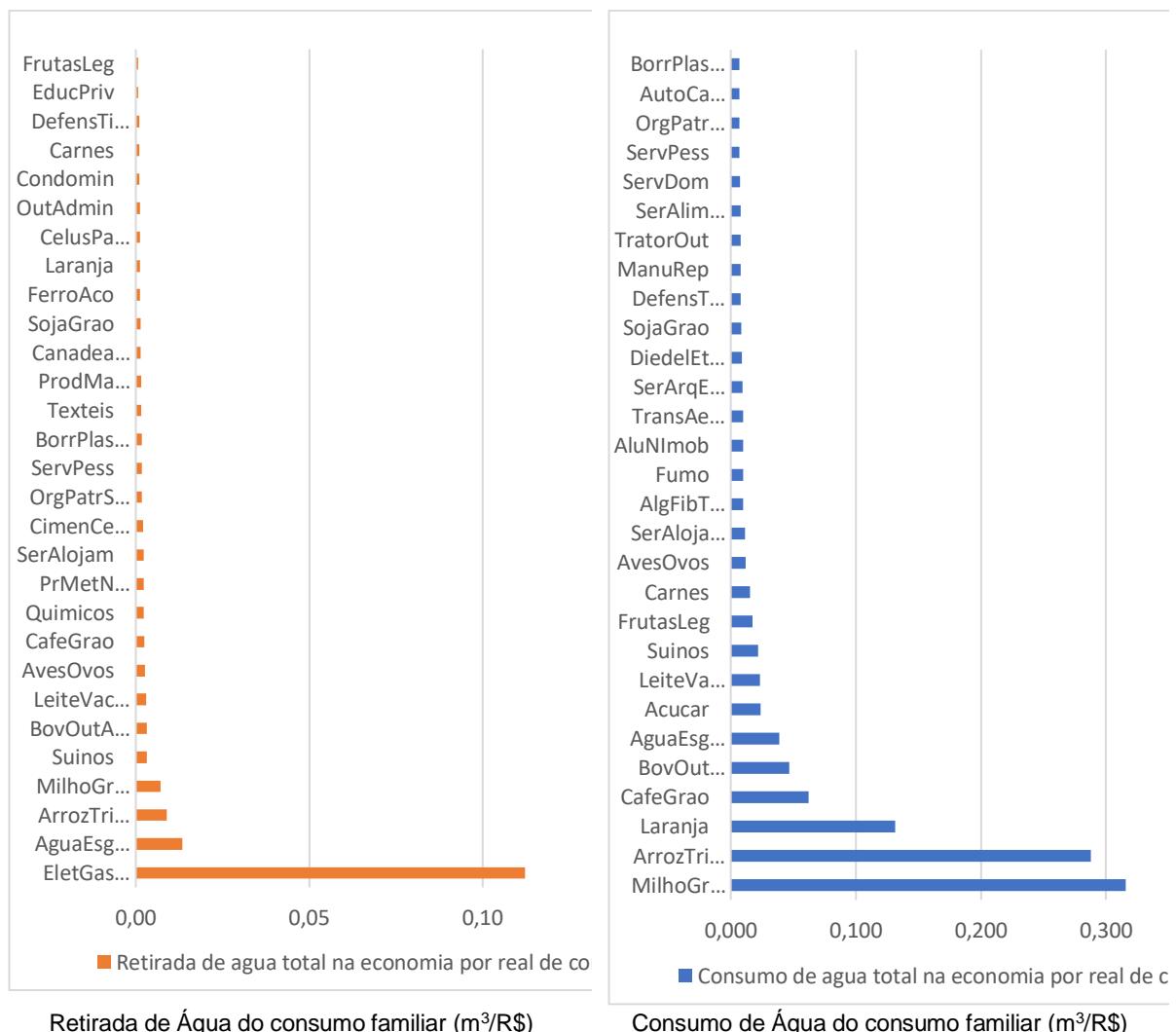
FIGURA 1
**Intensidade da água incorporada na produção setorial em resposta a variações nas exportações
brasileiras – 2015**



Fonte: Elaboração própria

Contudo, cabe salientar que a magnitude da intensidade de uso da água para atender ao aumento da demanda das famílias é relativamente menor se comparado ao requerimento de água necessário em resposta à demanda externa, condizente com a menor participação do consumo residencial em relação aos usos de água. A tabela 2 do Anexo sumariza os resultados de intensidade do uso de água, por retirada e consumo, decorrente de mudanças na demanda final para todos os produtos do modelo.

FIGURA 2
Intensidade da água incorporada na produção setorial em resposta a variações no consumo das famílias brasileiras – 2015



Fonte: Elaboração própria

B. Cenários de Longo Prazo

As simulações desta seção têm como objetivo mensurar implicações de cenários de longo prazo da economia brasileira para o uso de água. Neste caso, o modelo operou num fechamento de dinâmica recursiva com projeções entre 2015 a 2050. Os mecanismos de dinâmica recursiva permitem a utilização explicitamente temporal do modelo EGC. As variáveis endógenas se ajustam ao longo do período de análise após os choques iniciais, tanto no cenário base (ou cenário de referência) quanto no cenário contrafactual, que inclui choques específicos das simulações. Foram, então, projetados quatro cenários contrafutais de longo prazo em que cada um dos componentes da demanda final “lidera” a expansão da economia. São eles: i) Exportações, ii) Consumo das famílias, iii) Investimento e iv) Consumo do governo.

Cada um dos cenários simulados representa, pois, choques que acrescentam 0,05 pontos percentuais ao crescimento anual do PIB se comparado ao cenário base. O cenário base, ou de referência

contra o qual os cenários propostos serão comparados, baseia-se em um crescimento equilibrado de 2,5% a.a. para todos os setores e agregados macroeconômicos. Assim, cada cenário coloca um componente do PIB como mais dinâmico para engendrar um crescimento do PIB em 2,55%.

Assim, pode-se comparar os cenários contrafactualis de longo prazo em termos de expansão do consumo e retirada de água. A relação “Uso de água/PIB” pode crescer ou diminuir, dependendo do cenário simulado. No cenário base, esta relação é fixa.

Novamente aqui, a expansão da demanda final, através de cada um dos seus componentes, tem repercussões distintas sobre a produção setorial e o uso de insumos, com alterações de preços relativos na economia. Os impactos sobre nível de atividade, renda e emprego geram efeitos diretos, indiretos e induzidos sobre o uso da água, tanto em relação ao consumo como retirada dos corpos hídricos.

A tabela 1 compara os resultados dos cenários econômicos simulados e os usos de água requeridos na economia brasileira, em termos de variação percentual anual média de uso da água.

Os resultados sugerem que um cenário liderado pela expansão do investimento teria maior impacto sobre o uso de água, tanto via captação direta (retirada) como via consumo, uma vez que os setores que compõem a formação bruta de capital fixo na economia são relativamente intensivos no uso da água. Nota-se que a relação entre crescimento do PIB e uso da água depende do cenário, mesmo que todos tenham o mesmo crescimento do PIB. No cenário “Investimento”, o uso de água cresce próximo ao crescimento do PIB, ao passo que nos cenários no qual, “Famílias” e “Governo” são os componentes mais dinâmicos, o uso de água tende a ser menos intenso, como pode ser observado pelos coeficientes “Uso de água/PIB” em cada cenário. Em “Governo”, por exemplo, o menor requerimento de água é explicado pelo fato de que os setores de serviços e administração pública, mais dinâmicos neste cenário serem relativamente pouco intensos no uso de água.

TABELA 1
Cenários econômicos e usos da água na economia brasileira (var. % anual média)

Indicadores	Cenários de longo prazo: elemento mais dinâmico na economia para mesmo crescimento do PIB			
	Famílias	Governo	Exportações	Investimento
PIB	2,55	2,55	2,55	2,55
Consumo das famílias	2,70	2,67	2,58	2,56
Investimento	2,56	2,37	2,57	2,65
Consumo do governo	2,50	3,44	2,50	2,50
Exportações	1,86	-0,05	2,65	2,45
Importações	2,64	2,84	2,72	2,57
Uso de Capital	2,54	2,44	2,55	2,60
Deflator do PIB	0,10	0,55	0,14	0,01
Índice de preços ao Consumidor	0,09	0,43	0,11	-0,01
Uso de Água (Retirada)	2,50	2,17	2,49	2,55
Uso de Água (Consumo)	2,40	1,47	2,58	2,56
Coef Água/PIB (Retirada)	-0,05	-0,37	-0,06	0,00
Coef Água/PIB (Consumo)	-0,15	-1,06	0,03	0,01
Retirada-Consumo	0,10	0,71	-0,08	-0,01

Fonte: Elaboração própria

6. CONCLUSÕES

A água tem sido tradicionalmente vista como um recurso abundante, mas crescentes demandas a um baixo preço, tem modificado sua categorização de “bem livre” para “bem escasso”. A alta vulnerabilidade decorrente de um balanço hídrico desfavorável, associada a baixos investimentos em infraestrutura, principalmente dos sistemas de produção de água, e períodos de precipitações abaixo da média, tendem a agravar a situação e conduzir a períodos de crise hídrica por escassez, como verificado em diversas regiões nos últimos anos (ANA, 2018). O crescimento das demandas hídricas, a partir do aumento das exportações, do consumo das famílias e das atividades econômicas intensivas em uso de água, contribui para um aumento do estresse hídrico, ano a ano, sendo necessária a adoção de medidas adaptativas e mitigatórias.

Este trabalho contribui com esta discussão ao apresentar uma aplicação empírica dos dados de retirada e consumo de água e sua relação com características estruturais e trajetórias de crescimento na economia, questão ainda pouco explorada, mas de relevância para políticas públicas de recursos hídricos e ambientais, dado o contexto de vulnerabilidade climática e crescente ocorrência de escassez hídrica no Brasil. De modo geral, os resultados revelam importantes assimetrias sobre o uso da água decorrentes do aumento dos diferentes elementos da demanda, sobretudo analisando as repercussões setoriais. Mais especificadamente, a agropecuária e a cadeia minero-metalmúrgica e de construção têm impactos mais intensos sobre a demanda de água advindos das exportações. Neste sentido, trajetórias de crescimento lideradas pelas exportações e investimento tendem a impor maior pressão sobre a disponibilidade de água para tais usos. Por outro lado, observa-se maior dependência dos setores de eletricidade e gás, e água esgoto, comparativamente aos demais setores, quando observados os efeitos sobre a retirada da água advindos do incremento na demanda das famílias. Os resultados são relevantes para fins de política, principalmente para estratégias destinadas a reduzir a pressão sobre os recursos hídricos.

A análise sistêmica do impacto sobre o uso de água mostra claramente o conflito de uso entre os principais demandantes do recurso, que potencialmente pode desempenhar um papel importante no caso de se aplicar medidas de gestão e moderação na quantidade consumida ou outorgada de água. Por outro lado, a implementação de políticas de precificação de água, por exemplo através da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, transmitindo sinais de preço aos usuários mais intensivos, poderia reduzir ou mitigar potenciais conflitos de uso do recurso hídrico. Este será o foco de aperfeiçoamentos futuros da estrutura teórica e empírica do modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, P., D., Horridge, J., M., Wittwer, G. MMRF-GREEN: A Dynamic Multiregional Applied General Equilibrium Model of the Australian Economy, Based on the MMR and MONASH models. Monash University, Centre of Policy Studies. 70 p. Nov. 2002.
- Agência Nacional de Águas (Brasil). Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <<http://snirh.gov.br/usos-da-agua/>>. Acesso em: 20 de maio de 2019
- _____. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2018.
- _____. Contas econômicas ambientais da água no Brasil 2013–2015 / Agência Nacional de Águas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental. -- Brasília: ANA, 2018.
- _____. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada / Disponível em: <<http://snirh.gov.br/usos-da-agua/>>. Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2017a.
- _____. Água na indústria: uso e coeficientes técnicos / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2017b.
- _____. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional / Agência Nacional de Águas; Engecorps/Cobrape. - Brasília: ANA, 2010.
- Allan, J. A., The MiddleEast Water Question: Hydro-politics and the Global Economy. London: I.B. Tauris, 2001.
- Aviso, K. B., Holaysan, S. A. K., Promentilla M. A. B., Yu, K. D. S., e Tuan, R. R., A multi-region input-output model for optimizing virtual water trade flows in agricultural crop production., Management of Environmental Quality: An International Journal, pp. 63-75, Vol. 29, Issue 1. 2018.
- Bekchanov, M.; Sood, A.; Jeuland, M. Review of hydro-economic models to address river basin management problems: structure, applications and research gaps. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 60p. (IWMI Working Paper 167). doi: 10.5337/2015.218. 2015.
- Berrittella, M., Rehdanz, K., Roson, R., Tol, R. S. J. The Economic Impact of Water Taxes: A Computable General Equilibrium Analysis with an International Dataset. Working Paper. Department of Economics. University of Venice. 2008.
- Brindha, K., International virtual water flows from agricultural and livestock products of India. Journal of Cleaner Production 161, 922- 930, 2017.
- Calzadilla, A., Rehdanz, K., Tol, R., S., J. The GTAP-W model: accounting for water use in agriculture. Kiel Working Paper No. 1745, November 2011.
- Cazcarro, I., Duarte, R., e Chóliz, J. S., Multiregional Input–Output Model for the Evaluation of Spanish water flows, Environmental Science and Technology, vol. 47, no. 21, p. 12275–12283, 2013.

- Deng, G., Ma, Y., Li, X., Regional water footprint evaluation and trend analysis of China based on interregional input-output model, *Journal of Cleaner Production*, vol. 112, pp. 4674-4682, 2016.
- Diao, X., Dinar, A., Roe, T., Tsur, Y., A general equilibrium analysis of conjunctive ground and surface water use with an application to Morocco. *Agricultural Economics* 38: 117-135. 2008.
- Duarte, R., Pinilla, V., Serrano, A., Understanding agricultural virtual water flows in the world from an economic perspective: A long term study. *Ecological Indicators*, 980-990, 2016.
- Fang, G., Wang, t., Si, X., Wen, X., Liu, Y., Discharge Fee Policy Analysis: A Computable General Equilibrium (CGE) Model of Water Resources and Water Environments. *Water* 2016, 8, 413; doi:10.3390/w8090413, 2016.
- Fundação de Apoio à Universidade Federal de Viçosa (FUNARBE). Desenvolvimento de Matriz de Coeficientes Técnicos para Recursos Hídricos no Brasil. Relatório Final dos Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos das Atividades Industrial e Agricultura Irrigada. Fundação Banco do Brasil – FBB, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Fundação de Apoio à Universidade Federal de Viçosa – FUNARBE, Outubro, 2011.
- Guo, S., Shen, G. Q., Multiregional Input–Output Model for China’s Farm Land and Water Use, *Environmental Science and Technology*, vol. 49, no. 1, p. 403–414, 2015.
- Harou, J.J., Pulido-Velázquez, M., Rosenberg, D.E., Medellín-Azuara, J., Lund, J.R., Howitt, R.E., Hydroeconomic models: Concepts, design, applications, and future prospects. *Journal of Hydrology* 375: 627-643. 2009.
- Hoekstra, A. The relation between international trade and freshwater scarcity, WTO Staff Working Paper, No. ERSD-2010-05, World Trade Organization (WTO), Geneva, 2010.
- Horridge, M. ORANI-G: A Generic Single-Country Computable General Equilibrium Model. Edition prepared for Practical GE Modelling Courses held in Hunan, São Paulo and Melbourne, 2006.
- Horridge, M., Madden, J., Wittwer, G. Using a highly disaggregated multi-regional single-country model to analyse the impacts of the 2002–03 drought on Australia. *J. Policy Model* 27:285–308, 2005.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Contas econômicas ambientais da água: 2013-2015. ANA/MMA/IBGE/Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Contas nacionais n. 60 – ISSN 1415-9813, IBGE, 2018.
- _____. Sistema de Contas Nacionais (SCN). Tabela de Recursos e Usos para 68 setores, IBGE, 2015a.
- _____. Pesquisa de Produção Agrícola Municipal – PAM. Acessado em: , IBGE, 2015b.
- _____. Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM, IBGE, 2015c.
- _____. Pesquisa Industrial Anual - Produto - PIA-Produto, IBGE, 2015d.
- Letsoalo, A., Blignaut, J., de Wet, T., de Wit, M., Hess, S., Tol, R.S.J., van Heerden, J. Triple dividends of water consumption charges in South Africa. *Water Resources Research* 43: W05412. 2007.

Llop, M., Water reallocation in the input–output model, Ecological Economics, vol. 86, pp. 21-27, February 2013.

Naspolini, G., F., Ciasca, B., S., Visentin, J., C., La Rovere, E., L., Pereira Jr, A., O. Brazilian Environmental-Economic Accounting for Water: a Structural Decomposition Analysis, 14th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems. 14th SDEWES Conference, 2019.

Niemeyer, I., Garrido, A., Latin American Agricultural Trade: The Role of the WTO in Sustainable Virtual Water Flows . EAAE 2011 Congress, 2011.

Wittwer, G. (Ed.), Economic Modeling of Water: The Australian CGE Experience, 1 Global Issues in Water Policy vol. 3, DOI 10.1007/978-94-007-2876-9_1, Springer, 2012.

Zhang, Y., Tang, G., Chen, M., Wang, L. Virtual water flows in the international trade of agricultural products of China. Science of the Total Environment 557-558, 1-11, 2016.

ANEXO

QUADRO 1
Nomenclatura dos produtos e descrição

Nomenclatura dos produtos	Descrição dos produtos
ArrozTriCer	Arroz, trigo e outros cereais
MilhoGrao	Milho em grão
AlgFibTemp	Algodão herbáceo, outras fibras da lavoura temporária
Canadeacu	Cana-de-açúcar
SojaGrao	Soja em grão
OutTempor	Outros produtos e serviços da lavoura temporária
Laranja	Laranja
CafeGrao	Café em grão
OutPerman	Outros produtos da lavoura permanente
BovOutAni	Bovinos e outros animais vivos, produtos animal, caça e serviços
LeiteVacOut	Leite de vaca e de outros animais
Suinos	Suínos
AvesOvos	Aves e ovos
ProdExplSilv	Produtos da exploração florestal e da silvicultura
PescAgric	Pesca e aquicultura (peixe, crustáceos e moluscos)
CarvMinera	Carvão mineral
MinerNMet	Minerais não metálicos
PetrGasServ	Petróleo, gás natural e serviços de apoio
MinerFerro	Minério de ferro
MinMetNFER	Minerais metálicos não ferrosos
Carnes	Carnes
Acucar	Açúcar
FrutasLeg	Conservas de frutas, legumes, outros vegetais e sucos de frutas
Bebidas	Bebidas
Fumo	Produtos do fumo
Texteis	Textéis
ArtVestAces	Artigos do vestuário e acessórios
CalcCouro	Calçados e artefatos de couro
ProdMandei	Produtos de madeira, exclusive móveis
CelusPapel	Celulose e papel
SerlImpres	Serviços de impressão e reprodução
Combustiveis	Combustíveis
DiedelEtanol	Diesel e etanol
Quimicos	Químicos
DefensTintas	Defensivos agrícolas e desinfestantes domissanitários
PerfSabLimp	Perfumaria, sabões e artigos de limpeza
ProdFarm	Produtos farmacêuticos
BorrPlastic	Artigos de borracha e plástico
CimenCerVid	Cimento e vidro
FerroAco	Ferro e aço
PrMetNFER	Produtos metálicos não ferrosos
ProdMetal	Produtos de metal
MaqEleEquip	Material eletrônico e equipamentos de comunicações
MaqEletrodom	Materiais elétricos e eletrodomésticos
TratorOut	Tratores e outras máquinas agrícolas
AutoCamUti	Automóveis, camionetas e utilitários
PecasAutom	Peças e acessórios para veículos automotores
AeroEmbOut	AeroEmbOut
MoveisDiv	Móveis e Indústrias diversas
ManuRep	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos

EletGasOut	Eletricidade, gás e outras utilidades
AguaEsgRec	Água, esgoto, reciclagem e gestão de resíduos
Edificacoes	Edificações
InfraEstr	Obras de infraestrutura
ServContr	Serviços especializados para construção
ComAtaVar	Comércio por atacado e varejo
TranspCarga	Transporte terrestre de carga
TransPass	Transporte terrestre de passageiros
TransAere	Transporte aéreo
ArSAuxTrans	Armazenamento e serviços auxiliares aos transportes
CorreioEnt	Correio e outros serviços de entrega
SerAlojam	Serviços de alojamento em hotéis e similares
SerAlimen	Serviços de alimentação
LivrJorRevis	Livros, jornais e revistas
SerCineRad	Serviços cinematográficos, música, rádio e televisão
TelecomOut	Telecomunicações, TV por assinatura e outros serviços relacionados
DesSistOut	Desenvolvimento de sistemas e outros serviços de informação
IntFinaSeg	Intermediação financeira, seguros e previdência complementar
AlugEfet	Aluguel efetivo e serviços imobiliários
AlugImp	Aluguel imputado
SerJuridTab	Serviços jurídicos, contabilidade e consultoria
PeDesenv	Pesquisa e desenvolvimento
SerArqEng	Serviços de arquitetura e engenharia
PubOutTec	Publicidade e outros serviços técnicos
AluNImob	Aluguéis não imobiliários e gestão de ativos de propriedade intelectual
Condomin	Condomínios e serviços para edifícios
OutAdmin	Outros serviços administrativos
ServVigSeg	Serviços de vigilância, segurança e investigação
SerAdmPub	Serviços coletivos da administração pública
ServPrevid	Serviços de previdência e assistência social
EducPubl	Educação pública
EducPriv	Educação privada
SaudPublica	Saúde pública
SaudPrivada	Saúde privada
SerArtCultur	Serviços de artes, cultura, esporte e recreação
OrgPatrSind	Organizações patronais, sindicais e outros serviços associativos
ManComp	Manutenção de computadores, telefones e objetos domésticos
ServPess	Serviços pessoais
ServDom	Serviços domésticos

TABELA 1

Vazões de retirada e consumo de água por produto, adotadas no modelo, em hm³ para 2015

Produto (89 setores)	Vazão de Retirada (hm³)	Vazão de Consumo (hm³)
ArrozTriCer	13.718	6.808
MilhoGrao	30.988	24.974
AlgFibTemp	n.d.	n.d.
Canadeacu	2.859	2.556
SojaGrao	n.d.	n.d.
OutTempor	n.d.	n.d.
Laranja	1.600	1.266
CafeGrao	5.622	4.447
OutPerman	n.d.	n.d.
BovOutAni	4.054	3.243
LeiteVacOut	655	393
Suinos	204	122
AvesOvos	104	73
ProdExplSilv	n.d.	n.d.
PescAgric	n.d.	n.d.
CarvMinera	66	13
MinerNMet	147	33
PetrGasServ	n.d.	n.d.
MinerFerro	512	87
MinMetNFer	162	124
Carnes	414	88
Acucar	1.720	1.720
FrutasLeg	208	42
Bebidas	413	101
Fumo	4	1
Texteis	178	40
ArtVestAces	114	21
CalcCouro	253	40
ProdMandei	22	5
CelusPapel	574	95
SerImpres	7	1
Combustiveis	160	32
DiedelEtanol	811	811
Quimicos	141	63
DefensTintas	44	13
PerfSablLimp	21	10
ProdFarm	20	4
BorrPlastic	37	8
CimenCerVid	105	49
FerroAco	242	57
PrMetNFer	193	39
ProdMetal	46	22
MaqEleEquip	9	2
MaqEletrodom	12	2
TratorOut	27	5
AutoCamUti	18	3
PecasAutom	15	4
AeroEmbOut	46	9
MoveisDiv	69	14
ManuRep	10	2

EletGasOut	3.114.293	101
AguaEsgRec	47.085	2.270
Edificacoes	-	-
InfraEstr	-	-
ServContr	-	-
ComAtaVar	-	-
TranspCarga	-	-
TransPass	-	-
TransAere	-	-
ArSAuxTrans	-	-
CorreioEnt	-	-
SerAlojam	-	-
SerAlimen	-	-
LivrJorRevis	-	-
SerCineRad	-	-
TelecomOut	-	-
DesSistOut	-	-
IntFinaSeg	-	-
AlugEfet	-	-
AlugImp	-	-
SerJuridTab	-	-
PeDesenv	-	-
SerArqEng	-	-
PubOutTec	-	-
AluNImob	-	-
Condomin	-	-
OutAdmin	-	-
ServVigSeg	-	-
SerAdmPub	-	-
ServPrevid	-	-
EducPubl	-	-
EducPriv	-	-
SaudPublica	-	-
SaudPrivada	-	-
SerArtCultur	-	-
OrgPatrSind	-	-
ManComp	-	-
ServPess	-	-
ServDom	-	-

TABELA 2
Resultados das simulações de impacto sobre o uso de água

Produto	Exportação (m³/R\$)		Consumo familiar (m³/R\$)	
	Retirada	Consumo	Retirada	Consumo
ArrozTriCer	2,606	0,660	0,288	0,009
MilhoGrao	2,085	0,703	0,316	0,007
AlgFibTemp	1,359	0,017	0,010	0,000
Canadeacu	-	-	0,003	0,001
SojaGrao	1,240	0,016	0,008	0,001
OutTempor	1,265	0,016	-0,003	-0,001
Laranja	1,532	0,231	0,132	0,001
CafeGrao	1,152	0,204	0,062	0,002
OutPerman	1,259	0,016	0,001	-0,001
BovOutAni	1,454	0,079	0,047	0,003
LeiteVacOut	-	-	0,023	0,003
Suinos	1,406	0,046	0,022	0,003
AvesOvos	1,393	0,036	0,012	0,003
ProdExplSilv	1,078	0,017	0,002	-0,003
PescAgric	1,104	0,018	-0,002	-0,003
CarvMinera	1,459	0,022	-	-
MinerNMet	1,417	0,014	-	-
PetrGasServ	0,822	0,012	-	-
MinerFerro	1,235	0,016	-	-
MinMetNFer	1,376	0,020	-	-
Carnes	1,157	0,037	0,016	0,001
Acucar	1,025	0,083	0,024	0,000
FrutasLeg	1,183	0,061	0,017	0,001
Bebidas	1,069	0,020	0,005	-0,001
Fumo	1,147	0,015	0,010	0,001
Texteis	1,312	0,010	0,005	0,002
ArtVestAces	0,812	0,009	0,005	0,000
CalcCouro	0,888	0,012	0,006	0,000
ProdMandei	1,268	0,011	0,006	0,001
CelusPapel	1,265	0,012	0,006	0,001
SerImpres	0,837	0,009	0,002	-0,001
Combustiveis	0,721	0,012	0,004	-0,001
DiedelEtanol	0,785	0,022	0,009	0,000
Quimicos	1,257	0,010	0,005	0,002
DefensTintas	0,917	0,011	0,008	0,001
PerfSabLimp	0,873	0,012	0,006	0,000
ProdFarm	0,841	0,011	0,004	-0,001
BorrPlastic	1,092	0,008	0,007	0,002

Produto	Exportação (m³/R\$)		Consumo familiar (m³/R\$)	
	Retirada	Consumo	Retirada	Consumo
CimenCerVid	1,687	0,011	0,005	0,002
FerroAco	1,421	0,012	0,005	0,001
PrMetNfer	1,769	0,013	0,005	0,002
ProdMetal	1,053	0,010	0,006	0,001
MaqEleEquip	0,508	0,006	0,006	0,000
MaqEletrodom	0,920	0,009	0,005	0,000
TratorOut	0,782	0,008	0,008	0,001
AutoCamUti	0,752	0,008	0,007	0,000
PecasAutom	1,036	0,008	-	-
AeroEmbOut	0,760	0,008	0,007	0,000
MoveisDiv	0,928	0,011	0,004	0,000
ManuRep	0,754	0,009	0,008	0,000
EletGasOut	-	-	-0,005	0,112
AquaEsgRec	-	-	0,039	0,013
Edificacoes	0,856	0,011	-	-
InfraEstr	-	-	-	-
ServContr	0,869	0,012	-	-
ComAtaVar	1,004	0,012	-0,003	-0,002
TranspCarga	0,779	0,013	0,005	-0,001
TransPass	0,775	0,012	0,005	-0,001
TransAere	0,580	0,008	0,010	0,000
ArSAuxTrans	0,819	0,010	0,004	-0,001
CorreioEnt	0,821	0,010	0,003	-0,002
SerAlojam	1,485	0,012	0,011	0,002
SerAlimen	0,914	0,017	0,008	0,000
LivrJorRevis	0,757	0,009	0,003	-0,001
SerCineRad	0,842	0,010	0,004	-0,002
TelecomOut	1,037	0,013	0,001	-0,003
DesSistOut	0,734	0,010	0,003	-0,001
IntFinaSeg	0,884	0,013	-0,003	-0,005
AlugEfet	-	-	-0,025	-0,013
AlugImp	-	-	-0,053	-0,022
SerJuridTab	0,819	0,012	0,004	-0,002
PeDesenv	-	-	-	-
SerArqEng	0,735	0,011	0,009	-0,001
PubOutTec	0,831	0,012	0,002	-0,003
AluNImob	0,865	0,013	0,010	0,000
Condomin	1,108	0,010	0,005	0,001
OutAdmin	1,106	0,010	0,006	0,001
ServVigSeg	-	-	0,007	-0,002
SerAdmPub	-	-	-	-

Produto	Exportação (m³/R\$)		Consumo familiar (m³/R\$)	
	Retirada	Consumo	Retirada	Consumo
ServPrevíd	-	-	-	-
EducPubl	-	-	-	-
EducPriv	0,796	0,007	0,006	0,001
SaudPublica	-	-	-	-
SaudPrivada	0,812	0,011	0,004	-0,001
SerArtCultur	1,059	0,011	0,006	0,000
OrgPatrSind	-	-	0,007	0,002
ManComp	-	-	-	-
ServPess	-	-	-	-
ServDom	-	-	-	-