

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ESTIMATIVA DO CONSUMO DA ÁGUA NO SETOR INDUSTRIAL CEARENSE: UMA APLICAÇÃO DA MATRIZ INSUMO-PRODUTO

*Rogério Barbosa Soares¹; Samiria Maria Oliveira Silva²; Francisco de Assis Souza Filho³;
Witalo de Lima Paiva⁴ & Tereza Margarida Xavier de Melo Lopes⁵.*

RESUMO - O objetivo deste estudo foi realizar a análise insumo-produto regional de recursos hídricos para o setor industrial do Ceará visando o mapeamento do consumo de água direto e indireto setorial e intersetorial com base nas demandas intermediárias e finais deste setor. Para tal foi estimada uma matriz de insumo-produto dos recursos hídricos do estado com base na matriz de insumo-produto regional para o ano de 2013, analisando 32 setores e 58 produtos da economia cearense, com foco específico em 19 atividades e 24 produtos pertencentes ao setor da indústria. Constatou-se que o setor da indústria utiliza o menor volume de água de forma direta, consumindo apenas 7,2% do volume total demandado pelas atividades econômicas, mas é o setor que mais consome água considerando o consumo indireto intersetorial, respondendo por 62,6%. Entre os benefícios econômicos gerados decorrentes do uso da água, as atividades do setor industrial apresentam os maiores valores (R\$ 529,14 / m³), setor de serviços (R\$ 208,20 / m³) e setor agropecuário (R\$ 6,19 / m³).

ABSTRACT - The objective of this study was to perform the regional input-output analysis of water resources for the industrial sector of Ceará aiming at the mapping of direct and indirect sectorial and intersectorial water consumption based on the intermediate and final demands of this sector. For this purpose, an input-output matrix of the state's water resources was estimated based on the regional input-output matrix for the year 2013, analyzing 32 sectors and 58 products of the economy of the Ceará, focusing specifically on 19 activities and 24 products belonging to the industry sector. It was found that the industry uses the lowest volume of water directly, consuming only 7.2% of the total volume demanded by economic activities, but it is the sector that consumes the most water considering the indirect intersectorial consumption, accounting for 62.6%. Among the economic

1) Doutorando em Recursos Hídricos (UFC), Av. Humberto Monte s/n – Pici - Fone: (85) 987754925, e-mail: rogeriosores77@gmail.com.

2) Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (UFC), Av. Humberto Monte s/n – Pici - Fone: (85) 997666399, e-mail: samiriamaria@gmail.com.

3) Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (UFC), Av. Humberto Monte s/n – Pici - Fone: (85) 99969493, e-mail: assis@ufc.br.

4) Doutor em Economia, Av. General Afonso Albuquerque Lima, s/n Edifício SEPLAG – Térreo, Fone: 31013503, e-mail: witalo.paiva@ipece.ce.gov.br.

5) Graduanda em Engenharia Civil (UFC), Av. Humberto Monte s/n – Campus do Pici - Fone: (85) 987061421, e-mail: terezamelo@alu.ufc.br.

benefits generated by water use, activities in the industrial sector show the highest values (R\$ 529.14 / m³), service sector (R\$ 208.20 / m³) and agriculture sector (R\$ 6.19 / m³).

Palavras-Chave – Demanda Hídrica; Indústria; Matriz Insumo-Produto.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), o uso da água na indústria reflete o tipo de produto ou serviço que está sendo produzido e os processos industriais associados. Assim, o dinamismo e o porte do setor industrial, atrelados à uma elevada concentração no território, podem contribuir para a ocorrência de conflitos pelo uso da água, sobretudo em áreas urbanas com industrialização consolidada.

No Ceará o setor industrial conta com 5.266 unidades locais de empresas industriais, responsáveis por gerar mais de 220 mil ocupações, em 2016. Neste mesmo ano, o Valor Adicionado Bruto (VAB), que mede o valor agregado à economia, do setor industrial cearense alcançou a soma de R\$ 23,37 bilhões em 2016 contra R\$ 22,42 bilhões em 2015, respondendo por 19,2% de tudo que foi gerado pela economia cearense, com um parque industrial fortemente estruturado pela indústria de transformação e pela construção civil (IPECE, 2019; IBGE, PIA-Empresa, 2019).

Dessa forma, dados o grau de importância que a indústria possui no estado do Ceará, o conhecimento e a quantificação do consumo de água atrelado à cadeia produtiva industrial são essenciais para a análise da produtividade da água pelas plantas industriais cearenses, informações estas, que devem ser consideradas pelos tomadores de decisão para uma alocação eficiente dos recursos hídricos neste setor (Slack *et al.*, 2009).

Neste sentido, segundo Distefano *et al.* (2018), o uso da Matriz Insumo-Produto permite identificar o volume de água demandada de forma direta e indireta em toda a cadeia de produtiva da indústria e também expressar a produtividade da água em termos monetários em todas as atividades econômicas analisadas na produção de bens e serviços, abordando em sua análise as interdependências setoriais dentro do sistema econômico

Nesta linha de estudo, tanto a FAO (2017) como a CEPAL (2017), mostram que a aplicação da Matriz Insumo-Produto à análise de Recursos Hídricos possibilita a análise regional do uso e do fluxo de recursos hídricos entre os setores econômicos, dos impactos econômico do uso e das trocas de recursos hídricos, visando melhor qualificar a tipologia do uso da água e a eficiência econômica deste insumo para a formulação de estratégias, quanto à segurança hídrica.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi realizar a análise insumo-produto regional de Recursos Hídricos para o setor industrial cearense visando o mapeamento do consumo de água direto e indireto.

Área de estudo

O Ceará está localizado na região Nordeste do Brasil. De acordo com os dados estimados para o ano de 2018 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o estado possui uma área de 148.894,757 km² e uma população de, aproximadamente, 9.075.649 habitantes (Figura 1).

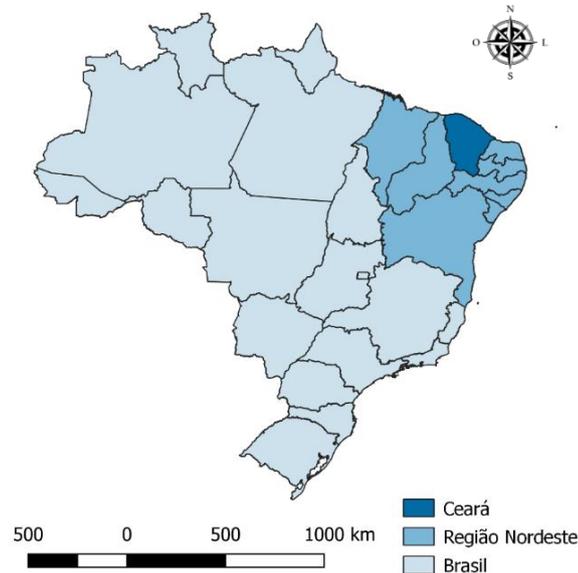


Figura 1 – Localização do estado do Ceará.

Fonte: Elaboração própria.

A economia do estado do Ceará ao longo dos últimos anos vem apresentando uma trajetória de crescimento do Valor Adicionado Bruto de 2002 a 2015, passando de R\$25,04 bilhões, em 2002, para R\$114,63 bilhões, em 2015. Destaca-se também que a população cearense vem a cada ano acumulando taxas de crescimento e aumento da taxa de urbanização (IPECE, 2018).

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo, inicialmente elaborou-se a matriz insumo-produto de recursos hídricos do Ceará com base na matriz insumo-produto regional (MIPR/CE) construída pelo Instituto de pesquisa e estratégia Econômica do Ceará – IPECE. Esta matriz corresponde à aplicação do modelo de Leontief a uma Tabela de Recursos e Usos e apresenta os dados para o ano de 2013.

Com base na metodologia descrita por Miller & Blair (2009), foi construído um vetor de consumo de água para o setor j no seu processo produtivo i , expresso em termos de coeficientes técnicos híbridos medidos em termos de R\$/m³, visando transformar os fluxos monetários (R\$) expressos na Matriz Insumo-Produto do Ceará em fluxos físicos de água, expresso em (m³).

Construção do vetor de demanda por água: Produtividade da água

A construção do vetor de demanda de água foi realizada com base na aplicação de coeficientes técnicos de consumo de água (R\$/m³) para cada produto elencado na Matriz Insumo-Produto do

estado do Ceará (2013) de acordo com a tipologia de atividades econômicas discriminadas para os setores econômicos da agropecuária, indústria e serviços.

Tendo em vista a precariedade de dados e informações sistemáticas referentes ao uso da água pelos diferentes setores da economia cearense, os coeficientes técnicos empregados para compor o vetor de consumo de água da Matriz Insumo-Produto de Recursos Hídricos para o estado do Ceará estimados com base na Matriz Insumo-Produto Regional do Ceará (MIPR/CE) construída pelo IPECE para o ano de 2013, Matriz de Coeficientes Técnicos para Recursos Hídricos no Brasil da Agência Nacional de Água (MMA, 2011) e nos coeficientes técnicos estimados por PICOLI (2016), regionalizados para o Estado do Ceará por meio de indicadores econômicos levantados pelas pesquisas setoriais do IBGE e Ministério do Trabalho –TEM.

E também com base em dados primários do DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, sobre o consumo de água pelas atividades ligadas a agricultura irrigada levantados na região do Baixo e Médio Jaguaribe-CE. Além destes foram utilizados dados secundários coletadas junto às seguintes instituições: Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH), Secretaria de recursos Hídricos (SRH) e Agência do Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE).

Matriz Insumo-Produto de Recursos Hídricos Regional: Consumo Direto

A MIP de recursos hídricos foi construída conforme a metodologia descrita por Lima (2002) e Miller & Blair (2009), a qual representa a demanda pelo recurso água pelas atividades econômicas do Ceará, tanto de forma direta como indireta (Quadro 1).

Esta metodologia possui duas etapas principais:

- i. Construção dos coeficientes técnicos de demanda hídrica dos setores econômicos da indústria, serviço e agropecuária;
- ii. Estimativa da demanda final por recursos hídricos finais.

Tabela 1 – Modelo insumo-produto com o insumo água.

	Consumo Intermediário			Demanda Final	Produção Total
	Setores consumidores				
	Setor 1	Setor 2	Setor 3		
Produto 1	Z11	Z12	Z13	Y1	Z1
Produto 2	Z21	Z22	Z23	Y2	Z2
Produto 3	Zn1	Z1n	Z33	Y3	Z3
Insumo Água	Dw1	Dw2	Dw3	Yw	D

Fonte: Adaptado de Miller & Blair (2009).

Conforme a teoria básica dos modelos de insumo-produto, a descrição matemática da tabela 1 será feita por meio do seguinte conjunto de equações:

$$Z1 = Z11 + Z12 + Z13 + Y1 \quad (1)$$

$$Z2 = Z21 + Z22 + Z23 + Y2 \quad (2)$$

$$Z3 = Z31 + Z32 + Z33 + Y3 \quad (3)$$

$$D = Dw1 + Dw2 + Dw3 + Yw \quad (4)$$

Onde: Z_i é o total de produção do setor i ; Z_{ij} é o fluxo monetário entre os setores i e j ; Y_i é a demanda final do setor i ; D é o consumo total de água; D_{wj} é o consumo de água do setor j no seu processo produtivo; Y_w é a demanda de água por parte das famílias.

Os coeficientes técnicos são calculados conforme as equações:

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{Z_j} \rightarrow Z_{ij} = a_{ij} \times Z_j \quad (5)$$

$$W_j = \frac{D_{wj}}{Z_j} \rightarrow D_{wj} = W_j \times Z_j \quad (6)$$

Onde:

a_{ij} é o coeficiente técnico de insumo direto;

W_j é o coeficiente técnico direto da água ou o quanto o setor j utiliza de água por unidade produzida.

Substituindo-se Z_{ij} e D_{wj} nas equações 1, 2, 3 e 4 tem-se:

$$Z1 = a11Z1 + a12Z2 + a13Z3 + Y1 \quad (7)$$

$$Z2 = a21Z1 + a22Z2 + a23Z3 + Y2 \quad (8)$$

$$Z3 = a31Z1 + a32Z2 + a33Z3 + Y3 \quad (9)$$

$$D = W1Z1 + W2Z2 + W3Z3 + Yw \quad (10)$$

As equações supracitadas podem ser representadas de forma abreviada como:

$$Z_i = \sum_{j=1}^3 a_{ij} z_j + Y_j \quad (11)$$

$$D = \sum_{j=1}^3 w_j z_j + Y_w \quad (12)$$

O conjunto de equações acima pode ser escrito, ainda, na forma matricial:

$$Z = AZ + Y = (I-A)^{-1}Y \quad (13)$$

$$D = WZ + Y_w \quad (14)$$

Substituindo-se o valor de Z em 14, tem-se:

$$D = W(I-A)^{-1}Y + Y_w \quad (15)$$

Onde: Z é a matriz de consumo intermediário tradicional; A é a matriz de coeficientes técnicos diretos dos insumos; Y é o vetor de demanda final; Y_w é o vetor de demanda por água; D é a matriz de demanda intersetorial por água; D_{wj} especifica a quantidade de água usada na produção total do setor j ; W é a matriz de coeficientes técnicos de água; W_{kj} corresponde à quantidade de água necessária à produção de uma unidade monetária pelo setor j ; $W(I-A)^{-1}$ é a matriz de coeficientes técnicos diretos e indiretos de demanda por água ou matriz de requerimentos diretos e indiretos.

Cada elemento desta matriz reflete o quanto o setor j necessita, direta e indiretamente, do insumo água, para satisfazer a uma demanda de uma unidade monetária.

A soma das linhas dessa matriz fornece o total de consumo direto de água por setor para atender às mudanças na sua demanda final, ou seja, o quanto cada setor irá requerer de água, de si próprio e dos demais setores da economia.

Consumo Indireto de recursos hídricos

O consumo indireto de recursos hídricos foi obtido a partir da a matriz de consumo intermediário tradicional multiplicada pela matriz de coeficientes técnicos de água, utilizando a equação matricial 13, escrita da seguinte forma:

$$Z = (I-A)^{-1}Y W \quad (13)$$

Onde:

Z é a matriz de consumo intermediário tradicional;

A é a matriz de coeficientes técnicos diretos dos insumos;

Y é o vetor de demanda final;

W é a matriz de coeficientes técnicos de água;

$W(I-A)^{-1}Y$ é a matriz de requerimentos indiretos intersetorial de recursos hídricos. Cada elemento desta matriz reflete o quanto o setor j necessita, indireta, do insumo água, para satisfazer a uma demanda de uma unidade monetária.

Desta forma, o consumo indireto intersetorial de recursos hídricos foi obtido com base na Matriz de Consumo Intermediário das atividades econômicas do estado do Ceará.

RESULTADOS

Consumo de água entre os setores econômicos do Ceará

Conforme a Matriz de Insumo-Produto de Recursos Hídricos do estado do Ceará, o consumo direto de água pelos setores econômicos do estado do Ceará soma um volume de água demandada na ordem de 1,49 trilhões de m^3 .

Entre estes setores da economia cearense, a agropecuária apresenta o maior consumo direto de água bruta com 60,1%, sendo que o setor de serviços responde por 32,6% da demanda total de água no estado do Ceará, seguido pela indústria que consome apenas 7,2%.

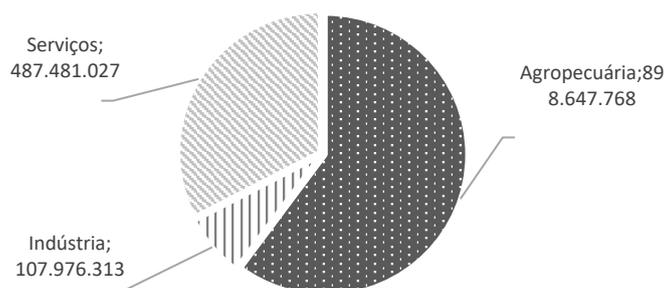


Figura 2 – Participação dos setores econômicos do Ceará no consumo de água (%), 2013.

Fonte: Elaboração própria.

Consumo direto Setorial

Os resultados obtidos descrevem de forma quantitativa o consumo da água de forma direta e indireta pelo setor industrial sendo considerados 19 atividades e 24 produtos.

A indústria cearense se caracteriza pela produção de bens de consumo não duráveis, com menor valor agregado, como calçados, tecidos, vestuário e bebidas. As atividades estão mais concentradas na Região Metropolitana de Fortaleza, com uma participação industrial relativa superior as demais regiões dos estados, respondendo por 83,47% da produção industrial do estado em 2016, tendo em vista que a mesma possui condições favoráveis de disponibilidade de mão de obra qualificada e infraestrutura logística, abrigando assim, importantes distritos industriais onde o uso da água tende a ser intensivo e diversificado.

Conforme a Matriz elaborada neste estudo, o consumo direto de água pelos setores econômicos do estado do Ceará soma um volume de água demandada na ordem de 1,49 trilhões de m³. Entre estes setores da economia cearense, a agropecuária apresenta o maior consumo direto de água bruta com 60,1%, sendo que o setor de serviços responde por 32,6% da demanda total de água no estado do Ceará, seguido pela indústria que consome apenas 7,23%.

Conforme as análises realizadas, o setor industrial cearense consumiu 107.976.313 m³ de água em seu processo produtivo tendo como principais atividades em termos de valor bruto da produção: construção civil (26,46%), fabricação de alimentos (14,11%), Eletricidade e gás, água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação (12,54%), calçados e artefatos de couro (8,39%) e artigos do vestuário e acessórios (6,14%).

Sendo os principais produtos consumidores de recursos hídricos: calçados e artefatos de couro (32.177.973m³), Artigos de vestuário e acessórios (18.515.475m³), produtos têxteis (12.405.133 m³), indústria extrativas (10.470.813 m³) e fabricação de bebidas (9.574.893m³), produtos estes com inserção internacional. Ressalta-se que estas atividades responderam por 36,4% do valor bruto da produção industrial do Ceará em 2013.

Analisando o consumo de água para a indústria do Ceará observa-se que esta reflete a dinâmica que o setor apresenta em seus processos associados a oferta de bens ao mercado. O ano de 2013, por exemplo, destacou-se pela recuperação de atividades tradicionais como calçados e artigos de couro e têxtil e por uma taxa de câmbio que estimulou as exportações e dificultou a entrada de bens industrializados de outros países, em função da desvalorização da moeda nacional.

Dessa forma, a utilização de água no processo produtivo industrial cearense é influenciada por vários fatores, dentre eles, o tipo de processo e de produtos, tecnologias empregadas e da conjuntura macroeconômica vivenciada pelo setor no Ceará.

Consumo Indireto Intersetorial

Ao contabilizar o consumo indireto intersetorial de recursos hídricos entre as atividades econômicas verificou-se que o consumo de água pela indústria (62,6%) ampliou a sua participação. Os resultados apontam que, embora o setor industrial utilize um menor percentual de água diretamente na produção, indiretamente a quantidade de água consumida em seu processo produtivo é ampliada quando se contabiliza a demanda hídrica incorporada pelo consumo intermediário de bens e serviços gerados pelos setores da agropecuária e de serviços como insumo. Assim, percebe-se que o setor industrial também consome grandes quantidades de água de forma indireta.

Com isso, pode-se constatar que: apesar do alto consumo direto de água pelos setores agrícolas, a maior parte da água consumida é incorporada em seus produtos e depois flui principalmente para a indústria na forma de insumos.

Nesse sentido, o “consumo indireto” ou “consumo intermediário intersetorial” representou uma parte significativa do consumo de água no estado, demonstrando que o Ceará, apesar de estar situado em uma região semiárida com escassez hídrica, possui uma estrutura econômica baseada em setores que consomem grandes quantidades de água.

Produtividade do uso da água

Ao analisar os coeficientes dos usos de água (Figura 3) entre as atividades econômicas do Ceará percebe-se que os maiores valores estão relacionados a indústria (R\$529,14/m³), seguida pelo setor de serviços às famílias (R\$208,20) e pela agropecuária (R\$6,19/m³).

Entre as atividades que compõem o setor industrial que obtiveram uma melhor produtividade do uso da água (R\$/m³) pode-se destacar: Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias e outros equipamentos de transporte, Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos, máquinas, aparelhos e materiais elétricos, Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos, Fabricação de máquinas e equipamentos e Fabricação de produtos de borracha e de material plástico.

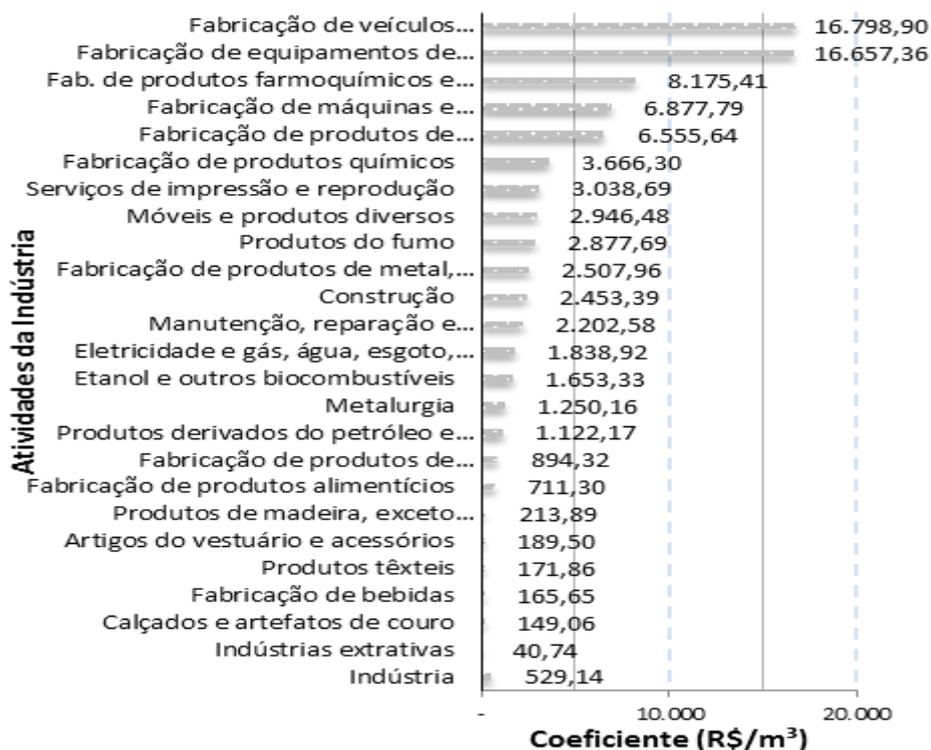


Figura 3 – Coeficiente de Consumo de água (R\$/m³) da Indústria, Ceará – 2013

Fonte: Elaboração própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo consistiu em redefinir o modelo clássico de insumo-produto, a fim de integrar as informações econômicas fornecidas por este modelo com informações hidrológicas sobre o uso direto e indireto de água no setor industrial verificando as relações estabelecidas entre a estrutura econômica e os recursos hídricos.

De forma geral, a análise dos usos diretos e indiretos da água em nível setorial revela que, por um lado, o setor da Indústria consome o menor volume de recursos hídricos de forma direta, consumindo 7,2% dos recursos hídricos demandados pelas atividades econômicas do Ceará em 2013, no entanto, quando se avalia seu uso indireto, este responde por 62,6% da água consumida. Assim, tal setor apresenta baixo uso direto dos recursos hídricos e alto uso indireto de água.

Entre os setores analisados, as atividades da indústria possuem os maiores valores gerados por m³ de água utilizado em termos de valor bruto da produção no estado do Ceará.

Em suma, pode-se dizer que, o modelo insumo-produto regional permitiu uma análise consistente do uso da água apontando a importância de inserir a avaliação do consumo indireto da água no planejamento de recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio técnico do Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará (IPECE) e ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), visto que o artigo foi desenvolvido no âmbito da Chamada MCTI/CNPq n° 18/2018 processo n° 420882/2018-9.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. “Água na indústria: uso e coeficientes técnicos.” Brasília: ANA, 2017.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE. “As contas econômicas ambientais da água: Lições aprendidas para sua implementação no Brasil.” Santiago, Nações Unidas/MMA/CEPAL, 2017, 42p.

DISTEFANO, T.; RICCABONI, M.; MARIN, G. (2018). “Systemic risk in the global water input output net-work.” *Water Resources and Economics*, v. 23, pp 25-82.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2017) “Water accounting and auditing: A sourcebook.” Revised edition - November 2017. Roma. FAO WATER REPORTS N.º 43, 2017, 238p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. “Panorama, Ceará - Brasil” Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama>>. Acesso em: 09/04/2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. “Pesquisa Industrial Anual - Empresa.” Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20/12/2018.

IPECE – Instituto de pesquisa e estratégia Econômica do Ceará. “Ceará em Mapas”. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/>>. Acesso em: 06/12/2018.

IPECE – Instituto de pesquisa e estratégia Econômica do Ceará. “PIB dos Municípios Cearenses”. Disponível em: <<https://www.ipece.ce.gov.br/pib-municipal/>>. Acesso em: 21/12/2018.

IPECE – Instituto de pesquisa e estratégia Econômica do Ceará. “Produto Interno Bruto (PIB)”. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2019/03/PIB_Ceara_nas_Oticas_Producao_e_Renda_2016.pdf>. Acesso em: 02/04/2019.

LIMA, P.V.P.S. (2002). “Relações econômicas do Ceará e a importância da água e da energia elétrica no desenvolvimento do Estado.” Piracicaba: Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” 245p. Tese (Doutorado).

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. (2009). “Input-Output Analysis: Foundations and Extensions.” Cambridge University Press, United Kingdom ed.2, 784 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. “Desenvolvimento de Matriz de Coeficientes Técnicos para Recursos Hídricos no Brasil.” Brasília: MMA, 2011.

PICOLI, I. T. (2016). “Water Footprint of the Brazilian Economy: an input-output analysis.” Campinas Grande, SP: 2016. Dissertation (Master in Economic Development), Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. (2009). “Administração da produção.” São Paulo: Atlas, ed.2. 749 p.