

**AS RELAÇÕES INTERSETORIAIS DOS RECURSOS HÍDRICOS NA ECONOMIA
BRASILEIRA***

Marco Antonio Montoya

Doutor em Economia Aplicada. Professor Titular da Universidade de Passo Fundo. Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Ciência Econômicas Administrativas e Contábeis (UPF/FEAC), Campus I
E-mail: montoya@upf.br

Eduardo Belisário Finamore

Doutor em Economia Aplicada. Professor Titular da Universidade de Passo Fundo (UPF)
E-mail: ebfina@gmail.com

RESUMO: O artigo avalia as relações intersetoriais que se estabelecem entre os fluxos da água e as atividades econômicas da economia brasileira. Para isso, foi construído um modelo insumo-produto ecológico que incorpora um vetor ambiental de fluxos físicos do uso e do consumo de água em cada setor. Os indicadores de encadeamentos setoriais evidenciaram que o setor eletricidade estimula fortemente o uso de água no país e o setor agropecuário, o maior consumo de água. Verificou-se que pouco mais de um terço da água consumida pelas atividades econômicas do país são exportadas, principalmente por meio da agropecuária de exportação que responde por 88,79% da “água virtual”.

Palavras-chave: Insumo-produto; Setor água; Produção setorial; Meio ambiente.

Classificação JEL: C67; Q25; E23; Q50.

**THE INTERSECTORAL RELATIONSHIPS OF WATER RESOURCES IN THE
BRAZILIAN ECONOMY**

ABSTRACT: The article evaluates the intersectoral relations that are established between water flows and the economic activities of the Brazilian economy. For this, an ecological input-product model was built that incorporates an environmental vector of physical flows of water use and consumption in each sector. Sectoral linkage indicators showed that the electricity sector strongly encourages water use in the country and the agricultural sector the highest water consumption. Just over one third of the water consumed by the country's economic activities is exported. Mainly through export agriculture that accounts for 88.79% of “virtual water”.

Keywords: Input-output; Water sector; Sectoral production; Environment.

JEL Codes: C67; Q25; E23; Q50.

1. Introdução

O Brasil é um país que possui uma das maiores reservas de água doce (12%) do planeta, sendo um componente-chave para as atividades econômicas e um elemento vital para o bem-estar da população (PENA, 2018). Nas atividades econômicas, a água contribui permanentemente com o crescimento econômico do país, na medida em que é utilizada para o consumo humano e animal, produção de alimentos, como insumo de processos produtivos da indústria da mineração e da indústria de transformação, bem como é usada na geração de energia elétrica, navegação, turismo e lazer, ou como local para descarte e diluição de afluentes domésticos e industriais. Cabe salientar que, no sistema econômico, segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2018), o uso total da água considera toda a água retirada do meio ambiente e das atividades econômicas para ser utilizada pelos setores produtivos e pelas famílias. Já o consumo total de água constitui a parcela da água retirada para uso que não retorna ao ambiente, pois, durante o uso, foi incorporada nos produtos, consumida pelas famílias ou rebanhos.

Nesse sentido, não é difícil imaginar que, com a expansão das atividades econômicas, necessariamente aumenta a demanda de água para o uso e o consumo dos diversos setores produtivos da economia do país e, com isso, aumenta também os temores sobre a exploração dos recursos hídricos que degradem o meio ambiente. Razão pela qual a comunidade internacional e as autoridades ambientais vêm questionando de forma crescente sobre a necessidade de adequar os processos produtivos e o consumo das famílias com a preservação do meio ambiente.

Embora a água seja um recurso abundante no Brasil, muito se tem discutido sobre sua escassez em algumas regiões, seu mal-uso e, principalmente, sua exploração que degrada o meio ambiente como os fatores de maior probabilidade de risco para o crescimento econômico sustentável. Todavia, uma questão de suma importância e ainda pouco discutida de forma empírica no país é: dada a interação da água com o sistema econômico, quais são as relações intersetoriais insumo-produto que se estabelecem entre os fluxos de água e os setores produtivos? De que maneira os componentes da demanda final afetam o uso e o consumo da água nos diversos setores da economia? Certamente, respostas sobre o uso e o consumo setorial da água no fluxo circular da economia tornam-se necessárias para entender de que maneira o sistema econômico impacta o meio ambiente no país.

Em razão da falta de evidência empírica sobre essa problemática, a ANA, em 2018, divulgou os primeiros resultados das Contas Econômicas da Água (CEAA) para os períodos de 2013 a 2015. Tais informações descrevem de forma integrada a interação entre a economia e os fluxos de água, o que possibilita uma avaliação sistêmica das relações intersetoriais da água nos processos de produção e de consumo do país. Assim, considerando que o Modelo Insumo-Produto (MIP) tem a capacidade de retratar as relações setoriais em diferentes níveis de complexidade, acredita-se, nesta pesquisa, que ele é um instrumento adequado para avaliar as relações setoriais do uso e do consumo de água na economia brasileira.

O presente artigo, com base na inserção de um vetor linha ambiental no modelo insumo-produto, que registra em 2015 os fluxos físicos do uso e do consumo total da água das atividades produtivas do Brasil, tem como objetivo avaliar os requerimentos e os multiplicadores setoriais, os setores-chave, bem como os impactos dos componentes da demanda final sobre o uso e o consumo de água em cada setor produtivo. Com isso, espera-se fornecer subsídios para entender a abrangência dos fluxos de água com os diferentes setores determinantes do crescimento econômico do país, bem como, a partir da identificação dos setores que exercem maior pressão sobre os recursos hídricos, fornecer subsídios para a construção e a implementação de políticas públicas ambientais relacionadas ao uso e ao consumo de água nos próximos anos.

Este artigo, além desta introdução, está dividido da seguinte maneira: na seção 2, é feita uma breve revisão de alguns aspectos conceituais inerentes à análise ambiental da água bem como de estudos que avaliam, no Brasil, os recursos hídricos que utilizam modelos insumo-produto; na seção 3, é apresentado o modelo insumo-produto ecológico que incorpora os fluxos de água, os procedimentos para identificar os requerimentos setoriais de água, os multiplicadores, os

encadeamentos relevantes, bem como as relações entre o uso e o consumo de água com os componentes da demanda final; a seção 4 caracteriza os estoques e os fluxos setoriais da água na economia brasileira; a seção 5 avalia os requerimentos e os multiplicadores de água; a seção 6 identifica, por meio de índices de ligações e de coeficientes de dispersão, os setores-chave no uso e no consumo de água; a seção 7 analisa o uso e o consumo induzido pelos componentes da demanda final; na última seção, são apresentadas as principais conclusões obtidas no decorrer da análise.

2. Revisão bibliográfica

A seguir, apresenta-se uma breve revisão de alguns aspectos conceituais clássicos e modernos inerentes à análise ambiental da água bem como dos modelos insumo-produto utilizados para avaliar os recursos hídricos no sistema econômico.

2.1 Os recursos hídricos nos modelos insumo-produto

A importância de avaliar os recursos hídricos está associada aos riscos e às incertezas ambientais decorrentes da escassez de água doce *versus* o crescente consumo de água no sistema econômico. A expansão da atividade econômica e da população nas nações e a maior necessidade de recursos hídricos destacam-se como problemas de maior probabilidade de risco para o desenvolvimento sustentável. Avaliar o volume de água que é usada e incorporada nos produtos e serviços torna-se, por conseguinte, premente para a melhor gestão dos recursos hídricos de um país.

Cabe salientar, entretanto, que uma séria limitação da análise de impactos ambientais é a tendência a lidar isoladamente com cada produto ou setor (indústria), sem reconhecer a importância das relações setoriais. Embora não seja difícil conceber a existência dessas relações econômicas, no mundo real, elas tendem a ser bastante complexas, envolvendo vários grupos de produtos e de setores, diferentes formas de encadeamentos e várias hierarquias de ramificações. O modelo insumo-produto de Leontief (1970) tem a capacidade de retratar essas relações em diferentes níveis de complexidade; assim sendo, é uma ferramenta que vem sendo utilizada para avaliar problemas relacionados ao meio ambiente, visto que recursos como terra, energia e água, dentre outros, são incorporados na produção de bens e serviços. Em particular, para avaliar os recursos hídricos no sistema econômico, tradicionalmente são utilizados indicadores insumo-produto clássicos, tais como índices de ligações setoriais, requerimentos de água por unidade produzida, multiplicadores, etc., bem como simuladores para analisar problemas de impacto econômico-ambiental.

Em analogia à pegada ecológica, como medida da apropriação humana das áreas biologicamente produtivas, Hoekstra e Huang (2002) introduziram o conceito de pegada hídrica como um indicador do volume total de água doce incorporada (consumida) no processo de produção de bens e serviços finais de um país. Todavia, considerando que muitos dos produtos finais são consumidos no mercado doméstico e outros no mercado internacional, Allan (1998), ao avaliar as commodities agrícolas, introduz o conceito de água virtual como o volume de água incorporada nos produtos comercializados no mercado internacional. Assim, ao estimar o volume de água incorporada, existe uma relação complementar entre a pegada hídrica e o conceito de água virtual, razão pela qual, na literatura, a pegada hídrica também é definida como o volume de “água virtual” ou “água incorporada” nos bens e serviços finais consumidos pelos indivíduos e pelas nações. No modelo insumo-produto, rapidamente foi incorporada esta nova categoria de análise, os cálculos da água virtual e a pegada hídrica decorrem dos coeficientes de água direto e total do sistema econômico. Por consequência, a pegada hídrica pode ser derivada da multiplicação do coeficiente total de água pela demanda final do país ou região; desse modo, o consumo da água é captado de forma sistêmica no processo circular da economia (ZHAO et al., 2009; ZHANG et al., 2011).

Nesse contexto, segundo Hoekstra *et al.* (2009), a pegada hídrica total está composta pela somatória da pegada hídrica verde, azul e cinza. A pegada hídrica verde representa a água proveniente da chuva, que não é retirada nem armazenada pelos mananciais, mas, sim, armazenada

temporariamente na superfície no solo úmido ou vegetação. Ela representa o volume de água da chuva consumida ou incorporada nos produtos durante o processo de produção. A pegada hídrica azul está constituída pelas águas superficiais (rios, córregos, reservatórios artificiais, lagos e geleiras) e subterrâneas (aquíferos), que são consumidas ou incorporadas no processo de produção de um bem. Já a pegada hídrica cinza é aquela que se tornou poluída durante o processo produtivo, sendo definida como a quantidade de água necessária para diluir a carga de poluentes a níveis aceitáveis, estabelecidos nos padrões de qualidade e de potabilidade existentes.

Considerando essas categorias conceituais, para avaliar o impacto ambiental decorrente dos fluxos hídricos no sistema econômico, por exemplo, Dietzenbacher e Velazquez (2007) utilizam o modelo insumo-produto inter-regional para avaliar na Andaluzia, Espanha, o comércio virtual regional. Nessa linha de análise, Zhang et al. (2011) utilizam o modelo insumo-produto inter-regional de Pequim, China, para mensurar a pegada hídrica e o comércio virtual entre regiões do mesmo país. Os resultados apontam que o país possui abundantes recursos hídricos e o consumo regional de água virtual é concentrado. Já Zhi et al. (2014) utilizam o modelo insumo-produto para estimar a pegada hídrica nacional da China bem como o comércio de água virtual no mercado internacional. Ficou evidente, na balança comercial, um saldo líquido exportador de água virtual, influenciado, principalmente, pelos setores têxtil e vestuário.

Nesses trabalhos, a pegada hídrica nacional está composta pelos recursos hídricos de origem nacional e origem importada incorporada na produção dos bens e serviços finais do país. Assim sendo, a água incorporada nos produtos exportados não é considerada, na medida em que ela faz parte da pegada hídrica de outras nações.

Para a economia brasileira, em função da falta de dados que integrem os recursos hídricos com as atividades econômicas, Picoli (2016) inicialmente estima o consumo total de água verde na agricultura e de água azul na indústria, para logo, por meio do modelo insumo-produto para o ano de 2009, avaliar setorialmente a pegada hídrica verde e azul. O consumo de água total, em nível setorial, destaca como as mais relevantes as atividades da Soja, Cana-de-açúcar, Fabricação de óleos vegetais. Já em termos agregados, evidenciam que 38% de toda água consumida na economia está incorporada nos produtos destinados à exportação, representando a soja 49% deste total. O Consumo das famílias representa 58%, e o consumo da administração pública e formação bruta de capital, juntos, 4%. Cabe salientar que, quando se estima a pegada hídrica verde ou azul no modelo insumo-produto é necessário considerar a água embutida nos produtos importados destinados como insumos para a demanda intermediária e como produtos para a demanda final. Entretanto, como isso não foi levado em conta, a água virtual nas pegadas ficou subestimada, em particular nos produtos industrializados; na verdade, o trabalho avalia o consumo de água induzido pela demanda final.

Considerando que algumas regiões do Brasil enfrentam escassez de água devido à distribuição espacial da água diferir da concentração regional de atividades econômicas, Visentin e Guilhoto (2019), a partir da construção de um modelo insumo-produto inter-regional para o ano de 2009, identificam as principais regiões e os setores que utilizam água virtual azul, bem como avaliam o padrão de exploração regional da água no Brasil. Entre os principais resultados, a bacia hidrográfica Tietê foi identificada como a responsável pelo maior uso de água azul virtual, enquanto a bacia hidrográfica Litoral, como sendo um importante fornecedor de água virtual. Esses resultados sugerem também que o comércio inter-regional da água virtual azul prejudica o abastecimento local de água em algumas regiões.

Por sua vez, Ussami e Guilhoto (2018) avaliam a dependência econômica e hídrica entre as regiões do Estado de São Paulo. Para isso, estimam um modelo insumo-produto inter-regional para o ano de 2009, no qual os coeficientes do uso de água estimados levam em consideração as características endo-climáticas de suas regiões. Os resultados mostram nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo e do resto do Brasil que, apesar de a região do Alto Tietê apresentar, em termos econômicos, superávit comercial, ela evidencia simultaneamente um déficit comercial de água virtual, na medida em que os bens que importa são mais intensivos no uso da água do que os bens que exporta. Embora o modelo utilizado incorpore a distribuição espacial dos recursos hídricos, em função da indisponibilidade de dados, a pesquisa, ao

trabalhar somente com a captação da água, abandona a categoria de análise da pegada hídrica e foca sua avaliação especificamente nos fluxos de água usados nas regiões e no resto do país.

Na falta de dados oficiais que combinem informações hidrológicas e econômicas, em geral, verifica-se que os trabalhos desenvolvidos para a economia brasileira são o resultado de estimativas que descrevem a interação entre os fluxos de água e as atividades econômicas. Embora as informações geradas sejam de extrema relevância ao mensurar a contribuição dos recursos hídricos para os processos produtivos das atividades econômicas, elas, além de datar para o ano de 2009, em suas estimativas, não levam em consideração de forma sistêmica os fluxos de água usados e consumidos na economia brasileira. Desse modo, no fluxo circular do sistema econômico, não estão concatenados o uso total de água - composto pela retirada total de água do meio ambiente mais a água proveniente de outras atividades que circula dentro do próprio sistema econômico -, à água que retorna ao meio ambiente após ser usada e à água consumida (incorporada) nos produtos das atividades econômicas que não retorna ao meio ambiente.

A respeito, a Agência Nacional de Águas do Brasil (ANA), no ano de 2018, disponibilizou os primeiros resultados das Contas Econômicas da Água (CEAA) para os anos de 2013, 2014 e 2015. Os dados das Tabelas de Recursos e Usos Hídricos descrevem de forma integrada a interação entre a economia e o meio ambiente, possibilitando mensurar a contribuição da água para os processos de produção das atividades econômicas e para o consumo das famílias, bem como os impactos do sistema econômico sobre os estoques de recursos hídricos. As informações das CEAA foram compiladas segundo as recomendações metodológicas internacionais do *System of Environmental-Economic Accounting for Water* (SEEA-Water), desenvolvida e publicada pela Divisão de Estatísticas das Nações Unidas (*United Nations Statistics Division* - UNSD).

Com os novos dados das CEAA e o modelo insumo-produto do ano de 2015, Finamore e Montoya (2019) avaliam a evolução dos estoques de água subterrânea e artificiais, bem como o fluxo circular da água no Brasil. Para atender à crescente demanda de água e corrigir a distribuição natural das chuvas e dos rios, as informações geradas evidenciam a necessidade de políticas públicas sobre o dimensionamento, localização e construção de reservatórios artificiais. Os indicadores também evidenciaram na agropecuária eficiência no consumo de água e no agronegócio eficiência no uso da água não *consuntivo*.

Com fins de mensurar o uso e o consumo de água no agronegócio brasileiro, bem como avaliar, em suas atividades, o nível de eficiência e intensidade da água com relação à renda e ao emprego, Montoya e Finamore (2019), desagregam o setor indústria de transformação das CEAA, em setor indústria e setor agroindústria. Os resultados por meio do modelo insumo-produto do ano de 2015, apontam que as atividades do agronegócio respondem por 18,85% do uso da água e por 90% do consumo da água do país. Os melhores índices de eficiência e de intensidade na geração de renda e de emprego destacaram, no uso da água, a agroindústria e, no consumo da água, os agrosserviços. As taxas de consumo e as taxas de retorno da água ao meio ambiente evidenciam que os alimentos *in natura* e processados incorporam grandes volumes de água.

Nesse contexto, a utilização conjunta das matrizes insumo-produto do país com a nova base de dados dos recursos e usos hídricos possibilita, neste artigo, que se desenvolva uma avaliação sistêmica dos fluxos da água nas relações intersetoriais da economia do país. Em particular, espera-se, pela metodologia de compilação dos dados das CEAA, poder diferenciar de forma direta e indireta, para cada setor da economia brasileira, quanto de água é usada para produzir um produto e quanto dessa água é incorporada (consumida) no mesmo produto, identificar as ligações setoriais relevantes da água, os multiplicadores, os setores-chave e avaliar de que maneira os componentes da demanda final induzem o maior uso e consumo de água nos setores produtivos, visto que são indicadores clássicos necessários para uma melhor gestão dos recursos hídricos do país.

Cabe salientar que a ANA, em seu primeiro relatório de resultados com base nas Tabelas de Recursos e Usos, disponibiliza, dentre outros, indicadores híbridos de eficiência que relacionam de forma direta nas atividades econômicas, unidades de renda com volumes de água usados e consumidos (R\$/m³); desse modo, os indicadores não levam em consideração os requerimentos indiretos de água das atividades produtivas. Assim, com a análise intersetorial insumo-produto

proposta nesta pesquisa, pretende-se também complementar as informações inéditas das CEAA, até porque o uso e o consumo de água ocorre de duas maneiras: de forma direta, quando alguém abre a torneira para realizar atividades produtivas e/ou domésticas; e de forma indireta, por intermédio da aquisição de insumos e bens de consumo finais (matéria-prima, vestuário, produtos alimentícios, etc.). O problema do uso e do consumo indireto de água é que ela passa despercebida pelas pessoas por ser “invisível”; por conseguinte, ignoram-se as enormes quantidades de água usadas e consumidas (embutidas) ao longo dos processos de produção de bens e serviços no país.

3. Metodologia

Nas atividades econômicas, as relações setoriais tendem a ser bastante complexas, envolvendo vários grupos de setores, diferentes formas de encadeamentos e várias hierarquias de ramificações. O modelo insumo-produto desenvolvido por Leontief (1970) tem a capacidade de retratar essas relações em diferentes níveis de complexidade e pode ser estendido para avaliar, no caso desta pesquisa, o uso e o consumo setorial da água em virtude de incorporar um vetor linha que registra os fluxos físicos da água para o uso e o consumo dos setores do sistema econômico.

3.1 Modelo insumo-produto em unidades monetárias

Os fluxos intersetoriais do modelo de insumo-produto podem ser representados da seguinte maneira. A equação (1) mostra que a soma da demanda intermediária e da demanda final é igual a demanda total do produto do setor i . A equação (2) mostra que o consumo intermediário mais as contribuições dos fatores de produção (Valor Adicionado) é igual a produção bruta do setor j . Finalmente, a equação (3) mostra a condição de equilíbrio entre a oferta e a demanda para cada um dos setores produtivos da economia.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{s=1}^n Y_{is} = X_i \quad (1)$$

Demanda intermediaria + Demanda final = Demanda Total

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} + \sum_{r=1}^n V_{rj} = X_j \quad (2)$$

Consumo intermediário + Fatores primários (Valor adicionado) = Oferta Total

$$X_i = X_j \quad (3)$$

Demanda Total = Oferta Total

No modelo de insumo-produto, supõe-se que os coeficientes de produção são fixos; desse modo, os requerimentos de insumos intermediários têm uma participação fixa em relação à produção bruta dos setores. Os coeficientes técnicos (a_{ij}) representam a quantidade do produto do setor i requerida para produzir uma unidade do produto do setor j . Assim:

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} \quad \text{ou} \quad X_{ij} = a_{ij}X_j \quad (4)$$

Substituindo a equação (4) na equação (1), e fazendo $\sum_{s=1}^n Y_{is} = Y_i$, obtém-se o sistema de equações (5).

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + Y_i = X_i \quad (5)$$

A solução do modelo insumo-produto clássico para estudar as interdependências dos setores de uma economia pode ser expressa matricialmente pelas equações (6), cuja solução é dada pela equação (7):

$$AX + Y = X \quad \text{ou} \quad X - AX = Y \quad (6)$$

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (7)$$

Os coeficientes da matriz inversa de Leontief $(I - A)^{-1}$ são chamados de requerimentos totais de produção, ou seja, os requerimentos diretos e indiretos de produção. Eles indicam, em unidades monetárias, as mudanças na produção setorial necessárias para atender a uma determinada variação da demanda final. Note-se que a demanda final do modelo é exógena, o que permite que se analisem de forma sistêmica o perfil da estrutura de transações, os efeitos multiplicadores decorrentes da demanda final, diferentes tipos de problemas que envolvem programas de investimentos, aumento do consumo, tributação, mudança tecnológica etc.

Existem várias extensões possíveis da análise de insumo-produto, dentre as quais está a hipótese de incorporar unidades físicas ao modelo para avaliar a dimensão ambiental. Segundo Montoya e Finamore (2019), quando os fluxos monetários (vetor linha) de um setor são substituídos na matriz de transações interindustriais por unidades físicas, o modelo é conhecido como insumo-produto híbrido. A vantagem dessa abordagem, que incorpora as unidades físicas “por dentro do modelo”, pressupõe que os fatores de conversão e os preços sejam diferentes entre os setores, o que torna o modelo consistente. Já, quando as unidades físicas são inseridas, por meio de um vetor linha, como parte dos fatores primários, são conhecidas como modelos insumo-produto ecológicos. A vantagem desse procedimento que incorpora as unidades físicas “por fora do modelo” permite, de maneira convencional, calculando a inversa de Leontief, converter as unidades monetárias em unidades físicas. Contudo, pressupõe que os fatores de conversão sejam os mesmos entre os setores e que os preços sejam os mesmos para os vários setores que a utilizam.

3.2 Modelo insumo-produto ecológico

A inserção da dimensão ambiental na matriz de insumo-produto foi efetivada pela inserção de um vetor linha $H_{(nx1)}$, no lado dos fatores primários que registra os fluxos físicos do uso total da água e do consumo total da água das atividades produtivas estimada pela ANA (2018).

3.2.1 Requerimentos de água no modelo ecológico aberto

Na estrutura da matriz de insumo-produto, o cálculo dos requerimentos de água total em unidades físicas, às vezes chamados intensidade de água, é análogo ao cálculo do modelo tradicional de insumo-produto de Leontief em unidades monetárias. Assim, para obter a matriz de requerimentos diretos de água e a matriz de requerimentos totais de água, é necessário converter as unidades monetárias de A e $(I - A)^{-1}$ em unidades físicas, por intermédio de uma matriz de coeficientes técnicos da água.

Os coeficientes técnicos (h_i) representam a quantidade de água do setor i requerida para produzir uma unidade do produto do setor j . Assim:

$$h_i = \frac{H_{ij}}{X_j} \quad (8)$$

Diagonalizando o vetor dos coeficientes de água, obtém-se a matriz de coeficientes de água $\hat{h}_{(n \times n)}$, que, ao multiplicar as matrizes de requerimentos diretos e de requerimentos totais, convertem as unidades monetárias do modelo em unidades físicas, o que permite calcular setorialmente a intensidade do uso e do consumo de água.

Logo, os coeficientes representam os requerimentos diretos (δ) e os requerimentos totais de água (α):

$$\delta = \hat{h}A \tag{9}$$

$$\alpha = \hat{h}(I - A)^{-1} \tag{10}$$

Os requerimentos indiretos de água (γ) são obtidos da diferença entre diretos δ e totais α :

$$\gamma = \hat{h}[(I - A)^{-1} - A] \tag{11}$$

3.2.2 Multiplicadores de água

Quando os efeitos de multiplicação se restringem somente à demanda intermediária do insumo de água, eles são chamados de multiplicadores tipo I. O multiplicador de água tipo I (ME_j^I) obtém-se por meio da divisão direta dos requerimentos totais de cada setor (10) com cada elemento correspondente do vetor linha de coeficientes técnicos da água (h_i) na equação (8) ou na forma de impactos; conforme Montoya e Pasqual (2015), pela divisão direta dos requerimentos totais pelos requerimentos diretos da equação (9); desse modo:

$$ME_j^I = \sum_i \alpha_i \div h_i \quad \text{ou} \quad ME^I = \alpha \div \delta \tag{12}$$

3.2.3 Índices de encadeamento e seus coeficientes de dispersão

Os índices de ligações de Rasmussen (1956) e Hirschman (1958) permitem identificar os setores que teriam maior poder de encadeamento dentro da economia. Os índices de ligações para trás dizem o quanto um setor demanda dos outros, e os índices de ligações para frente dizem o quanto esse setor é demandado pelos outros. Assim, valores maiores que 1 indicam setores acima da média e, portanto, setores-chave para o crescimento da economia.

A fim de complementar esses índices, pode-se associar a cada um deles os coeficientes de dispersão de Bulmer (1982). Um valor baixo de dispersão significa que o impacto de uma variação da produção em um dado setor estimularia os outros setores de uma maneira uniforme, enquanto um valor alto de dispersão significaria que o estímulo seria concentrado em poucos setores. Desse modo, a partir da equação (10), define-se b_{ij} como sendo um elemento da matriz inversa de Leontief em unidades físicas de água $\hat{h}(I - A)^{-1}$ ou simbolizado também como B ; sendo B^* a média de todos os elementos de B ; B_{*j} e B_{i*} como sendo, respectivamente, a soma de uma coluna e de uma linha típica de B . Temos então que os índices serão:

Índices de ligações para trás

$$U_j = [B_{*j}/n]/B^* \tag{13}$$

Dispersão dos índices de ligações para trás

$$V_j = \frac{\sqrt{\frac{\sum_i^n (b_{ij} - \frac{B_{*j}}{n})^2}{(n-1)}}}{\frac{B_{*j}}{n}} \quad (14)$$

Índices de ligações para frente

$$U_i = [B_{i*}/n]/B^* \quad (15)$$

Dispersão dos índices de ligações para frente

$$V_i = \frac{\sqrt{\frac{\sum_j^n (b_{ij} - \frac{B_{i*}}{n})^2}{(n-1)}}}{\frac{B_{i*}}{n}} \quad (16)$$

3.2.4 O uso e o consumo de água induzido pelos componentes da demanda final

Para calcular os efeitos derivados dos componentes da demanda final sobre o uso e o consumo setorial da água, ou seja, o vetor que contém a água induzida em j pelo componente k da demanda final (H_j^k), utiliza-se a equação (17).

$$H_j^k = \hat{h}(I - A)^{-1}Y_{kj} \quad (17)$$

com k_j = exportação, gastos do governo, consumo das famílias e investimentos, alternativamente.

Estabelecidos os montantes do uso e do consumo setorial induzido, é possível também estabelecer, conforme Montoya et al. (2014), os níveis de dependência ou incidência setorial na produção (H_i^k) do i -ésimo setor pelo k -ésimo componente da demanda final; assim:

$$H_i^k = H_{ik}/H_i \quad (18)$$

em que H_{ik} representa a água induzida em i pelo componente k da demanda final; H_i representa o total de a água induzida em i . Com esses cálculos, é possível examinar e distinguir o grau de influência que cada componente da demanda final exerce sobre o uso e o consumo de água.

3.3 Base de dados

Os dados econômicos utilizados, nesta pesquisa, foram extraídos das Matrizes de Insumo-Produto (MIP) de 2015, elaboradas a partir das Contas Nacionais n. 62, fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018b). Já os dados sobre a água foram extraídos das Contas Econômicas Ambientais da Água (CEAA) de 2015, elaboradas com base nas Contas Nacionais n. 60, fornecidas pelo IBGE (2018a), com informações das Tabelas de Recursos e Usos Físicas construídas de acordo com o SEEA-Water e com informações de produção, consumo Intermediário e consumo Final.

Embora as CEAA e as MIP apresentem setores compatíveis com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) 2.0 do IBGE, o nível de agregação é diferente. Enquanto as CEAA apresentam uma Tabela de Recursos e Usos composta por sete fluxos hídricos e seis setores ou atividades econômicas em unidades físicas, a Tabela de Recursos e usos das MIP apresenta 127 produtos e 67 setores consumidores em unidades monetárias. Em decorrência disso, a compatibilização das informações gera apenas seis setores e/ou atividades – um reduzido número de

setores e/ou atividades consumidoras, o que limita os resultados e as análises do sistema. Contudo, em termos agregados, a nova base de dados disponibilizada pelas CEAA permite avaliar, na economia brasileira, a contribuição dos fluxos de água nos processos de produção da demanda intermediária e no consumo dos componentes da demanda final.

Para a compilação das matrizes, adotou-se o modelo de tecnologia do setor cuja hipótese central é que a tecnologia é uma característica das atividades, em que cada setor produz um único produto. Assim sendo, na estrutura do modelo insumo-produto, cada setor representa apenas a produção de um único produto.

Com fins de diferenciar os resultados da pesquisa de acordo com o uso e o consumo da água no sistema produtivo, foram construídos dois modelos ecológicos: um que considera o uso de água em cada setor, o que permite determinar quanto de água é utilizada para produzir um produto; e outro modelo que considera o consumo de água em cada setor, o que permite mensurar quanto de água é incorporada em cada produto. Certamente, a diferença entre o uso de água e o consumo de água no sistema econômico representará a água que retorna ao meio ambiente. As informações das MIP estão a preços básicos e em milhões de reais de 2015, e as informações físicas das CEAA estão em hectômetros cúbicos (hm^3), o que corresponde a um milhão de metros cúbicos (m^3) ou um bilhão de litros de água.

4. Os estoques e os fluxos setoriais da água na economia brasileira

Os estoques de recursos hídricos consideram as águas superficiais (rios, reservatórios artificiais, lagos, glaciares, neve e gelo), águas subterrâneas (aquíferos) e água no solo. A principal entrada de água no sistema ocorre via precipitação e volumes de água oriundos de outros territórios. A retirada de água ocorre por processos hidrológicos, como evapotranspiração e descargas líquidas para outros territórios em bacias hidrográficas transfronteiriças, podendo ocorrer de forma permanente ou temporária. Assim, pela dinâmica do meio ambiente, os estoques considerados pelo SEEA-Water alteram-se permanentemente, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Estoques de água subterrânea e de reservatórios artificiais – 2013 a 2015

Estoques inicial e final (hm^3/ano)	Água subterrânea	Reservatórios artificiais	Total
Estoque inicial 2013	1.067.769	211.583	1.279.352
Estoque final 2013/Estoque inicial 2014	1.060.475	218.202	1.278.677
Estoque final 2014/Estoque inicial 2015	1.053.285	225.324	1.278.609
Estoque final 2015	1.046.262	230.708	1.276.970
Variação média anual (hm^3/ano)	-7.169	6.375	-794
Variação média anual (%)	-0,68%	2,93%	-0,06%

Fonte: Elaborada por Finamore e Montoya (2019) com base no IBGE, Ministério do Meio Ambiente, ANA (2018).

De acordo com o volume de água inicial em 2013 e final de 2015, o estoque de água no território brasileiro, composto pelas águas subterrâneas e reservatórios artificiais, sofreu em média um decréscimo de 0,06% ou -794 hm^3 no período. No entanto, verifica-se que, embora haja um decréscimo do estoque de água subterrânea de -7.169 hm^3 , que equivale a uma queda de $-0,68\%$ ao ano, há simultaneamente uma elevação dos estoques dos reservatórios artificiais de 6.375 hm^3 , que equivale a um acréscimo de $2,93\%$ ao ano. Nessa velocidade, em apenas dois anos, as elevações dos estoques artificiais seriam maiores do que os decréscimos nas águas subterrâneas. Além disso, a água subterrânea, salvo novas descobertas, duraria em torno de 150 anos, enquanto os estoques artificiais dobrariam a cada 33 anos (FINAMORE; MONTOYA, 2019).

Embora aparentemente escasso o recurso hídrico, segundo as tabelas de estoques da ANA (2018), existe abundância de água no território nacional. Por exemplo, em 2015, o volume de

entrada de água vindo dos rios e dos riachos foi de 9.276.760 hm³ e das precipitações (água do solo) foi de 13.127.952 hm³, sendo, portanto, uma questão de política pública o dimensionamento, a localização e a construção dos estoques artificiais necessários para a irrigação e a ocupação plena do solo agricultável brasileiro.

Com relação aos fluxos setoriais da água, as contas econômicas e ambientais da água no Brasil mostram como eles interagem com as atividades econômicas e com as famílias (Tabela 2), a saber: a) fluxos de água retirados do meio ambiente para o sistema econômico; b) fluxos reutilizados que circulam dentro do próprio sistema econômico; e c) fluxos do sistema econômico que retornam para o meio ambiente. Assim, a conta ambiental é construída do ponto de vista do meio ambiente, visto que os usos diminuem os estoques de água do planeta, e os recursos aumentam os estoques de água do planeta. Dessa maneira, as interações insumo-produto dos recursos hídricos com as atividades econômicas, neste trabalho, são visualizadas pelo uso e pelo consumo de água no sistema econômico.

A Tabela 2 mostra a composição final dos recursos e dos usos físicos de água na economia brasileira no ano de 2015. Observa-se que o uso total de água na economia brasileira alcança 3.219.507 hm³ ao ano (coluna 9). Esse volume representa o total de água retirada do meio ambiente (3.201.731 hm³) mais as águas provenientes de outras atividades econômicas (17.775 hm³). Chama atenção que, do total de água utilizada no país, em sua grande maioria, 3.188.907 hm³ ou 99,05%, retornou ao meio ambiente (3.171.131 hm³) e às próprias atividades produtivas (17.776 hm³); e apenas 30.600 hm³ ou 0,95% foram consumidas pelas atividades (30.554 hm³) e pelas famílias (46 hm³).

Nesse contexto, verifica-se, no fluxo do uso total da água nas atividades econômicas e nas famílias (linha 3), que o setor Eletricidade e Gás concentra 96,73% ou 3.114.300 hm³ do fluxo, certamente em função de sua necessidade de turbinar grandes quantidades de água nas hidrelétricas do país. No entanto, também é o setor que apresenta a taxa de 100% de retorno da água ao meio ambiente (linha 11 e coluna 4). Em virtude disso, a água utilizada para geração de eletricidade é considerada como uso *não consuntivo*, já que toda a água que foi usada na atividade retorna a seu curso. Cabe salientar também que as taxas de retorno ao meio ambiente são elevadas na Indústria extrativa, com 73,01% (linha 11 e coluna 2), e nas Demais atividades, com 63,45% (linha 11 e coluna 6).

Com relação ao fluxo do consumo total de água (linha 7), verifica-se também elevada concentração na medida em que o setor Agropecuário consome 77,46% ou 23.704 hm³ dessa água no país, seguido de longe pelo setor indústria de Transformação com 11,27% ou 3.450 hm³. A avaliação conjunta da taxa setorial do consumo de água (linha 10) e a taxa setorial do retorno de água ao meio ambiente (linha 11) permitem visualizar melhor o papel da água na produção da agropecuária e da indústria de transformação, ou seja, quanto da água utilizada foi consumida ou incorporada na produção e quanto foi devolvida ao meio ambiente.

A agropecuária apresenta uma taxa de consumo de 70,46% e uma taxa de retorno ao meio ambiente de 29,54%, indicando em conjunto que, na produção agrícola e pecuária, a água é incorporada em grandes volumes. Essa característica, em menor intensidade, aparece também na indústria de transformação, uma vez que, em seu processo produtivo, apresenta uma taxa de consumo de 53,99% e uma taxa de retorno de 46,01%. Cabe salientar que grande parte da indústria de transformação processa produtos da agropecuária, o que certamente influencia sua taxa de consumo setorial.

Tabela 2 - Os fluxos relativos do uso e consumo da água na economia brasileira - 2015 (hm³/ano e percentuais)

Fluxos	Recursos e usos (hm ³ /ano)	Atividades econômicas						Famílias (8)	Total (9)	
		Agro. (1)	Ind. Extrativa (2)	Ind. Trans. e construção (3)	Eletricidade e gás (4)	Água e esgoto (5)	Demais atividades (6)			Total das atividades (7)
Do meio ambiente	1. Retirada total	32.505	1.037	6.112	3.114.293	47.085		3.201.032	699	3.201.731.
Dentro da economia	2. Uso de água proveniente de outras atividades econômicas	1.138	7	277	7	6.914	2.045	10.389	7.387	17.775
	3. Uso total da água (1+2)	33.643	1.044	6.389	3.114.300	53.999	2.045	3.211.421	8.086	3.219.507
Dentro da economia	4. Suprimento para outras atividades econômicas	0	4	171	4	10.862	1.298	12.340	5.436	17.776
Retorno para o meio ambiente	5. Retorno total	9.938	758	2.768	3.114.195	40.868		3.168.527	2.604	3.171.131
Retorno para o meio ambiente	6. Total fornecido (4+5)	9.939	762	2.939	3.114.199	51.730	1.298	3.180.867	8.040	3.188.907
	7. Consumo total (3-6)	23.704	282	3.450	101	2.270	748	30.554	46	30.600
	8. Participação no Uso total da água (3/coluna 9).	1,04%	0,03%	0,20%	96,73%	1,68%	0,06%	99,75%	0,25%	100,00%
	9. Participação no Consumo total da água (7/coluna 9).	77,46%	0,92%	11,27%	0,33%	7,42%	2,44%	99,85%	0,15%	100,00%
	10. Taxa setorial do Consumo de água (7/3).	70,46%	26,99%	53,99%	0,00%	4,20%	36,55%	0,95%	0,57%	0,95%
	11. Taxa setorial do Retorno da água ao meio ambiente (6/3).	29,54%	73,01%	46,01%	100,00%	95,80%	63,45%	99,05%	99,43%	99,05%
	12. Taxa setorial total (3/3).	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: Elaborada com base no IBGE, Ministério do Meio Ambiente, ANA (2018).

5. Os requerimentos e os multiplicadores setoriais de água

As informações das Tabelas 3 e 4 mostram a composição dos requerimentos totais de água para uso e para consumo de cada setor, bem como seus multiplicadores, respectivamente. Os requerimentos diretos representam a quantidade de água inicial usada e/ou consumida na produção de um setor para satisfazer a demanda final; os requerimentos indiretos refletem o maior uso e/ou consumo de água nos fluxos de compras e vendas dos setores para atender à demanda final; e os multiplicadores indicam em cada setor a geração de água necessária, direta e indireta, por cada unidade monetária produzida para a demanda final.

5.1 Requerimento e multiplicadores de água para uso

Observa-se, na Tabela 3, que a atividade econômica mais intensiva no uso da água é o setor Produção e distribuição de eletricidade e gás com um requerimento total de 17,9520 hm³ devido certamente à grande quantidade de água turbinada pelas hidrelétricas. Assim, o aumento de um milhão de reais na demanda final provocará, no setor, um aumento total de 17.952.000 m³ de água para ser usada em seu processo produtivo. Os demais setores apresentam requerimentos totais relativamente pequenos, dentre eles destacam-se o setor Água, esgoto e gestão de resíduos (1,6809 hm³) e o setor Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura (0,6195 hm³).

Tabela 3 - Composição do requerimento total do uso da água e os multiplicadores na economia brasileira - ano de 2015, em hm³/ano e percentuais

MIP ÁGUA 2015 BR - Setor	Requerimentos de Água para Uso em hm ³ /ano						Participação setorial no Uso total de água	
	Direto		Indireto		Total		hm ³	%
	hm ³	%	hm ³	%	hm ³	%		
Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura	0,2832	45,7	0,3363	54,3	0,6195	100,0	33,643	1,05
Indústrias extrativas	0,1173	39,3	0,1813	60,7	0,2986	100,0	1,044	0,03
Indústrias de transformação e construção	0,1278	33,0	0,2596	67,0	0,3874	100,0	6,389	0,20
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	3,9556	22,0	13,9963	78,0	17,9520	100,0	3.114,300	96,98
Água, esgoto e gestão de resíduos	0,4868	29,0	1,1941	71,0	1,6809	100,0	53,999	1,68
Demais atividades	0,1006	44,3	0,1264	55,7	0,2271	100,0	2045	0,06
Total	5,0713	24,0	16,0941	76,0	21,1654	100,0	3.211,421	100,00
Multiplicadores do uso de água	Direto		Indireto		Total ou Tipo I			
	hm ³	hm ³	hm ³	hm ³	hm ³	hm ³		
		impacto		impacto		impacto	impacto	
Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura	4,03	1	4,79	1,1875	8,82	2,1875		
Indústrias extrativas	29,27	1	45,25	1,5460	74,52	2,5460		
Indústrias de transformação e construção	68,20	1	138,47	2,0306	206,67	3,0306		
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	0,33	1	1,17	3,5383	1,50	4,5383		
Água, esgoto e gestão de resíduos	0,57	1	1,39	2,4532	1,96	3,4532		
Demais atividades	283,08	1	355,78	1,2568	638,87	2,2568		

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Contudo, a pressão relativa que os diversos setores da economia podem exercer sobre a necessidade de água somente pode ser estabelecida analisando em separado a relação dos requerimentos em termos de efeitos diretos *versus* indiretos que mostra no processo produtivo, o poder de um setor sobre o uso de água de outros setores. Por exemplo, se, na composição dos impactos totais, os efeitos diretos, que representam o uso inicial de água por unidade de produção, forem pequenos em relação aos efeitos indiretos, que refletem o maior uso de água decorrente dos

fluxos de compras e vendas dos setores para atender à demanda final, o poder que exerce um setor sobre o uso de água no sistema econômico será grande. Assim, setores com alto peso na demanda de água e que, ao mesmo tempo, apresentam uma baixa relação de requerimentos diretos *versus* indiretos, tendem a produzir as mais fortes pressões de necessidade de água. No outro extremo, estariam setores com baixo peso na demanda de água e, com alta relação, requerimentos diretos *versus* indiretos, que, nesse caso, produziriam pequenas pressões sobre a necessidade de água. Entre ambos os extremos, configuram-se setores com graus variados de importância na pressão que exercem (PEROBELLI; MATTOS; FARIA, 2011; MONTOYA; PASQUAL, 2015).

Na estrutura setorial dos requerimentos, a composição direto *versus* indireto mostra na economia brasileira, como um todo, requerimentos diretos de água (24,0%), significativamente menores que os requerimentos indiretos (76,0%). Dessa forma, a baixa relação requerimentos diretos *versus* indiretos ($5,0713 \text{ hm}^3 \div 16,0941 \text{ hm}^3 = 0,3151$) indica, em termos gerais, que os diversos setores exercem, por meio de suas atividades produtivas, significativa pressão sobre a necessidade de recursos hídricos do país.

A partir de uma análise mais particularizada, verifica-se que o setor Energia elétrica, gás natural e outras utilidades, além de ter um peso significativo no uso total de água do país (96,98%), apresentam as mais baixas relações requerimentos diretos *versus* indiretos (22,0% *versus* 78,% ou $3,9556 \text{ hm}^3 \div 13,9963 \text{ hm}^3 = 0,2826$), indicando que exerce forte pressão sobre a necessidade de água. Embora os demais setores apresentem baixa participação no uso de água do país, dentre eles destaca-se o setor Água, esgoto e gestão de resíduos, por apresentar uma baixa relação requerimentos diretos *versus* indiretos, o que evidencia o poder que exerce sobre o maior uso de água no sistema econômico.

Considerando que o uso de água representa 99,05% ou 3.211.421 hm^3 dos recursos hídricos destinados às atividades produtivas do país, os multiplicadores do setor Demais atividades uso da água (638,87 hm^3), setor Energia elétrica, gás natural e outras utilidades (206,67 hm^3) e setor Indústrias extrativas (74,52 hm^3), geram grande necessidade de volumes de água para uso por unidade produzida no sistema econômico.

Contudo, em termos relativos ou de impactos, o setor Energia elétrica, gás natural e outras utilidades apresenta o maior multiplicador da economia brasileira, indicando que gera a necessidade de usar 4,5383 hm^3 de água por cada hm^3 que atende à demanda final. Essa evidencia certamente se dá em função das características de seu processo produtivo, pautado pela necessidade de usar grandes quantidades de água nas turbinas das hidrelétricas do país.

5.2 Requerimento e multiplicadores de água para consumo

Com relação aos requerimentos totais de água para consumo, ou seja, a parcela da água retirada para uso que não retorna ao ambiente, pois, durante seu uso, foi incorporada pelos setores em produtos e consumida pelas famílias e rebanhos, verifica-se que os requerimentos totais para consumo setorial da água (Tabela 4) diferem significativamente dos requerimentos totais para uso da água (Tabela 3).

Dentre os requerimentos totais de água para consumo do país, observa-se que dois setores exercem pressão significativa sobre os recursos hídricos. Em primeiro lugar, aparece o setor Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura com um requerimento total de 0,0532 hm^3 ; desse modo, para cada milhão de alimentos na demanda final são consumidos 53.200 m^3 de água. Em segundo lugar, destaca-se o setor Água, esgoto e gestão de resíduos com um requerimento total de 0,0378 hm^3 , indicando que, no fornecimento de seus serviços para atender à demanda final, provocará, em suas atividades, um consumo de 37.800 m^3 de água.

Já a baixa relação de requerimentos direto *versus* indireto do país (7,2% *versus* 92,8% ou $0,0075 \text{ hm}^3 \div 0,0954 \text{ hm}^3 = 0,0786$) mostra que, em média, os diversos setores produtivos do país exercem significativa pressão sobre o consumo de água, inclusive maior do que o observado no uso da água (24,0% *versus* 76,0% na Tabela 3). Assim sendo, embora o volume de água utilizado no

sistema é significativamente maior do que o consumido, em termos relativos a necessidade ou a pressão de água para o consumo no sistema produtivo nacional é maior do que para o uso.

Tabela 4 - Composição do requerimento total do consumo da água na economia brasileira - ano de 2015, em hm³/ano e percentuais

MIP ÁGUA 2015 BR - Setor	Requerimentos de Água para Consumo em hm ³ /ano						Participação setorial no Consumo total de água	
	Direto		Indireto		Total		hm ³	%
	hm ³	%	hm ³	%	hm ³	%		
Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura	0,0022	4,2	0,0510	95,8	0,0532	100,0	23.704	77,58%
Indústrias extrativas	0,0003	11,3	0,0021	88,7	0,0024	100,0	282	0,92%
Indústrias de transformação e construção	0,0036	53,8	0,0031	46,2	0,0066	100,0	3.450	11,29%
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	0,0003	15,4	0,0014	84,6	0,0016	100,0	101	0,33%
Água, esgoto e gestão de resíduos	0,0007	1,9	0,0371	98,1	0,0378	100,0	2.270	7,43%
Demais atividades	0,0004	37,3	0,0007	62,7	0,0011	100,0	748	2,45%
Total	0,0075	7,2	0,0954	92,8	0,1028	100,0	30.554	100,00%

Multiplicadores do consumo de água	Direto		Indireto		Total ou Tipo I	
	hm ³	hm ³ impacto	hm ³	hm ³ impacto	hm ³	hm ³ impacto
	Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura	0,0448	1	1,0295	22,978	1,0743
Indústrias extrativas	0,2471	1	1,9430	7,8636	2,1901	8,8636
Indústrias de transformação e construção	3,5265	1	3,0344	0,8605	6,5609	1,8605
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	0,6489	1	3,5510	5,4727	4,1998	6,4727
Água, esgoto e gestão de resíduos	0,0199	1	1,0281	51,587	1,0480	52,5877
Demais atividades	3,2933	1	5,5407	1,6824	8,8340	2,6824

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Em nível setorial, as atividades da Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura (77,58%) e da Água, esgoto e gestão de resíduos (7,43%), além de deter um peso significativo no consumo total de água do país, destacam-se por apresentarem as mais baixas relações de requerimentos diretos *versus* indiretos - 4,2% *versus* 95,8% ou $0,0022 \text{ hm}^3 \div 0,0510 \text{ hm}^3 = 0,0431$ e 1,9% *versus* 98,1% ou $0,0007 \text{ hm}^3 \div 0,0371 \text{ hm}^3 = 0,0188$, respectivamente. Em virtude disso, pode-se afirmar que se trata de setores que, em conjunto, exercem pressão sobre a necessidade de maiores volumes de água para consumo e, simultaneamente, sobre os recursos hídricos na medida em que grande parte da água que utilizam não retorna ao meio ambiente.

Por sua vez, os multiplicadores dos setores Demais atividades (8,8340 hm³), Indústrias de transformação e construção (6,5609 hm³) mostram-se os mais relevantes na geração de consumo de água. Contudo, os impactos relativos desses multiplicadores no sistema econômico são mais relevantes nos setores Água, esgoto e gestão de resíduos (52,5877 hm³) e Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura (23,9784 hm³), na medida em que geram maior necessidade de consumo de água no sistema econômico, por cada unidade de água consumida de forma direta para atender à demanda final.

6. Os encadeamentos setoriais da água no Brasil

A análise do processo de interdependência setorial permite determinar quais seriam os setores que teriam maior poder de encadeamento dentro da economia para promover o crescimento econômico, ou seja, os setores-chave. A identificação desses setores está associada à ideia de estabelecer prioridades na alocação de recursos e na estratégia de promoções industriais. Isso porque se espera que os recursos alocados em setores-chave, dependendo da política a ser implementada, estimulem um crescimento mais rápido da produção e da interdependência econômica do que se fossem alocados em outros setores. Assim, considerando estritamente a estrutura interna da economia, resta saber qual é o poder de encadeamento que apresentam os setores nos recursos hídricos.

6.1 Índices de ligações e seus coeficientes de dispersão no uso de água

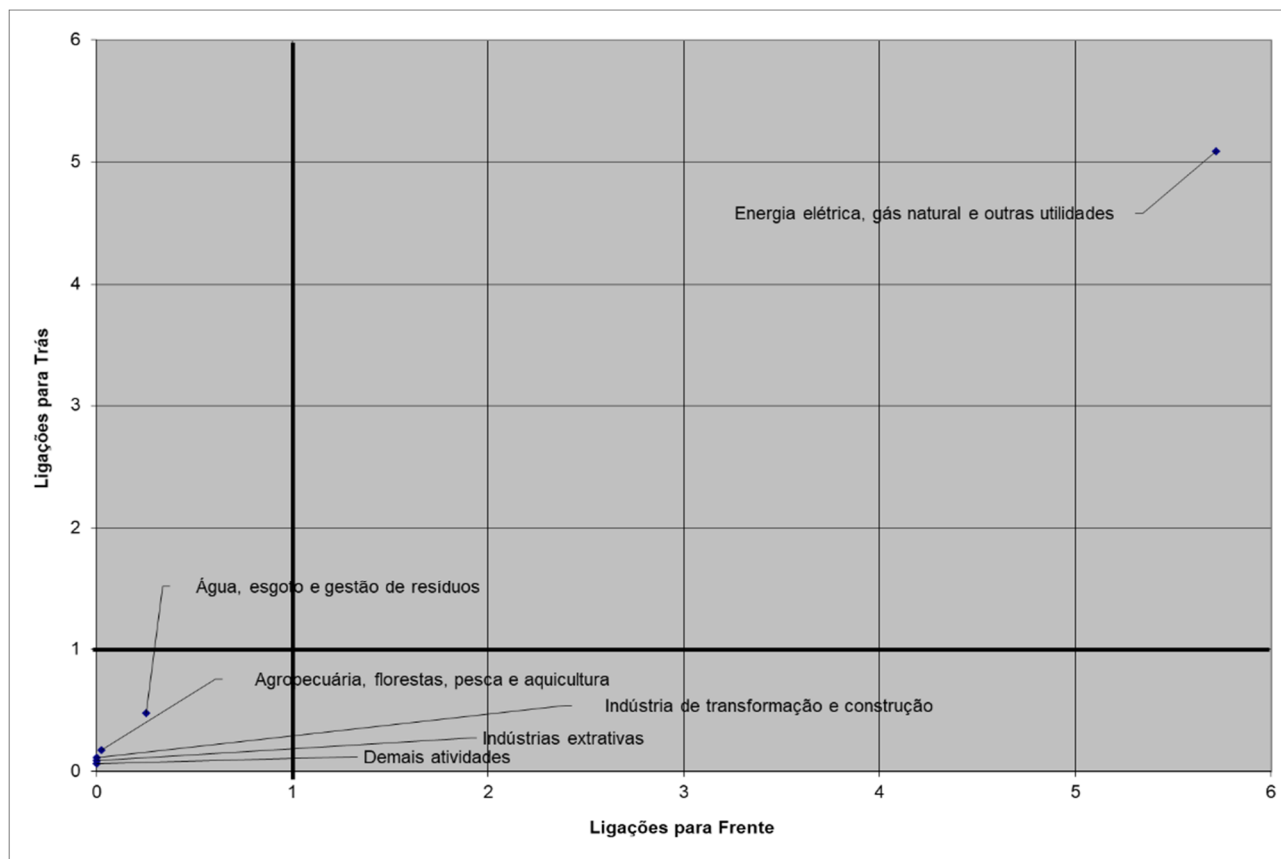
A seguir, são apresentados, na Tabela 5 e no Gráfico 1, os índices de ligações para frente e para trás do uso da água nos setores da economia brasileira. Os índices de ligações para frente indicam quanto um setor promove o uso de água, quando é demandado pelos outros; e os índices de ligações para trás indicam quanto um setor promove o uso de água, quando demanda dos outros. Já esses índices de ligações associados aos coeficientes de dispersão baixos mostram que a variação da produção no setor estimula aos outros setores o uso da água, de uma maneira abrangente e uniforme, enquanto um índice de dispersão alto mostra que o estímulo do uso da água setor será concentrado em poucos setores.

Tabela 5 - Índices de ligações de Rasmussen-Hirschman e coeficientes de dispersão de Bulmer para o uso da água em 2015

MIP ÁGUA 2015 BR - Setor	Ligações para frente				Ligações para trás			
	Índice	Ordem	Dispersão	Ordem	Índice	Ordem	Dispersão	Ordem
Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura	0,02432	3	2,07948	4	0,17563	3	2,10219	5
Indústrias extrativas	0,00136	5	2,12503	3	0,08464	5	2,35931	2
Indústrias de transformação e construção	0,00137	4	1,19428	5	0,10981	4	2,33530	4
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	5,72009	1	2,12559	2	5,08905	1	2,44888	1
Água, esgoto e gestão de resíduos	0,25258	2	2,38990	1	0,47650	2	1,54853	6
Demais atividades	0,00028	6	0,88803	6	0,06436	6	2,35534	3
Média			1,80039				2,19159	

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Dentre os diversos setores da economia, percebe-se, por um lado, que os índices de ligações para frente do setor Energia elétrica, gás natural e outras utilidades são os maiores da economia, com 5,72009, ocupando a primeira posição (ordem 1^a); e, por outro, que os coeficientes de dispersão são altos, com 2,12559, ocupando a segunda posição (ordem 2^a). Esses indicadores, em conjunto, por apresentar um índice de ligações maior do que um e coeficiente de dispersão elevado, permitem afirmar que se trata de um setor chave com encadeamentos setoriais de vendas fortes dentro da economia, e seus estímulos para o uso de água, nos diversos setores da economia, pelo aumento da produção, são grandes mas concentrados em poucos setores.

Gráfico 1 - Índices de ligações de Rasmussen-Hirschman para o uso da água em 2015

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Com relação às ligações para trás que indicam quanto um setor demanda dos outros setores, verifica-se, também, que o setor Energia elétrica, gás natural e outras utilidades apresenta índices maiores do que um (5,08905), o que lhe confere a categoria de setor-chave no uso de água para o crescimento da economia. Contudo, seu elevado coeficiente de dispersão (2,44888) indica também que seus estímulos para o uso de água são concentrados em poucos setores.

Em geral, verifica-se, no Gráfico 1, que o setor Energia elétrica, gás natural e outras utilidades é um setor-chave, tanto para frente como para trás, o que estimula, simultaneamente, por meio de suas vendas e compras, o uso de água nas atividades produtivas da economia brasileira. Esse fato permite inferir também que grande parte da água utilizada no sistema econômico, como um todo, perpassa pelo consumo de energia elétrica.

6.2 Índices de ligações e seus coeficientes de dispersão no consumo de água

Os índices de encadeamento para o consumo de água apresentados na Tabela 6 e no Gráfico 2 evidenciam, simultaneamente, no setor Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura e no setor Água, esgoto e gestão de resíduos, as ligações para frente e para trás maiores do que um. Portanto, trata-se de setores-chave que estimulam fortemente, por intermédio de suas vendas e compras, o consumo de água no processo de crescimento da produção.

Em particular, a importância relativa dos encadeamentos posiciona o setor Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura da seguinte forma: em primeiro lugar, suas ligações para frente (3,52758); e, em quarto lugar, o índice de dispersão (2,07948). Assim, pode-se afirmar, com base no índice, ligações maiores do que um e o coeficiente de dispersão alto, que se trata de um setor-chave com fortes encadeamentos setoriais de vendas e seus estímulos para o consumo de água, são concentrados em poucos setores da economia. As ligações para trás (3,10382) e o índice de

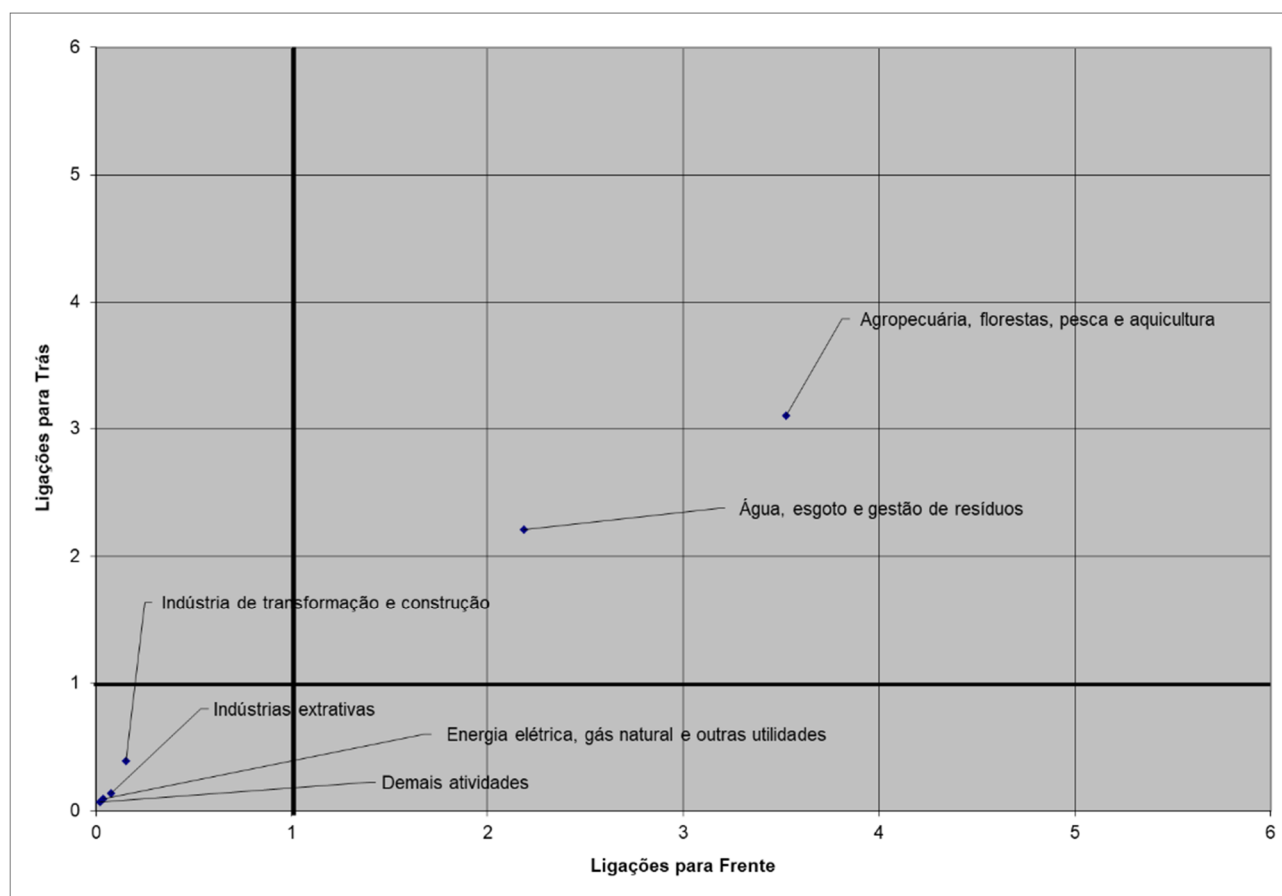
dispersão alto (2,42308), ambos posicionados em primeiro lugar, evidenciam também que o setor é fortemente demandado pelos outros setores da economia, mas concentrado em poucos setores.

Tabela 6 - Índices de ligações de Rasmussen-Hirschman e coeficientes de dispersão de Bulmer para o consumo da água em 2015

MIP ÁGUA 2015 BR - Setor	Ligações para frente				Ligações para trás			
	Índice	Ordem	Dispersão	Ordem	Índice	Ordem	Dispersão	Ordem
Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura	3,52758	1	2,07948	4	3,10382	1	2,42308	1
Indústrias extrativas	0,07576	4	2,12503	3	0,13818	4	1,18817	4
Indústrias de transformação e construção	0,15188	3	1,19428	5	0,38745	3	1,72039	3
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	0,03820	5	2,12559	2	0,09495	5	1,05832	6
Água, esgoto e gestão de resíduos	2,18524	2	2,38990	1	2,20863	2	2,35992	2
Demais atividades	0,02134	6	0,88803	6	0,06696	6	1,16072	5
Média			1,80039				1,65177	

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Gráfico 2 - Índices de ligações de Rasmussen-Hirschman para o consumo da água em 2015



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Quanto ao setor Água, esgoto e gestão de resíduos, os elevados índices de ligação para frente (2,18524) e para trás (2,20863), maiores do que um, bem como seus elevados coeficientes de dispersão para frente (2,38990) e para trás (2,35992), evidenciam que se trata de um setor-chave

com fortes encadeamentos setoriais de venda e compra que estimulam o consumo de água de forma concentrada e em poucos setores.

7. O uso e o consumo de água induzido pela demanda final

A análise do processo de interdependência setorial da água está baseada no fato de que a água não serve somente como insumo para atividades produtivas, mas também como produto para satisfazer as necessidades da demanda final. Assim, questiona-se, nesta seção: De que maneira os componentes da demanda final afetam o uso e o consumo da água nos diversos setores da economia do país?

7.1 O uso setorial de água induzido pelos componentes da demanda final

A Tabela 7 apresenta a quantidade setorial do uso de água induzida por componente da demanda final: as colunas mostram quanto de água para uso cada componente da demanda final do país gera no setor; as linhas indicam, em percentuais e hm^3 , quanta água para uso foi induzida por cada componente da demanda final, ou seja, o grau de influência que cada componente da demanda final exerce sobre o uso da água. Já a consistência dos cálculos pode ser verificada, comparando-se a coluna dos totais do uso de água induzida pela Demanda final com a linha 3 da Tabela de Recursos e Usos (Tabela 2) e penúltima linha da MIP de 2015 (Apêndice A). Desse modo, 96,98% do uso total da água no país concentra-se nas atividades do setor Energia elétrica, gás natural e outras utilidades, e os 3,02% restantes são utilizados pelos diversos setores da economia.

Tabela 7 - Uso de água setorial induzido pelos componentes da demanda final na economia brasileira no ano de 2015 - em hm^3 /ano e percentuais

MIP ÁGUA 2015 BR - Setor		Exportação	Gastos do governo	Consumo das famílias	Investimentos	Demanda final	Participação setorial
Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura	hm^3	11.816	1.040	14.733	6.054	33.643	1,05%
	%	35,12	3,09	43,79	18,00	100,00	
Indústrias extrativas	hm^3	502	26	254	262	1.044	0,03%
	%	48,08	2,49	24,29	25,14	100,00	
Indústrias de transformação e construção	hm^3	1.313	271	2.803	2.003	6.389	0,20%
	%	20,54	4,25	43,86	31,35	100,00	
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	hm^3	279.351	260.198	2.255.221	319.530	3.114.300	96,98%
	%	8,97	8,35	72,42	10,26	100,00	
Água, esgoto e gestão de resíduos	hm^3	3.479	6.805	38.623	5.092	53.999	1,68%
	%	6,44	12,60	71,52	9,43	100,00%	
Demais atividades	hm^3	140	547	1.181	177	2.045	0,06%
	%	6,85	26,77	57,75	8,63	100,00	
Total	hm^3	296.601	268.888	2.312.814	333.118	3.211.421	100,00%
Participação dos componentes da demanda final		9,24%	8,37%	72,02%	10,37%	100,00%	

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Os resultados expressos na Tabela 7 destacam, em termos globais, que o Consumo das famílias induzem 72,02% (ou 2.312.814 hm^3) do uso de água no país, seguido pelos Investimentos, com 10,37% (ou 333.118 hm^3), pelas Exportações, com 9,24% (ou 296.601 hm^3) e pelos Gastos do governo, com 8,37% (ou 268.888 hm^3).

Em nível setorial, levando em consideração que 96,98% (ou 3.114.300 hm³) do uso total da água concentra-se no setor Energia elétrica, gás natural e 72,42% (ou 2.255.221 hm³) dessa água é induzida pelas famílias, pode-se afirmar que o consumo de energia elétrica nas residências exerce uma grande influência sobre o uso de água do país. Aliás, o Consumo das Famílias constitui-se no componente da demanda final que determina o perfil do uso setorial da água na economia brasileira, na medida em que o uso da água no setor Água, esgoto e gestão de resíduos induz em 71,52%; no setor Demais atividades, em 57,75%; no setor Indústrias de transformação e construção, em 43,86%; e no setor Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura, em 43,79%.

Nesse panorama, a influência do mercado internacional no Brasil, dado seu status de referência mundial para o fornecimento de commodities minérios e alimentares, faz-se presente por meio do componente Exportações, que induz o uso da água no setor Indústrias extrativas em 48,08%; e no setor Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura, em 35,12%. Já os Investimentos e os Gastos do governo destacam-se por influenciar o setor Indústrias extrativas (25,14%) e o setor Demais atividades (26,77%).

7.2 O consumo setorial de água induzido pelos componentes da demanda final

A Tabela 8 apresenta a quantidade setorial do consumo de água induzida por cada componente da demanda final. A consistência dos cálculos também pode ser verificada, comparando-se a coluna dos totais do consumo de água induzida pela Demanda final com a linha 7 da tabela de Recursos e usos (Tabela 2) e última linha da MIP de 2015 (Apêndice A).

Tabela 8 - Consumo de água setorial induzido pelos componentes da demanda final na economia brasileira no ano de 2015 - em hm³/ano e percentuais

MIP ÁGUA 2015 BR - Setor		Exportação	Gastos do governo	Consumo das famílias	Investimentos	Demanda final	Participação setorial
Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura	hm ³	8.325	732	10.381	4.266	23.704	77,58%
	%	35,12	3,09	43,79	18,00	100,00	
Indústrias extrativas	hm ³	135	7	68	71	282	0,92%
	%	48,08	2,49	24,29	25,14	100,00	
Indústrias de transformação e construção	hm ³	709	146	1.513	1.081	3.450	11,29%
	%	20,54	4,25	43,86	31,35	100,00	
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	hm ³	9	8	73	10	101	0,33%
	%	8,97	8,35	72,42	10,26	100,00%	
Água, esgoto e gestão de resíduos	hm ³	146	286	1.623	214	2.270	7,43%
	%	6,44	12,60	71,52	9,43	100,00	
Demais atividades	hm ³	51	200	432	65	748	2,45%
	%	6,85	26,77	57,75	8,63	100,00	
Total	hm ³	9.376	1.381	14.091	5.707	30.554	100,00%
Participação dos componentes da demanda final		30,69%	4,52%	46,12%	18,68%	100,00%	

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Os resultados totais da economia brasileira destacam que o Consumo das Famílias induz 46,12% (ou 14.091 hm³) do consumo de água, seguido pelas Exportações, com 30,69% (ou 9.376 hm³) e pelos Investimentos, com 18,68% (ou 5.707 hm³), perfazendo em conjunto 95,49% do consumo de água do país. Cabe salientar que pouco mais de um terço da água consumida pelas atividades econômicas brasileiras são exportadas; dessa forma, o comércio indireto de água que está embutida nos produtos exportados, denominada também como “água virtual”, alcança o volume de 9.376 milhões de metros cúbicos de água por ano. É um fato relevante e estratégico, dado o

fenômeno global de escassez dos recursos hídricos frente à abundante disponibilidade desse recurso no Brasil, cujas reservas, segundo Pena (2018), representam 12% da água doce do Planeta.

Em nível setorial, o consumo de água do setor Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura é induzido principalmente pelo Consumo das Famílias, com 43,79% (ou 10.381 hm³), pelas Exportações, com 35,12% (ou 8.325 hm³) e pelos Investimentos ou estoques, com 18,00% (ou 4.266 hm³). Assim, considerando que o setor consome 77,58% (ou 23.704 hm³) da água do país, pode-se afirmar, por um lado, que as famílias pressionam significativamente o consumo de água por meio de sua alimentação cotidiana; e, por outro, que grande parte da água incorporada na produção agropecuária é exportada diariamente para o mundo, ou seja, de toda a “água virtual” exportada pelo país (9.376 hm³), a agropecuária exporta ou responde por 88,79% ($8.325 \text{ hm}^3 / 9.376 \text{ hm}^3 = 0,8879$).

O setor Indústrias de transformação e construção que consome 11,29% (ou 3.450 hm³) da água do país é induzido ou influenciado, principalmente, pelo Consumo das Famílias, com 43,86% (ou 1.513 hm³), seguido pelos Investimentos, com 31,35% (ou 1.081 hm³) e pelas Exportações, com 20,54% (ou 709 hm³). Considerando que parte da Indústrias de transformação concentra a produção de alimentos processados, a pressão por mais consumo de água se dá, principalmente, pelo mercado doméstico (consumo das famílias e investimentos) e pelo mercado externo via exportação.

Já o setor Água, esgoto e gestão de resíduos que responde por 7,43% (ou 2.270 hm³) do consumo de água do país, tem o Consumo Familiar (71,52% ou 1.623 hm³) como principal componente da indução do consumo de água. Certamente, a natureza do processo produtivo desse serviço deixa evidenciar essa magnitude de influência.

O setor Demais atividades (2,45%) e o setor Energia elétrica, gás natural e outras utilidades (0,33%), embora apresentem pouca relevância no consumo de água do país, o componente Consumo das Famílias induz 57,75% e 71,52% do consumo de água de cada setor, respectivamente.

8. Considerações finais

O artigo teve como objetivo avaliar as relações intersetoriais que se estabelecem entre os fluxos da água e as atividades econômicas da economia brasileira. Para isso, foi construído um modelo insumo-produto ecológico para o ano de 2015, com base na incorporação de um vetor linha ambiental que registra, para cada setor produtivo, os fluxos físicos do uso e do consumo de água.

Verificou-se, a partir da comparação dos estoques de água subterrânea e estoques de água dos reservatórios artificiais, que existe abundância de água no território nacional e sua preservação perpassa pela localização e pelo dimensionamento da construção de reservatórios artificiais necessários para a irrigação e uso pleno da população no país. Já com relação aos fluxos da água no sistema econômico, ficou evidente que, do total de água utilizada no país, praticamente 99,05% retornou ao meio ambiente e apenas 0,95% é consumida pelas atividades econômicas e pelas famílias.

A avaliação dos requerimentos e dos multiplicadores setoriais da água para uso evidenciou os maiores índices para o setor Produção e distribuição de eletricidade e gás; assim sendo, o setor demanda uma grande quantidade de água, principalmente para ser turbinada pelas hidrelétricas. A relação dos requerimentos diretos *versus* indiretos destacou também que esse setor, por meio de seu processo produtivo, relações intersetoriais de compras e vendas para atender à demanda final, exerce grande poder sobre o maior uso de água nos demais setores da economia brasileira.

Em se tratando dos requerimentos e dos impactos dos multiplicadores da água para consumo, verificou-se que o setor Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura e o setor Água, esgoto e gestão de resíduos, além de apresentarem os maiores índices, também apresentam um peso significativo no consumo total de água do país. Em decorrência disso, pode-se afirmar que se trata de setores que, em conjunto, exercem pressão sobre a necessidade de maiores volumes de água para consumo e, simultaneamente, sobre os recursos hídricos na medida em que grande parte da água que utilizam não retorna ao meio ambiente.

Os índices de ligações setoriais do uso da água identificaram o setor Produção e distribuição de eletricidade e gás como um setor-chave com fortes ligações para frente e para trás, ou seja, um setor que promove, por meio da interdependência setorial, maior uso da água no país. Entretanto, os altos coeficientes de dispersão setorial que apresentam suas ligações evidenciam que a variação da produção no setor estimula o uso da água em poucos setores.

Já os encadeamentos setoriais do consumo da água apontaram, simultaneamente, no setor Agropecuária, florestas, pesca e aquicultura e no setor Água, esgoto e gestão de resíduos, índices de ligações para frente e para trás maiores do que um, bem como coeficientes de dispersão elevados. Trata-se, portanto, de setores-chave com fortes encadeamentos setoriais de venda e compra que estimulam o consumo de água de forma concentrada e em poucos setores.

Com relação aos impactos da demanda final sobre o uso da água, verificou-se, em termos globais, que o mercado doméstico (Consumo das famílias, Investimentos, Gastos do governo) induz 90,76% do uso de água do país e os restantes 9,24% são induzidos pelo mercado externo (Exportações). Entretanto, em nível setorial, o Consumo das Famílias constitui-se no componente da demanda final que determina o perfil do uso setorial da água na economia brasileira, na medida em que induz maioritariamente em todos os setores o uso da água.

Quanto ao consumo de água total induzida pela demanda final, em termos globais, destacaram-se principalmente o Consumo das famílias (46,12%) e as Exportações (30,69%); dessa maneira, pouco mais de um terço da água consumida pelas atividades econômicas brasileiras são exportadas. Em nível setorial, a agropecuária de exportação esclareceu essa evidência na medida em que responde por 88,79% do total da “água virtual”.

Finalmente, cabe salientar que os indicadores expostos revelam importantes interações entre os fluxos de água e as atividades econômicas. Eles fornecem subsídios para entender melhor os impactos dos componentes da demanda final sobre o uso e o consumo dos recursos hídricos. Em particular, considerando que o Brasil detém o status de referência mundial para o fornecimento de commodities alimentares, as informações desta pesquisa chamam atenção para a necessidade de estudos futuros detalhados da influência do mercado internacional sobre a “água virtual”.

Referências


- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Agência Nacional de Águas. *Contas econômicas ambientais da água no Brasil 2013–2015*. Brasília: Agência Nacional de Águas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, 2018.
- ALLAN, J. A. Virtual Water: A Strategic Resource. *Ground Water*, v. 36, n. 4, p. 545, 1998.
- BULMER, V. *Input-Output Analysis in Developing Countries*. New York: John Wiley, 1982.
- DIETZENBACHER, E.; VELAZQUEZ, E. Analyzing Andalusian Virtual Water Trade in an Input-Output Framework. *Regional Studies*, v. 41, n. 2, p. 185-196, 2007.
- FINAMORE E. B.; MONTOYA, M. A. *O Fluxo Circular do Consumo e do Uso da Água no Brasil e a Demanda Hídrica do Agronegócio Brasileiro*. Congresso da SOBER, 57, 2019, Ilhéus. Ilhéus: UESC, 2019.
- HIRSCHMAN, A. *The Strategy of Economic Development*. New Haven: Yale University Press, 1958.
- HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A.; MARTINEZ-ALDAYA, M.; MEKONNEN, M. *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*. Enschede, The Netherlands: Water Footprint Network, 2009.
- HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows Between Nations in Relation to International Crop Trade. *Value of Water Research Report Series*, n. 11. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE, 2002.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Contas Nacionais*, n. 60. Contas Econômicas Ambientais da Água de 2013-2015- CEAA. Rio de Janeiro: IBGE, 2018a.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Contas Nacionais*, n. 62. Matriz de Insumo Produto 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2018b.
- LEONTIEF, W. Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach. *Review of Economics and Statistics*, v. 52, n. 3, p. 262-271, 1970.
- MONTOYA, M. A.; FINAMORE, E. F. A. *Os Recursos Hídricos no Agronegócio Brasileiro: Uma Análise Insumo-Produto do Uso, Consumo, Eficiência e Intensidade*, 2019b. (Texto para discussão, n. 10). Disponível em https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/cepeac/textos-discussao/10-2019.pdf. Acesso em: 10 nov. 2019.
- MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A. O Uso Setorial de Energia Renovável versus Não Renovável e as Emissões de CO₂ na Economia Brasileira: Um Modelo Insumo-Produto Híbrido para 53 Setores. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 45, n. 2, p. 288-335, 2015.
- MONTOYA, M. A.; PASQUAL, C. A.; BOGONI, N. M. As Relações Intersetoriais do Setor de Produção de energia na economia gaúcha no período de 1998 a 2013: Uma Análise Insumo-Produto. *Análise Econômica*, v. 32, n. 61, p. 215-244, 2014.
- PENA, R. F. A. Escassez de Água no Brasil. *Brasil Escola*, 2018. Disponível em <https://brasilescuela.uol.com.br/geografia/escassez-agua-no-brasil.htm>. Acesso em: 24 out. 2018.
- PEROBELLI, F. S.; MATTOS, R. S.; FARIA, W. R. *A Interdependência Energética entre o Estado de Minas Gerais e o Restante do Brasil: Uma Análise Inter-Regional de Insumo-Produto*. 2006. XI Seminário sobre a Economia Mineira, 2006.
- PICOLI, I. T. *Pegada Hídrica da Economia Brasileira: uma Análise de Insumo-Produto*. 2016. 129 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico), Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.
- RASMUSSEN, P. N. *Studies in Inter-Sectorial Relations*. Amsterdam: North-Holland, 1956.
- USSAMI, K. A.; GUILHOTO, J. J. M. Economic and Water Dependence Among Regions: The Case of Alto Tiete, Sao Paulo State, Brazil. *Economia*, v. 19, n. 3, p. 350-376, 2018.
- VISENTIN, J. C.; GUILHOTO, J. J. M. The Role of Interregional Trade in Virtual Water on the Blue Water Footprint and the Water Exploitation Index in Brazil. *Review of Regional Studies*, v. 49, n. 2, p. 299-322, 2019.
- ZHANG, Z.; YANG, H.; SHI, M. Analyses of Water Footprint of Beijing in an Interregional Input-Output Framework. *Ecological Economics*, v. 70, p. 2494-2502, 2011.
- ZHAO, X.; CHEN B.; YANG Z. F. National Water Footprint in an Input-Output Framework: A Case Study of China 2002. *Ecological Modelling*, v. 220, p. 245-253, 2009.
- ZHI, Y.; YANG, Z. F.; YIN, X. A. Decomposition Analysis of Water Footprint Changes in a Water-Limited River Basin: A Case Study of the Haihe River Basin, China. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 18, p. 1549-1559, 2014.

ORCID

Marco Antonio Montoya  <https://orcid.org/0000-0003-1566-7417>

Eduardo Belisário Finamore  <https://orcid.org/0000-0002-7506-6712>

 Este artigo está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.

APÊNDICE A: Matriz Insumo-Produto do Brasil de 2015 – seis setores

SETORES		1	2	3	4	5	6	Consumo Intermediário	Exportação	Consumo do Governo	Consumo das Famílias	Investimentos	Demanda Final	Valor Bruto da Produção
1	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	19.167	37	214.721	2	40	18.807	252.774	115.986	44	96.174	13.753	225.956	478.730
2	Indústrias extrativas	536	14.321	124.564	4.444	595	1.441	145.901	92.086	0	458	22.127	114.672	260.573
3	Indústrias de transformação e construção	100.564	31.900	954.891	19.777	9.040	348.850	1.465.023	427.196	4.122	802.297	710.130	1.943.745	3.408.768
4	Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	11.221	2.525	34.334	86.349	2.496	46.288	183.214	103	0	77.190	246	77.539	260.753
5	Água, esgoto e gestão de resíduos	6	301	9.369	81	874	27.639	38.269	20	0	24.119	436	24.576	62.845
6	Demais atividades	46.242	62.832	624.748	32.919	7.261	1.233.349	2.007.351	131.641	1.177.112	2.272.817	166.279	3.747.849	5.755.200
7	Total Insumos Nacional (1)	177.737	111.916	1.962.627	143.571	20.306	1.676.375	4.092.532	767.032	1.181.278	3.273.056	912.971	6.134.337	10.226.869
8	Importação internacional	23.957	28.649	361.370	24.019	2.646	173.832	614.473	6.337	2.615	139.976	79.213	228.141	842.614
9	Impostos sobre produtos nacionais	14.338	5.485	109.517	6.452	1.924	138.582	276.298	99	1.571	366.937	39.927	408.534	684.832
10	Impostos sobre produtos internacionais	3.731	3.754	48.423	1.257	251	30.549	87.965	0	312	55.224	11.853	67.389	155.354
11	Importação + Total dos Impostos (2)	42.026	37.888	519.310	31.728	4.821	342.963	978.736	6.436	4.498	562.137	130.993	704.064	1.682.800
12	Remunerações	49.810	32.791	520.374	16.133	16.809	2.036.103	2.672.020						
13	Excedente operacional bruto	218.188	76.226	384.073	68.014	20.299	1.658.032	2.424.832						
14	Impostos e subsídios à produção	(9.031)	1.752	22.384	1.307	610	41.727	58.749						
15	Valor Adicionado a Preços Básicos (3)	258.967	110.769	926.831	85.454	37.718	3.735.862	5.155.601						
16	Valor Bruto da Produção (1+2+3)	478.730	260.573	3.408.768	260.753	62.845	5.755.200	10.226.869						
17	Fator trabalho (ocupações)	13.137.526	287.556	19.853.399	153.226	524.195	67.989.174	101.945.076						
18	Uso total da água (Em hm³/ano)	33.643	1.044	6.389	3.114.300	53.999	2.045	3.211.421				8.086	8.086	3.219.507
19	Consumo total (Em hm³/ano)	23.704	282	3.450	101	2.270	748	30.554				46	46	30.600

Fonte: Elaborada pelos autores com base na MIP e na CEEA de 2015 (IBGE, 2018).