



ARTIGO CIENTÍFICO

Valoração da água na sub-bacia do Alto Piranhas no Sertão paraibano

Water Valuation in the sub-bacia of Alto Piranhas in Paraíba state, Brazil

Lilian de Assis Figueiroa¹, Allan Sarmiento Vieira², Marcos Macri Olivera³

Resumo: Objetivou-se valorar a água na sub-bacia do Alto Piranhas, no Estado da Paraíba, utilizando o modelo de Leontief. A metodologia delineada utilizou-se do método dedutivo, é classificada como descritiva e exploratória, com abordagem quantitativa. Foram considerados os principais setores da sub-bacia, quantificando o consumo pelo o conceito da Pegada Hídrica Total. Os tipos de usos, entendidos a partir do modelo de Leontief, como demandas intermediárias foram utilizados, também, para construção da matriz insumo-produto, sendo os setores a serem considerados para empregar e combinar os insumos procedentes para cada setor. A análise dos dados mostrou que a Pegada Hídrica Total resultou em um consumo de 254.938.290,78 (m³/ano). A partir disso, portanto, foi possível precificar a água nos diferentes setores, através da matriz-insumo, mas foi observado que a ausência de informações primárias associadas ao uso múltiplos da água caracterizou-se como fator limitante para a proposta deste estudo. Apesar dessa limitação notou-se, que quanto mais demandas intermediárias inseridas na matriz de valores absolutos, menores são os preços finais per capita a serem pagos pelo consumo da água, isso ocorreu porque existem contribuições de um setor para o outro.

Palavras-chave: Cobrança; Modelo insumo-produto; Pegada hídrica total.

Abstract: The objective was to assess the water main in the Sub-basin of Alto Piranhas, Paraíba State, using the model proposed by Leontief. The methodology outlined in the deductive method was used, is classified as descriptive and exploratory, with a quantitative approach. Were considered the main sub sectors studied, quantifying the consumption by the Total Water Footprint concept. The types of uses, from the Leontief model, as intermediate demands were used, too for the construction of input-output matrix, being the sectors to be considered to employ and combine inputs from for each sector. The analysis of the data showed that the Total Water Footprint resulted in a 254,938,290.78 consumption (m³/year). Therefore, it was possible to value water in different sectors, through the matrix-input, but it was observed that the absence of primary information associated with multiple water use was characterized as a limiting factor for the purpose of this study. Despite this limitation it was noted that the more intermediate demands placed on array of absolute values, lower the final prices to be paid by per capita water consumption, this occurred because there are contributions from one sector to the other.

Key words: Collection; Input-output model; Total water footprint.

Trabalho apresentado no IV Encontro Interdisciplinar da Paraíba realizado entre 09 a 10 de novembro de 2017 no Centro de Ciências Jurídicas e Sociais da Universidade Federal de Campina Grande, Sousa, Paraíba.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 15/11/2017; aprovado em 26/11/2017

¹Administradora, Especialista em Gestão Ambiental, UFCG/CCJS, Sousa-PB; (83) 3521-3236, lilianfigueiroa@gmail.com.

²Professor Doutor, Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental no Semiárido (GAS), Universidade Federal de Campina Grande, Sousa, Paraíba. (83) 3521-3236, allan.sarmiento@ufcg.edu.br.

³Professor Mestre da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Sousa/PB, (83) 3521-3200, macri.ccjs@gmail.com.



INTRODUÇÃO

A gestão ambiental surgiu nas últimas décadas do século XX, podendo ser entendida como um processo que busca a harmonização das interações entre as atividades humanas com a preservação dos ecossistemas ambientais. A preocupação com a recuperação, preservação e boa gestão dos recursos naturais está relacionado a condicionantes históricas, na medida em que os recursos deixam de ser abundantes, e tornam-se mais escassos, em virtude de sua apropriação pelos processos produtivos, observa-se, então, a criação de instrumentos e ferramentas para melhorar as relações entre os seres humanos e o meio ambiente (SEIFFERT, 2011).

Para tanto, o modo de produção e consumo vigente acentuam os problemas ambientais e ameaçam a qualidade de vida das futuras gerações. Quanto maior o desenvolvimento econômico da sociedade e quanto mais diversificadas forem suas atividades produtivas, mais intensiva é a exploração dos recursos naturais (MOTTA, 2013). Resultante dessas demandas crescentes, a escassez tornou-se uma preocupação evidente diante da indisponibilidade desses recursos em consequência das pressões sobre o meio ambiente.

Nesse sentido, dentre outros, a água apresenta-se como um dos recursos limitantes mais críticos para a população humana (RICKLEFS, 2013). Este bem é reconhecidamente essencial às espécies, seja como componente ou meio de vida, como elemento representativo de valores socioculturais e como fator de produção de bens e de consumo (SEIFFERT, 2011; BASSOI; MENEGON JÚNIOR, 2014).

Apesar da água ser considerada um recurso renovável, a degradação ambiental, principalmente os ecossistemas aquáticos, tem reduzido a capacidade de resiliência da água. Sendo necessária a utilização racional dos recursos hídricos, de forma tal que os mecanismos de gestão possibilitem à sustentabilidade.

Tendo em vista a possibilidade da escassez em quantidade e/ou qualidade de recursos hídricos gera-se a necessidade de buscar mecanismos que induzam alocações eficientes dos recursos existentes. Botelho; Silva e Leite (2012) discorrem sobre as perspectivas da gestão dos recursos naturais e enfatiza que a quantificação monetária da natureza, a partir da utilização dos instrumentos econômicos, é uma forma de induzir à conservação e melhoria do meio ambiente.

Motta (2013) ressalta que a valoração do recurso ambiental consiste em determinar os custos e os benefícios sociais, consequentemente o bem-estar das pessoas mediante as mudanças nas quantidades destes recursos. A valoração econômica do meio ambiente surge em consequência da preocupação/conservação dos recursos, por parte da geração presente e pela assimilação da possível ausência destes bens para as gerações futuras.

Dessa forma, a gestão das águas, no Brasil, remonta à década de 1930, quando em 1934 entrou em vigor o Código das Águas, mas somente após longo debate em torno desta legislação que a partir da década de 1990, segundo Leite e Vieira e Sousa Junior (2010), o modelo de gestão dos recursos hídricos foi reformulado e iniciou-se uma nova fase com a aprovação da Lei Federal nº 9.433/97, reconhecendo a água como um bem público e dotado de valor econômico.

Motta (2013) acrescenta que a Lei nº 9.433/97 reconhece o valor econômico deste bem e que o instrumento de cobrança impulsiona o uso racional do mesmo. A cobrança alicerça o desafio do gerenciamento sustentável das águas

(SERRANO; CARVALHO, 2013). Ainda nesse sentido, Seiffert (2011) alerta que a utilização de um preço sobre o uso da água é mais do que um instrumento para gerar receitas para o Estado, e impulsora de mudanças comportamentais.

Schmitz (2014) descreve as mudanças no modo de gestão dos recursos hídricos no Brasil que resultaram nas transformações da legislação brasileira e cita a importância da criação de comitês e agências de bacia hidrográfica como instrumentos de monitoramento e a fiscalização dos Planos de bacia hidrográfica, outorgas e cobrança pelo uso da água. Além disso, a nova legislação aponta a bacia como à unidade de análise, tendo em vista que a disponibilidade (oferta) de água é fornecida pelas bacias e não por outra unidade administrativa (BRASIL, 1997).

Esses valores arrecadados com a cobrança serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica, que é área geográfica drenada por um rio e seus afluentes e está sendo, desde o final da década de 1980 adotada como área preferencial para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Cada bacia se interliga, constituindo uma ordem hierárquica superior em relação a sub-bacia. Em consequência disso, os conceitos bacia e sub-bacia são termos relativos (CARMO; SILVA, 2010; CARVALHO, 2014).

A sub-bacia do Alto Piranhas pertence à bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu está localizada a oeste do Estado da Paraíba, limita-se ao oeste com o Estado do Ceará, ao norte com a bacia do Rio do Peixe, ao nordeste com a Região Hidrográfica do Médio Piranhas e ao sul e leste com a bacia do Rio Piancó (FREITAS, 2012). É uma das áreas em que o município de Sousa-PB está inserido e unidade de planejamento que abrange o reservatório de São Gonçalo, responsável pelo abastecimento dessa cidade, por isso foi a área de estudo escolhida.

Schmitz (2014) aponta que com a implementação da cobrança existem impactos na produção econômica de bens e, por conseguinte na formação dos preços destes e ainda nas demandas por água, ressaltando, também, a necessidade de considerar as demandas entre bacias. Nesse sentido identificou que através do modelo insumo-produto é possível mostrar as transações intra e interindustriais estimando os volumes de recursos hídricos para os múltiplos usos e citou trabalhos que combinaram este método com o de programação linear para obter preços-sombras setoriais para a água. Os modelos de insumo-produto no que concerne aos recursos hídricos foram aplicados inicialmente na década de 1960, mas somente a partir de 2000 houve interesse geral por esta área de pesquisa, relacionada à economia ecológica, possivelmente devido a potencial escassez quantitativa ou qualitativa da água. Dentre os 101 trabalhos compilados que utilizam a metodologia insumo-produto e que tratam de questões referentes à água apenas oito são brasileiros (SCHMITZ, 2014).

Cabe ressaltar que a utilização de modelos de cobrança, mesmo que aprovados pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e executado pela Agência Nacional de Água (ANA), não determinam que o recurso gerado ou estimado consiga suprir as necessidades do sistema de gerenciamento da unidade de análise escolhida, tal fato pode ser comprovado no estudo desenvolvido por Assis e Vieira (2015) onde após estimação da arrecadação feita para a sub-bacia do Alto Piranhas, foi averiguado que o valor arrecadado para retirada, assim como para lançamento foi superior ao que se tem previsto para aplicação na bacia com base no Plano

Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba (PERH). Logo, o preço da água é uma variável chave para aplicação e implementação de modelos de cobrança para arrecadação.

Nesse contexto, Motta (2013) coloca a importância dos custos como parte do preço da água, mas se houverem distorções destes custos, percebidos pelos usuários, em relação à cobrança essa incerteza levará a ineficiência alocativa tanto no sistema de cobrança como na criação dos mercados.

Acredita-se assim, que o desenvolvimento desta pesquisa, se justifica, já que água é recurso natural importante, do ponto de vista estratégico, no desenvolvimento de uma sociedade. Assim, esse estudo não pretende aplicar modelos matemáticos que distanciem a valorização econômica da água da base teórica, mas identificar um preço que tenha por base a arrecadação necessária para manter a oferta hídrica, que busque a eficiência econômica na unidade de análise escolhida, a sub-bacia do Alto Piranhas.

Partindo desse contexto que a cobrança é um instrumento que visa o uso racional, a proteção e a preservação da água, Assim objetivou-se aplicar o modelo de Leontief para criar uma proposta de valoração da água na sub-bacia do Alto Piranhas no Sertão paraibano, identificando os dados necessários para aplicação do modelo, definindo a matriz insumo-produto e por fim, precificando os diferentes setores, através do modelo Leontief.

MATERIAL E MÉTODOS

Na pesquisa adotou-se o método dedutivo. As metodologias de cobrança existentes possuem uma estrutura básica, que considera a multiplicação entre uma base de cálculo (que busca quantificar o uso da água, diferenciando-se em captação, consumo e diluição de efluentes) e o preço (definidos por seus objetivos: econômicos - incentivar a racionalização, reconhecendo a água como bem econômico e financeiro - obter recursos para o financiamento dos programas e intervenções dos Planos de bacia) (MAGALHÃES FILHO, 2013), mas que ainda encontram desafios, por exemplo, com a definição dos valores a serem cobrados. Para tanto, essa pesquisa se fundamentou em premissas já estabelecidas, partindo do geral para propor algo particular, no caso, para a sub-bacia do Alto Piranhas localizada no Estado da Paraíba.

É do tipo descritiva e exploratória. Isso se deve ao fato de descrever a sub-bacia do Alto Piranhas (PB), unidade de análise, explicitando as suas características e exploratória pelo fato de demonstrar, através da análise da matriz insumo-produto, os fatores (demandas intermediárias, os custos e valores brutos de produção) que contribuem para a valoração da água.

Com relação aos procedimentos técnicos, esta pesquisa é documental, esse delineamento é possível, quando parte de um material já elaborado, de segunda mão, como fonte de pesquisa (PRODANOV; FREITAS, 2013). É, também, um estudo de caso, por caracterizar em profundidade a sub-bacia do Alto Piranhas (PB).

Do ponto de vista, da abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa quantitativa, pois teve a pretensão de utilizar o cálculo entre matrizes, definido pelo modelo Leontief, com a finalidade de criar uma proposta de valoração da água.

A sub-bacia do Alto Piranhas pertence à bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, que possui uma área

total de 43.683 km² e seu território divide-se entre os Estados da Paraíba 25.948 km² (60%) e do Rio Grande do Norte 17.735 km² (40%). Essa região tem a quase totalidade de sua área no semiárido nordestino, inserida em um contexto de baixa disponibilidade hídrica, devido às chuvas concentradas em poucos meses do ano, alternância entre anos de pluviosidade acima da média regular (precipitação média anual de 937 mm) e anos consecutivos de seca, elevadas taxas de evaporação, conjugada a geomorfologia da região, caracterizada por solos rasos formados sobre um substrato cristalino, com baixa capacidade de armazenamento, é responsável pelo caráter intermitente dos rios da região. (BRASIL, 2016).

A bacia abrange, completa ou parcialmente, 147 municípios sendo 102 na Paraíba e 45 no Rio Grande do Norte, que de acordo com o mais recente censo demográfico (IBGE, 2010), a população da bacia é de 1.406.808 habitantes. A taxa média de urbanização na bacia fica em torno de 69% e a grande maioria dos municípios (73%) tem menos de 10.000 habitantes (BRASIL, 2016). Em relação aos usos consuntivos da bacia, as demandas estimadas estão expressas na Tabela 1, abaixo:

Tabela 1. Principais usos e demandas estimadas bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, Paraíba, Brasil

Uso	Demandas estimadas (m ³ /s)
	Retirada
Abastecimento humano	3,23
Agricultura irrigada	26,25
Pecuária	0,70
Indústria	0,60
Pesca e Aquicultura	9,74

Fonte: BRASIL, 2016

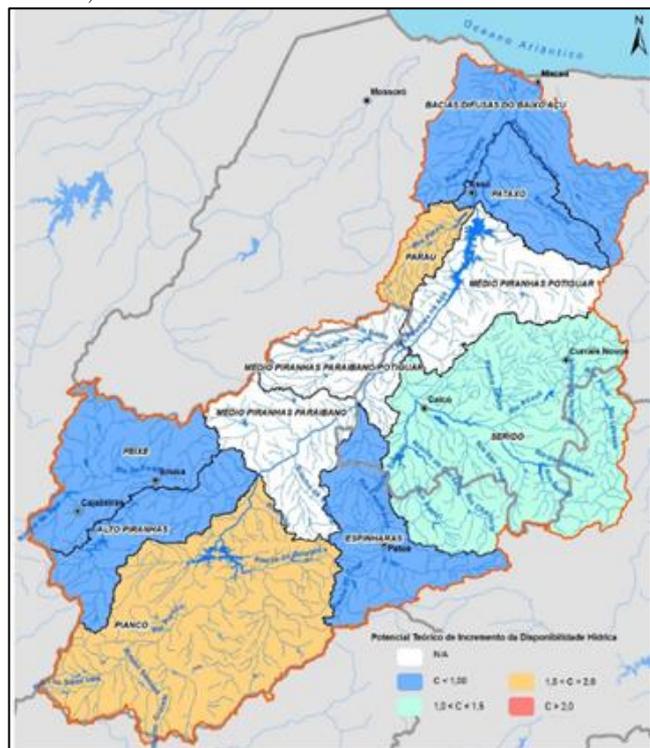
As vazões estimadas acima correspondem à água potencialmente captada dos corpos hídricos, mas a vazão consumida leva em consideração as perdas físicas dos sistemas, logo as taxas de consumo médio das vazões retiradas para abastecimento urbano, abastecimento rural, agricultura irrigada, pecuária, indústria e aquicultura são, respectivamente, 20%, 50%, 80%, 80%, 20% e 10%.

O Estado da Paraíba está dividido em onze bacias hidrográficas, dentre elas o Rio Piranhas é de domínio federal e para efeito de estudo no PERH- PB (BRASIL, 2006), esta bacia foi dividida em quatro sub-bacias (Alto Piranhas, Rio Piancó, Rio Espinharas e Rio Seridó) e duas regiões hidrográficas (Alto Piranhas e Médio Piranhas), que podem ser visualizadas na figura 1, acima. Na sub-bacia do Alto Piranhas, 19 municípios são abrangidos e têm 7 sedes municipais dentro dos limites da sub-bacia. Possui 72 espelhos d'água artificiais, mas apenas 3 são considerados no resumo executivo do PRH- Piancó-Piranhas-Açu (BRASIL, 2016), por ter capacidade individual de acumulação superior a 10 hm³: Engenheiro Ávidos (255 hm³), São Gonçalo (44,6 hm³) e Bartolomeu I (17,6 hm³), este armazenamento é utilizado para atendimento dos diversos usos.

Localizada a oeste do Estado, limita-se ao oeste com o Estado do Ceará, ao norte com a bacia do Rio do Peixe, ao nordeste com a Região Hidrográfica do Médio Piranhas e ao sul e leste com a bacia do Rio Piancó (Figura 1) (FREITAS, 2012). A sub-bacia do Alto Piranhas é uma das onze Unidades de Planejamento Hidrológico (UPH) da bacia

hidrográfica do rio Piranhas-Açu. Possui uma área de 2.562 km², inserida totalmente em território paraibano, o que corresponde a 5,9% da área total da bacia (BRASIL, 2016).

Figura 1. Bacia hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, Paraíba, Brasil.



Fonte: BRASIL (2016)

Segundo Brasil (2016, p. 35-36) a agropecuária é a principal atividade econômica da região, “Durante o século XIX até quase o final do século XX, o binômio algodão e gado fortaleceu a economia da região do Alto e Médio Piranhas”. Com a construção dos açudes Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, intervenções na infraestrutura hídrica, “propiciou o estímulo à criação de um centro de irrigação nos municípios de Sousa/PB e Marizópolis/PB, e o estabelecimento do primeiro polo de fruticultura do Nordeste”. Logo, dentre os usos, a agricultura irrigada, assim como em outras bacias, é a atividade econômica que responde pela maior demanda hídrica total, nesse contexto, a UPH Alto Piranhas destaca-se pela presença dos perímetros irrigados das Várzeas de Sousa e de São Gonçalo (BRASIL, 2016).

Nesta UPH, a demanda hídrica total foi estimada a partir dos reservatórios acima citados, resultando em um percentual médio de retirada de: 12,68% para abastecimento humano, 0,87% para pecuária, 84,48% irrigação, 1,93% industrial e 0,04% aquicultura. Já o percentual de consumo, aponta para uma perda hídrica para os usos de abastecimento humano e industrial, descritos em: 3,56% abastecimento humano, 0,97% pecuária, 94,91% irrigação, 0,54% industrial e 0,02% aquicultura (BRASIL, 2016).

Quanto à cobertura vegetal é predominante a caatinga hiperxerófila arbustiva-herbácea, em pontos de altitude mais elevada, ocorre a caatinga hipoxerófila, de porte arbóreo. As espécies mais comuns são: catingueira, baraúna, faveleira, jurema, marmeleiro, pereiro, juazeiro, e cactáceas (xiquexique, mandacaru, facheiro), embora essa cobertura se encontre bastante antropizada em decorrência da agricultura e exploração de lenha. Quanto a geomorfologia apresenta o

embasamento cristalino, que corresponde principalmente à Depressão Sertaneja, nessa região predominam os solos: o luvisolo crômico e o neossolo litólico, além de argissolo vermelho-amarelo, rasos e pedregosos não se adequando à prática da agricultura intensiva (BRASIL, 2016).

A área de estudo apresenta clima do tipo semiárido quente mediano, com má distribuição anual da precipitação. A região está inserida, em sua maior parte, na unidade geomorfológica da Depressão Sertaneja e possui os solos rasos, pedregosos, suscetíveis à erosão (FREITAS, 2012).

As cidades abastecidas pela sub-bacia, consideradas nesta pesquisa, foram: Cajazeiras, São José de Piranhas, Marizópolis, Sousa, Nazarezinho, Bonito de Santa Fé, Carrapateira e São José da Lagoa Tapada. Já, para o cálculo da água cinza, foram consideradas as cidades que lançam efluentes na sub-bacia, que são: São Domingos de Pombal, Bonito de Santa Fé, Monte Horebe, São José de Piranhas, Nazarezinho, Carrapateira, São José da Lagoa Tapada, Aparecida e Marizópolis, visualizadas a partir do Geo Portal – AESA (2016).

Além disso, na sub-bacia do Alto Piranhas, embora não haja restrições para a disponibilidade de recursos hídricos, existe localmente um déficit em função da qualidade da água, exigindo tratamento específicos para certas atividades industriais e cuidados locais especiais no que se refere a irrigação por meio de alguns açudes e poços (BRASIL, 2006).

Foi realizada uma revisão de literatura em busca dos trabalhos publicados sobre precificação, com base na análise insumo-produto, levando em consideração a representação da dinâmica para a região a ser estudada.

Com o intuito de averiguar se a proposição era viável, foram considerados setores, a partir dos usos identificados, no Plano de Recursos Hídricos Piancó-Piranhas-Açu (BRASIL, 2016) para a UPH escolhida, atrelados ao conceito de pegada hídrica. Para tanto, foram definidos os setores de demanda por água: abastecimento humano, agricultura irrigada, dessedentação animal, e lançamento de efluentes.

A pegada hídrica total da sub-bacia do Alto Piranhas foi calculada para o ano de 2015, por conta da disponibilização dos dados dos órgãos gestores, pela soma das pegadas hídricas (azul, verde e cinza) de cada setor, conforme a equação 1.

$$PH_{\text{total}} = PH_a + PH_i + PH_p + PH_e \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: PH_{total} = Pegada Hídrica Total da Sub-bacia do Alto Piranhas; PH_a = Pegada Hídrica do Abastecimento Urbano e Rural; PH_i = Pegada Hídrica da agricultura irrigada; PH_p = Pegada Hídrica da pecuária; PH_e = Pegada Hídrica dos esgotos produzidos por cada município que lançam efluentes na sub-bacia.

Ressalta-se que para este cálculo foi utilizado apenas a pegada hídrica direta, que se refere ao consumo e à poluição relacionados ao uso da água na área escolhida. Tendo em vista que foram necessárias adaptações do padrão global estabelecido por Hoekstra et al. (2011), já que não foram encontrados dados suficientes disponíveis para determinar o balanço de água virtual dessa área.

Os tipos de usos, entendidos a partir do modelo de Leontief, como demandas intermediárias foram utilizados, também, para construção da matriz insumo-produto, sendo os setores a serem considerados para empregar e combinar os insumos procedentes dos setores. Para o processo de

construção da matriz insumo-produto da sub-bacia é necessário destacar que diante da dificuldade de localizar dados e informações primárias associadas ao uso da água pelos diferentes setores, assim como os contratemplos (técnicos e financeiros) para obtenção dos mesmos representaram um entrave na construção do vetor consumo da água e um fator limitante para a proposta desta pesquisa.

Sendo assim, o modelo proposto neste trabalho amplia o modelo tradicional de Leontief, conforme o quadro 1. O Valor Bruto de Produção de cada setor é calculado pelas equações 2, 3, 4 e 5.

Quadro 1. Proposta de matriz Modelo insumo-produto na sub-bacia do Alto Piranhas

	Demandas Intermediárias (DI)				DF	VPB
	A	I	P	LE		
A	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	Y_1	X_1
I	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	Y_2	X_2
P	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	Y_3	X_3
LE	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}	Y_4	X_4
VAB	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4		
VBP	X_1	X_2	X_3	X_4		

DF = Demanda final; VPB = Valor Bruto de Produção (decomposto em demanda intermediária e demanda final) ou Ainda, o mesmo consiste no somatório do VAB = Valor Agregado Bruto com as despesas com aquisição de insumos para a realização da produção no sistema econômico de modo geral; A = Abastecimento; I = Agricultura Irrigada; P = Pecuária; e LE = Lançamento de Efluentes.

$$X_1 = x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + Y_1 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$X_2 = x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + Y_2 \quad (\text{Eq. 3})$$

$$X_3 = x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + Y_3 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$X_4 = x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + Y_4 \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que: x_{11} = demanda intermediária do abastecimento humano; x_{12} = contribuição da demanda intermediária do abastecimento humano para a agricultura irrigada; x_{13} = contribuição da demanda intermediária do abastecimento humano para a pecuária; x_{14} = contribuição da demanda intermediária do abastecimento humano para o lançamento de efluentes; x_{21} = contribuição da demanda intermediária da agricultura irrigada para abastecimento humano; x_{22} = demanda intermediária da agricultura irrigada; x_{23} = contribuição da demanda intermediária da agricultura irrigada para a pecuária; x_{24} = contribuição da demanda intermediária da agricultura irrigada para o lançamento de efluentes; x_{31} = contribuição da demanda intermediária da pecuária para abastecimento humano; x_{32} = contribuição da demanda intermediária da pecuária para a agricultura irrigada; x_{33} = demanda intermediária da pecuária; x_{34} = contribuição da demanda intermediária da pecuária para o lançamento de efluentes; x_{41} = contribuição da demanda intermediária da indústria para o abastecimento humano; x_{42} = contribuição da demanda intermediária da indústria para a agricultura irrigada; x_{43} = contribuição da demanda intermediária da indústria para a pecuária; x_{44} = demanda intermediária no lançamento de efluentes.

As despesas foram determinadas pelo PRH-Piancó Piranhas Açu (BRASIL, 2016). Somente a partir disto foi possível identificar os coeficientes técnicos de produção. Logo, para determinar a matriz A ou matriz dos coeficientes técnicos, que no sistema de matrizes insumo-produto de

Leontief representa o espelho da capacidade produtiva, divide-se o valor da demanda intermediária de cada setor pelo VBP, que significa o quanto cada setor participa no valor bruto da produção (Equação 6).

$$A = \begin{bmatrix} \frac{x_{11}}{X_1} & \frac{x_{12}}{X_2} & \frac{x_{13}}{X_3} & \frac{x_{14}}{X_4} \\ \frac{x_{21}}{X_1} & \frac{x_{22}}{X_2} & \frac{x_{23}}{X_3} & \frac{x_{24}}{X_4} \\ \frac{x_{31}}{X_1} & \frac{x_{32}}{X_2} & \frac{x_{33}}{X_3} & \frac{x_{34}}{X_4} \\ \frac{x_{41}}{X_1} & \frac{x_{42}}{X_2} & \frac{x_{43}}{X_3} & \frac{x_{44}}{X_4} \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 6})$$

Para estabelecer os preços unitários de equilíbrio das commodities calculou-se a partir da expressão matricial 7.

$$p = (I - A^T)^{-1} \text{VAB} \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que: $p = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}$ é o vetor-coluna dos preços unitários de equilíbrio das commodities; $(I - A^T)^{-1}$ = Inversa da diferença da matriz identidade pela transposta de A.

Foram estabelecidos dois cenários, verificando como o modelo se comporta à medida que os dados são inseridos na matriz dos valores absolutos e modificando os valores das sub-matrizes. Cenário I com os valores da demanda intermediária correspondendo exatamente a demanda final no próprio setor, o valor agregado bruto sendo o valor total dos investimentos na sub-bacia e a demanda final correspondendo ao valor complementar para o valor bruto de produção. Já o Cenário II com desmembramento dessa demanda, atribuindo de forma hipotética os percentuais para preenchimento da maior parte dos dados do vetor-linha e vetor-coluna, assim como a determinação do valor agregado a partir do valor bruto de produção, sendo a diferença entre o valor bruto de produção e os consumos intermediários. A demanda final neste último cenário é proveniente das demandas identificadas para o setor de abastecimento humano, equiparando-o ao consumo das famílias.

Para proposta do cenário hipotético, segundo cenário, buscou-se na literatura algum dado que pudesse fundamentar os percentuais para cada setor. Observou-se que o trabalho de Gleick (1996) tem por finalidade definir e quantificar as necessidades básicas de água, em termos de qualidade e quantidade e foi citado por mais 920 trabalhos que têm como foco a água. Os dados refletem uma média de várias regiões do mundo, incluindo América Latina. Foram usados também dois trabalhos de Demetrios Christofidis, especialista Sênior em Infraestruturas Hídricas - Gestão de Recursos Hídricos do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, atuando no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, como Coordenador-Geral de Irrigação e Estratégias Contra a Seca, que tinham finalidades semelhantes ao trabalho de Gleick (1996). Além disso, foram usadas informações do Plano de Recursos Hídricos Piancó-Piranhas-Açu (BRASIL, 2016), no que se refere ao percentual consumido por cada setor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No setor de abastecimento foi encontrada a utilização de água azul e verde, para tanto, foi necessário coletar dados diferenciados para o cálculo de cada tipo de água. A Pegada

Hídrica Azul do abastecimento foi calculada com base em dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), como também pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA, 2016) e dados do Sistema Nacional de Informações sobre saneamento (SNIS, 2014). Foram considerados população total, a cota per capita (litro/habitante.dia), as perdas da rede de abastecimento e o plano de racionamento das cidades (102 dias sem água no ano de 2015). Logo, a pegada hídrica azul, deste setor, é o somatório do consumo de água superficial resultante do cálculo das cidades, totalizando 8.511.185,16 m³/ano (Tabela 2).

Ainda sobre o abastecimento humano, para o cálculo da água verde foi considerado o número de cisternas que captam água das chuvas. Para tanto, além do número de cisternas por cidade foi preciso coletar a capacidade média de armazenamento de água (Tabela 3).

Tabela 2. Pegada hídrica azul de cada município na sub-bacia do Alto Piranhas no ano de 2015 em m³/ano.

Sousa	3.149.500,95
São José de Piranhas	913.246,36
Nazarezinho	334.893,61
Marizópolis	298.466,26
Cajazeiras	2.811.266,64
Bonito de Santa Fé	534.694,85
São José da Lagoa Tapada	350.086,92
Carrapateira	119.029,55

Tabela 3. Pegada hídrica verde de cada município na sub-bacia do Alto Piranhas no ano de 2015 em m³/ano.

Sousa	12.928,00
São José de Piranhas	11.344,00
Nazarezinho	6.784,00
Marizópolis	0
Cajazeiras	5.328,00
Bonito de Santa Fé	5.856,00
São José da Lagoa Tapada	7.840,00
Carrapateira	368,00

Fonte: observatório da seca, SECEX/MDS

A pegada hídrica total verde foi o somatório dos resultados das cidades descrito na Tabela 4, totalizando 50.448 m³/ano.

Tabela 4. Pegada hídrica verde da irrigação no ano de 2015 em m³/ano na sub-bacia do Alto Piranhas, Paraíba, Brasil.

Culturas	Total (m/ano)	Área Plantada (ha)	Área Plantada (m ²)	Pegada Hídrica Verde m ³ /ano)
Manga	0,45	19	190.000	85.009,80
Coco	0,43	1.171	11.710.000	5.076.753,4
Goiaba	0,41	22	220.000	91.058,00
Caju	0,37	35	350.000	129.647,00
Banana	0,48	237	2.370.000	1.143.335,4
Arroz (s-es)	0,40	139	1.390.000	557.668,00
Batata (s-es)	0,34	62	620.000	210.638,80
Mandioca	0,30	25	250.000	73.872,00
Milho	0,41	3.468	34.680.000	14.345.728,80
Cana-de-açúcar	0,38	105	1.050.000	402.675,00
Algodão	0,34	12	120.000	40.768,80
Feijão	0,30	3.298	32.980.000	9.730.419,20
Tomate	0,31	12	120.000	37.370,40

s – safra; es – entressafra.

No setor da agricultura irrigada para calcular a pegada hídrica considerou-se o volume de consumo de água pode ser pela irrigação (PHazul) e/ou absorção pelas raízes das plantas (PHverde). Nesse setor não foi identificado o volume de água necessário para assimilar a carga de poluentes, nem mesmo se observou dados referentes à utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas. Foram considerados no cálculo a demanda hídrica das culturas permanentes e temporais cultivadas na região, o qual relaciona os dados de evaporação média mensal (SUDENE, 1990; ANA, 2016; AESA 2016), o coeficiente de cultivo das culturas (GOMES, 1999; EMBRAPA; TROPICAL, 2016) e a precipitação efetiva mensal (SUDENE, 1990; ANA, 2016; AESA 2016).

É preciso ressaltar que a evapotranspiração de água verde (ETverde), em outras palavras, a evapotranspiração de água da chuva, foi definida, de acordo com Hoekstra et al. (2011), como o valor mínimo entre a evapotranspiração total da cultura (ETc) e a precipitação efetiva (Pefet), igual a zero quando esta exceder a evapotranspiração da cultura, conforme a equação 8.

$$ETverde = \min(ETc, Pefet) \quad (\text{Eq. 8})$$

A evapotranspiração de água azul, ou a evapotranspiração da água irrigada no campo, é igual à evapotranspiração total da cultura menos a precipitação efetiva, igual a zero quando esta exceder a evapotranspiração da cultura, de acordo com a equação 9.

$$ETazul = \min(0, ETc, Pefet) \quad (\text{Eq. 9})$$

Como a pegada verde é o volume da água da chuva que fica armazenada no solo, observa-se na tabela 4 à pegada verde da agricultura irrigada para as diferentes culturas consideradas no plano agrícola, totalizando 31.924.944,60 m³/ano, se estivesse funcionando na sua plenitude, mas para o ano de 2015 houve quebra da safra de 95%.

Em relação à Pegada Hídrica Azul Total na agricultura irrigada, que é o volume de água que deve ser aplicada, ou seja, o volume de água a complementar a ser aplicada (tabela 5), totalizando 76.528.860,60 m³/ano.

Tabela 5. Pegada hídrica azul da irrigação no ano de 2015 em m³/ano na sub-bacia do Alto Piranhas, Paraíba, Brasil.

Culturas	Total (m/ano)	Área Plantada (ha)	Área Plantada (m ²)	Pegada Hídrica Azul (m ³ /ano)
Manga	1,26	19	190.000	239.814,20
Coco	1,17	1.171	11.710.000	13.691.449,10
Goiaba	1,08	22	220.000	238.040,00
Caju	0,91	35	350.000	319.123,00
Banana	1,65	237	2.370.000	3.921.354,60
Arroz (s-es)	0,83	139	1.390.000	1.159.266,95
Batata (s-es)	0,83	62	620.000	512.554,00
Mandioca	0,45	25	250.000	111.407,50
Milho	0,91	3.468	34.680.000	31.693.705,20
Cana-de-açúcar	0,93	105	1.050.000	972.347,25
Algodão	0,90	12	120.000	107.857,20
Feijão	0,71	3.298	32.980.000	23.467.908,40
Tomate	0,78	12	120.000	94.033,20

Quanto à pegada hídrica da pecuária, foram considerados os número de cabeças por município abastecido pela sub-bacia (IBGE, 2010), o peso médio de cada tipo de animal e o consumo de água por dia (EMATER, 2016; EMBRAPA, 2016). Com essas informações, calculou-se a Pegada Hídrica azul, somaram-se todos os valores totais de cada cidade, que resultou em um total de 865.082 m³/ano (Tabela 6).

Tabela 6. Pegada hídrica azul da pecuária no ano de 2015 em m³/ano na sub-bacia do Alto Piranhas, Paraíba, Brasil.

Municípios	Valor
Sousa	242.358
São José de Piranhas	178.590
Nazarezinho	67.846
Marizópolis	16.802
Cajazeiras	180.574
Bonito de Santa Fé	75.478
São José da Lagoa Tapada	80.608
Carrapateira	22.825
Pegada Hídrica Azul Total da Pecuária	865.082

O cálculo da água verde, foi necessário coletar informações a respeito da ingestão diária de silagem pelo rebanho através de dados fornecidos pela EMATER (2016), o volume de água em m³/ano utilizada na produção da silagem para o consumo dos animais, foi considerado a produtividade do milho e do capim sorgo (ton/ha), como também o consumo total por animal das categorias (ton/ano) e a área a ser plantada (ha) de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7. Tipos de silagem consumida na sub-bacia do Alto Piranhas, Paraíba, Brasil

Silagem	Produtividade de (ton/ha)	Consumo total (ton/ano)	Área a ser plantada	Volume de água (m ³ /ano)
Milho	35	49.183	1.405	7.483.744
Capim	70	613.122	8.759	38.059.080

Fonte: GOMES, 1999

Também foi considerada a evaporação mensal média do milho e do capim, como também o seu coeficiente de cultivo e a evaporação real de cada cultura através de dados disponibilizados pela SUDENE (1990), ANA (2016) e AESA (2016), totalizando 45.542.824 m³/ano. Por falta de um dado

preciso sobre as perdas nesse setor não foi considerado perdas de cabeças, mas entende-se que este valor é elevado se comparado a realidade dos demais setores apresentados nesta pesquisa.

Em relação à água utilizada para diluição de efluentes foram considerados apenas os municípios que lançam resíduos na sub-bacia estudada. Verificando inclusive o volume de esgoto não tratado que é lançado nos rios, utilizando o valor de consumo per capita de água do município e o percentual da população que não é atendida pela rede de esgotamento sanitário. A pegada hídrica cinza total (PHcinza) do saneamento foi dada pela carga de poluente não tratada (Lntrat) dividida pela diferença entre a concentração máxima permitida (Cmax) e a concentração média natural do poluente (Cnat) selecionado (HOEKSTRA et al., 2011), (Equação 10).

$$PH_{cinza} \left(\frac{m^3}{ano} \right) = \frac{Lntrat}{(C_{max} - C_{nat})} \quad (Eq. 10)$$

Foram considerados a população do ano de 2015, cota per capita (litro/habitante.dia), perdas da rede de abastecimento, plano de racionamento (dias com água e dias sem água), a vazão média de esgoto (m³/ano), concentração média padrão dos esgotos (Kg/m³), carga poluente do esgoto não tratado (kg/ano), Concentração média natural (kg/m³) e a concentração máxima permitida (kg/m³). Totalizando em 194.536.061,36m³/ano. Após a contabilização das pegadas hídricas de cada setor, abastecimento, saneamento, agricultura e pecuária, verifica-se o valor da pegada hídrica total da sub-bacia do Alto Piranhas de 254.938.290,78 (m³/ano) (Tabela 8).

Tabela 8. Pegada Hídrica Total (PHT) no ano de 2015 em m³/ano na sub-bacia do Alto Piranhas, Paraíba, Brasil

Setores da água	Azul (m ³ /ano)	Verde (m ³ /ano)	Cinza (m ³ /ano)
A	8.511.185,16	50.448,00	-
P	865.082,00	45.542.824,00	-
I	3.836.443,03	1.596.247,23	-
LE	-	-	194.536.061,36
PHT	13.212.710,19	47.189.519,23	194.536.061,36
PHSAP	254.938.290,78 (m ³ /ano)		

PHSAP – Pegada Hídrica da Sub-Bacia do Alto Piranhas-PB

Para construção da matriz dos valores absolutos desse total de 254.938.290,78 (m³/ano), foram apropriados,

para abastecimento humano 8.561.633,16 (m³/ano), 50.965.514,68 (m³/ano) para agricultura irrigada, tendo em vista que o PH verde consumido na pecuária é proveniente da agricultura, 865.082,47 (m³/ano) na pecuária e 194.536.061,36 (m³/ano) de efluentes. Os critérios foram estabelecidos conforme a necessidade de preenchimento da matriz, entendendo que, o vetor-linha consiste nas contribuições de água, entre os setores, para produção de bens intermediários e os vetores-coluna são registradas as aquisições deste bem para o consumo em um determinado setor.

Com os valores estimados do consumo de água em cada setor, por meio da pegada hídrica, construiu-se a matriz insumo-produto, determinando os coeficientes de produção e calculando os preços por setor. Para isso, foram determinados dois cenários. Cenário I com os valores da demanda intermediária correspondendo exatamente à demanda final no próprio setor, o valor agregado bruto, sendo o valor total dos investimentos na sub-bacia e a demanda final correspondendo ao valor complementar para o valor bruto de produção e Cenário II com desmembramento dessa demanda, atribuindo de forma hipotética os percentuais para preenchimento da maior parte dos dados do vetor-linha e vetor-coluna, assim como a determinação do valor agregado a partir do valor bruto de produção, sendo a diferença entre o valor bruto de produção e os consumos intermediários. A demanda final neste último cenário é proveniente das demandas identificadas para o setor de abastecimento humano, equiparando-o ao consumo das famílias.

Cenário I

O cálculo da pegada hídrica permitiu a alocação por setor do consumo direto desse bem, porém por ausência de dados que informem com precisão quanto cada setor contribuiu no outro, foi alocado, no primeiro cenário 100% da demanda intermediária correspondendo exatamente a demanda final no próprio setor.

Para o Valor Adicionado ou Valor Adicionado Bruto (VAB) foi considerado o PRH Piancó-Piranhas-Açu (BRASIL, 2016), entendendo que a distribuição dos recursos financeiros previstos para bacia, são os custos associados à manutenção da oferta hídrica, que distribui os recursos a partir de programas, subprogramas e ações, em três componentes: gestão de recursos hídricos, estudos de apoio à gestão de recursos hídricos e estudos e projetos de medidas estruturantes (Tabela 9).

Essa interpretação foi pertinente a partir de Figueiredo et al. (2012) que consideram o valor adicionado como os valores

adicionados pagos pelo setor. Respeitando o princípio da isonomia realizou-se o rateio desses investimentos na bacia por área, sendo assim, esse rateio calculado a partir do percentual da área da sub-bacia do Alto Piranhas, que com 2.562 km² corresponde a 5,90% da área total da bacia.

De acordo com Macêdo (2006), esses programas foram divididos por tipo de uso, para facilitar a alocação para cada setor escolhido.

Tabela 9. Distribuição dos recursos financeiros previstos para a bacia Piancó-Piranhas-Açu, Paraíba, Brasil

Programas, Subprogramas e Ações.	Total bacia	Total sub-bacia
Gestão de recursos hídricos	60.226.060,00	3.553.337,54
Estudos de apoio à gestão de recursos hídricos	25.210.000,00	1.487.390,00
Estudos e projetos de medidas estruturantes	64.680.000,00	3.816.120,00

Fonte: Brasil (2016)

Dos R\$ 150.116.060,00 estimados para realizar as propostas dessas ações na bacia Piancó-Piranhas-Açu, após o rateio para área da sub-bacia estudada resultou em R\$ 8.856.847,54, desmembrada pelos tipos de uso, por exemplo, para Elaboração dos projetos de coleta e tratamento de esgotos urbanos para 49 municípios com índice de cobertura e tratamento de esgotos inferior a 50%, que impactam os 51 reservatórios estratégicos e ainda não previstos no PAC, corresponderá apenas ao lançamento de efluentes, logo 100% foi atribuído para este tipo de uso, mas Manutenção de estrutura necessária para o funcionamento do CBH (infraestrutura e recursos humanos) não tem como ser aplicado à apenas um setor, sendo assim foi dividido igualmente para abastecimento humano, agricultura irrigada, pecuária e efluentes, conforme Tabela 10.

Tabela 10. Distribuição dos recursos financeiros previstos por setor na bacia Piancó-Piranhas-Açu, Paraíba, Brasil

A	I	P	LE
2.228.666,89	2.441.066,89	1.972.606,89	2.214.506,89

O valor bruto de produção consistiu no somatório do valor agregado bruto com as despesas com aquisição de insumos para a realização da produção. Assim construiu-se a matriz dos valores absolutos para o cenário (Quadro 2).

Quadro 2. Matriz dos valores absolutos para cenário I com os valores para sub-bacia do Alto Piranhas, Paraíba, Brasil

	A	I	P	LE	VBP
A	8.561.633,16	0	0	0	10.790.300,04
I	0	5.422.690,26	45.542.824,42	0	7.863.757,15
P	0	0	865.082,47	0	48.380.513,78
LE	0	0	0	194.536.061,36	196.750.568,25
VAB	2.228.666,89	2.441.066,89	1.972.606,89	2.214.506,89	
VBP	10.790.300,04	7.863.757,15	48.380.513,78	196.750.568,25	

A matriz insumo-produto é constituída em suas linhas, pelas vendas entre os setores intermediários e pelas vendas exógenas (consumo das famílias, investimentos privados, gastos do governo e exportações) e em suas colunas são registradas as origens ou compras de insumos intermediários

produzidos, além disso, pelo valor adicionado (somatório da remuneração do trabalho e do capital no setor e valor dos impostos). O somatório das suas linhas é igual ao somatório de suas colunas e determinam o custo bruto total ou produto bruto total (FIGUEIREDO et al., 2012). Essas premissas

podem ser traduzidas para a proposta desse estudo como entendendo que, o vetor-linha consiste nas contribuições de água, entre os setores, para produção de bens intermediários e os vetores-coluna são registradas as aquisições deste bem para o consumo em um determinado setor.

Para determinar a matriz A ou matriz dos coeficientes técnicos, que no sistema de matrizes insumo-produto de Leontief representa o espelho da capacidade produtiva, dividiu-se o valor da demanda intermediária, da matriz dos valores absolutos, pelo VBP. Esse resultado significa o quanto cada setor participa no valor bruto da produção.

Os coeficientes técnicos é a representação numérica da interdependência intersetorial, que determina as necessidades diretas do produto do setor x_{ij} adquirido para produzir uma unidade do setor X_j (SILVA, 2010).

Dessa forma, observou-se que o setor de abastecimento contribuí com 79,3% do valor bruto de produção do setor de abastecimento e o mesmo percentual se devem a pagamentos por insumos obtidos do próprio setor. A definição do valor consumido pelos setores intermediários e o valor adicionado, que resultou no valor bruto de produção ou produto bruto total.

Para cada setor subentende que estes preços são estabelecidos uniformemente no mercado, conforme a proposta de Leontief. O cálculo do valor unitário foi obtido a partir da divisão do valor encontrado (R\$/ano) pelo consumo no próprio setor (m^3 /ano) (Tabela 11).

Tabela 11. Valor unitário calculado para sub-bacia do Alto Piranhas, Paraíba, Brasil

Setor	Valor (R\$/m ³)
Abastecimento humano	1,26
Agricultura irrigada	0,15
Pecuária	45,64
Efluentes	1,01

Cenário II

Neste cenário, as premissas para efetuação dos cálculos são as mesmas, porém foi estabelecido de forma hipotética o desmembramento da demanda final de cada setor em demandas intermediárias pertinentes, a partir de percentuais. Além disso, a determinação do valor agregado foi possível a partir do valor bruto de produção, sendo a diferença entre o valor bruto de produção e os consumos intermediários. A demanda final neste último cenário é proveniente das demandas identificadas para o setor de abastecimento humano

ao adquirir insumos dos outros setores, sendo 2.311.640,95 m³/ano do próprio setor de abastecimento humano, 2.320.911,43 m³/ano proveniente da agricultura irrigada, 321.810,68 m³/ano do consumo da pecuária e 5.993.143,21 m³/ano do setor de saneamento ou efluentes, equiparando-o ao consumo das famílias.

Gleick (1996) aponta que para o atendimento das necessidades básicas humanas é recomendado a utilização de 50 litros/habitante.dia, sendo 30% para consumo direto (para beber água e cozinhar) e 70% parcela que esse setor envia para o setor de efluentes para uma nova etapa no processo deste bem, provenientes da parcela dos serviços de saneamento e banho.

Posteriormente, Christofidis (2006) apresenta às proporções dos diversos usos domiciliares da água, aumentando o volume destinado a diluição de efluentes e diminuindo o percentual atribuído ao consumo direto, para tanto utilizaremos essa informação para reduzir o valor proposto por Gleick (1996) para o consumo direto e acrescentaremos o dado disponível neste estudo destinado a irrigação de jardins, que pode ser utilizada no cultivo de hortas urbanas ou rurais. Sendo assim, foram alocados 27% (2.311.640,95m³/ano) para o próprio setor do abastecimento, 3% para agricultura irrigada e 70% para efluentes (5.993.143,21m³/ano).

Christofidis (2008) acrescenta que para uma dieta balanceada padrão, para cada pessoa é necessário 4.300 litros de água por pessoa por dia (1.600 m³ de água/pessoa/ano), para obter uma dieta de 2.700 kcal, sendo (2.300 kcal x 1.000 litros para produzir alimentos de origem vegetal) + (400 kcal x 5.000 litros de água para produzir alimentos de origem animal). Lembrando que a Food and Agriculture Organization (FAO) *apud* Christofidis (2006) determina que sejam 1.000 litros de fluxo de água verde para produzir 1.000 kcal de alimento vegetal e 5.000 litros de água para obter 1.000 kcal de alimento de origem animal. Logo, 53,5% de água que é demandada para produção de alimentos que é de origem vegetal (2.320.911,43m³/ano) é consumido pelo abastecimento humano e 46,5% do que é gasto na produção de origem animal (321.810,68m³/ano) também fará parte da dieta humana.

Para agricultura irrigada e pecuária o PRH Piancó-Piranhas-Açu (BRASIL, 2016), estabelece que o consumo no próprio setor seja de 80%, logo o que é apropriado à água cinza não pode ser superior a 20% (Quadro 3).

Quadro 3. Matriz dos valores absolutos para o cenário II com os valores para sub-bacia do Alto Piranhas, Paraíba, Brasil

	A	I	P	LE	VBP
A	0	256.848,99	0	5.993.143,21	8.561.633,16
I	0	20.017.240,78	36.434.259,54	10.193.102,94	50.965.514,68
P	0	0	370.255,30	173.016,49	865.082,47
LE	0	10.193.102,94	173.016,49	184.169.941,93	200.259.204,57
VAB	8.561.633,16	38.498.321,97	-36.112.448,86	0	
VBP	8.561.633,16	50.965.514,68	865.082,47	200.259.204,57	

No Cenário II o valor bruto de produção consistiu no somatório do valor do subtotal de consumo intermediário mais a demanda final. A demanda final corresponde exatamente ao consumo das famílias.

O valor agregado bruto foi atribuído posteriormente e corresponde à diferença entre o valor agregado bruto e o consumo intermediário do setor, conforme matriz do Quadro

3 e ainda atendendo a premissa de que esta é uma matriz insumo-produto balanceada, em que o somatório das suas linhas são iguais ao somatório de suas colunas e determinam o custo bruto total ou produto bruto total (FIGUEIREDO et al., 2012).

Sandrini (2005) e Cembranel et al. (2015) admitem que o VAB corresponde ao resultado da atividade produtiva e

mede a riqueza gerada pela unidade de produção durante um ano. É calculada pela diferença do produto bruto pelo consumo intermediário. Nesse caso, esses autores obtiveram um VAB negativo para alguns setores, o mesmo ocorreu neste estudo.

Utilizando a matriz dos valores absolutos do Quadro 3, identificou-se a matriz dos coeficientes técnicos, o procedimento expressa, a participação relativa de cada item em relação ao valor bruto de produção.

Dessa forma, observou-se que o setor da agricultura irrigada contribuiu com 30% do valor bruto de produção do setor do abastecimento e 70% no setor de lançamento de efluentes e o mesmo percentual (30%) se devem a pagamentos por insumos obtidos do setor do abastecimento, 40% a pagamentos de insumos do setor da agricultura e 5,1% a pagamentos de insumos do setor de efluentes.

O cálculo do valor unitário foi obtido a partir da divisão do valor encontrado (R\$/ano) pelo consumo no próprio setor (m^3/ano) (Tabela 12).

Tabela 12. Valor unitário calculado para sub-bacia do Alto Piranhas, Paraíba, Brasil

Setor	Valor (R\$/m ³)
Abastecimento humano	0,26
Agricultura irrigada	0,17
Pecuária	22,04
Efluentes	0,50

Nota-se que quanto mais dados foram inseridos na matriz de valores absolutos, menores são os preços finais a serem pagos pelo consumo da água, é o que acontece para o setor de abastecimento humano, por exemplo, para o Cenário I o valor final foi de R\$ 1,26, em que, para o Cenário II foi de R\$ 0,26.

O setor da pecuária é o que pagará maior valor per capita pelo consumo da água, tendo em vista que é o setor que mais adquire esse insumo para sua produção final, consumo direto e indireto. O setor de efluentes apresenta um volume em seu vetor-coluna grande, mas que chega quase a se igualar com o volume do vetor-linha, por isso o preço é minimizado nos dois cenários, se comparados ao da pecuária. Observando os valores a serem pagos por ano por cada setor, nos dois cenários, os maiores são no setor de efluentes e depois pela pecuária, correspondem aos setores que requerem um maior volume de água para sua produção.

Observou-se que a abordagem para inserção de dados na matriz dos valores absolutos altera o resultado final, enquanto no cenário I os valores finais são exatamente iguais aos valores brutos de produção, no Cenário II esses valores divergiram consideravelmente do valor bruto de produção.

Logo, a dificuldade de localizar dados e informações primárias associadas ao uso da água pelos diferentes setores, de forma precisa é um fator limitante desta pesquisa e representam não apenas um entrave na construção do vetor consumo da água, mas um aspecto relevante na obtenção do preço por setor.

Para isso, Silva (2010) aponta que diante da dificuldade prática para construção da matriz insumo-produto deve-se buscar mensurar e expressar a relação entre os setores através de informações estatísticas detalhadas.

Ainda é necessário ressaltar que as premissas utilizadas para o Cenário II, mesmo sendo hipotéticas, representam a melhor forma de estruturação do problema por todos os

critérios já destacados neste trabalho, tendo em vista que no Cenário I, o setor da agricultura se estabelecido da forma que foi inicialmente irá admitir uma demanda final negativa, o que seria impossível.

CONCLUSÕES

Na aplicação do modelo de Leontief notou-se que quanto mais dados são inseridos na matriz de valores absolutos, menores são os preços finais a serem pagos pelo consumo da água, é o que acontece para o setor de abastecimento humano para o Cenário I o valor final foi de R\$ 1,26, já para o Cenário II foi de R\$ 0,26. O setor da pecuária é o que pagará maior valor *per capita* pelo consumo da água, tendo em vista que é o setor que mais adquire esse insumo para sua produção final.

REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em 09 de set de 2016.

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportall/index.php>. Acesso em 08 de setembro de 2016.

ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em 09 de set de 2016.

ASSIS, L. F.; VIEIRA, A. S.. Modelo de cobrança pelo uso da água: estimação e análise da arrecadação na sub-bacia do Alto Piranhas no sertão da Paraíba. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais...Brasília - DF, 2015.

BASSOI, L.; MENEGON JÚNIOR., N.. Controle ambiental da água. In: PHILIPPI JUNIOR. A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Org.). Curso de Gestão ambiental. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2014.

BOTELHO, D. O.; SILVA, S. S.; LEITE, E. T.. Influência de diferentes perspectivas ambientais sobre a política de cobrança pelo uso da água no Brasil. Revista Alcance - Eletrônica, v. 19 - n. 03 - p. 295-307, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu. Brasília: ANA, 2016.

BRASIL. (Constituição 1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/legislacao/Constituicoes_Brasileiras/constituicao1988.html/ConstituicaoTextoAtualizado_EC84.pdf. Acessado em 03 de abril de 2016.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acessado em 04 de abril de 2016.

- BRASIL. Governo do Estado da Paraíba. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: resumo executivo & atlas. Brasília, DF: Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.
- CAGEPA. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. 2015. Disponível em: <http://www.cagepa.pb.gov.br/cagepa-divulgacao-novo-plano-de-acionamento-de-agua-nas-localidades-attingidas-pela-estragem-na-paraiba/>. Acesso em 09 de set de 2016.
- CAMILO, N. Teoria e prática na utilização da Matriz Insumo-produto como ferramenta de pesquisa. RNTI. Revista Negócios e Tecnologia da Informação (Impresso), v. 2, p. 34-50, 2007.
- CARMO, J. P. A.; SILVA, P. D. D.. A Bacia Hidrográfica Como Unidade De Estudo, Planejamento E Gestão. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos. 2010, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre - RS, 2010.
- CARVALHO, A. V.; Educação ambiental no desenvolvimento sustentável municipal. Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins. v. 2 – n. 01. p. 97-108, 2015.
- CARVALHO, R. G.. As Bacias Hidrográficas Enquanto Unidades de Planejamento e Zoneamento Ambiental No Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 26-43, 2014.
- CEMBRANEL, L. R.; KRUGER, C. A. M. B.; OLIVESKI, F. E.; HENRIQUES, A. O.; Avaliação técnica e econômica da cultura da canola em duas unidades de produção agrícola na região noroeste do Rio Gande do Sul. (Anais) In: Salão do conhecimento UNIJUI, 2015, Ijuí. Luz-Ciência-Vida. Ijuí : UNIJUI, 2015.
- CERQUEIRA, P. S.; PINHEIRO, L. I. F.; OLIVEIRA, K. C. S.. Políticas públicas destinadas ao desenvolvimento do turismo na Bahia. In: IV Semana do Economista & IV Encontro de Egressos. Anais... UESC, Ilhéus - Bahia, 2014.
- CHRISTOFIDIS, D. Água na produção de alimentos: o papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável. In: NASCIMENTO, E. P.; VIANA, J. N. S. (orgs.). Economia, meio ambiente e comunicação. Rio de Janeiro: Garamond, 2006.
- CHRISTOFIDIS, D. O futuro da irrigação e a gestão das águas. ITEM Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, ABID. n. 80, p.40-47, 2008.
- COIMBRA, J. A. A. Linguagem e Percepção Ambiental. In: PHILIPPI JR. A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (Org.). Curso de Gestão ambiental. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2014.
- COSTA, M. L. M.; CUNHA, C. R. M.; PAIVA, A. E. D. Reflexões sobre o processo de implementação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos no Estado da Paraíba, Brasil. In: 12º SILUSBA, Anais...Brasília - DF, 2015.
- DEMAJOROVIC, J.; CARUSO, C.; JACOBI, P. R. Cobrança do uso da água e comportamento dos usuários industriais na bacia hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiá. Rev. Adm. Pública, Rio de Janeiro, v. 49, n.5, p.1193-1214, 2015.
- DERISIO, J. C. Introdução ao controle de poluição ambiental. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- DIAS, T. F.; BARROS, H. O. M.; SOUZA, W. J. Cobrança pelo uso da água: visões a partir dos membros do comitê de bacia hidrográfica do Rio Pirapama – Pernambuco. Revista Alcance – Eletrônica. V. 17 - n. 4 - p. 416-432, 2010.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Agroindústria Tropical. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agroindustria-tropical>. Acesso em 09 de set de 2016.
- FARIAS, A. M. B.; MAZZARINO, J. M.; OLIVEIRA, E. C. Educação ambiental e políticas públicas. Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient. v. 30, n. 1, p. 179 – 201, 2013.
- FIGUEIREDO, A. M.; SANTOS, M. L.; LIMA, J. F. Importância do Agronegócio para o Crescimento Econômico do Brasil e Estados Unidos. Gestão & Regionalidade - Vol. 28 - Nº 82, 2012.
- FONTENELE, R. E. S. Métodos de avaliação econômica de projetos e desenvolvimento sustentável: uma nova abordagem do cálculo econômico no nordeste brasileiro. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v. 29, n. especial, p. 1029-1047, 1998.
- FREITAS, M. I. A. Sub-bacia do Alto Piranhas, sertão paraibano: percepção ambiental e perspectivas na gestão dos recursos hídricos. Dissertação (Mestrado). João Pessoa - UFPB/PRODEMA, 2012.
- GARCIA, J. R. Valoração, cobrança pelo uso da água e a gestão das bacias hidrográficas do Alto Iguazu e afluentes do Alto Ribeira: uma abordagem econômico-ecológica. 2012. 294f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) - Instituto de Economia da Unicamp, Campinas, São Paulo, 2012.
- GIL, A. C.. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. 2. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2009.
- GLEICK, P. H. Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. Water International. v. 21, n. 2, 1996.
- GOMES, H. P. Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento. 3.ed. rev. ampl. Campina Grande: UFPB, 1999. 412p.
- HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALADAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global. Tradução para o Português: Solução Supernova. Water Footprint Network, 2011.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang&codmun=251620&search>. Acesso em 09 de set de 2016.
- KIRZNER, I. M. Competição e atividade empresarial. trad. de Ana Maria Sarda. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises, 2012.
- LEÃO, R. S. Pegada Hídrica: Visões e Reflexões sobre sua Aplicação. Ambiente & Sociedade. São Paulo v. XVI, n. 4 n p. 159-162 n out.-dez. 2013
- LEITE, G. B.; VIEIRA, W. C.. Proposta Metodológica de Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos Usando o Valor de Shapley: Uma Aplicação à Bacia do Rio Paraíba do Sul. Est. econ., São Paulo, v. 40, n.3, p. 651-677, 2010.
- MACÊDO, R. M.. Cobrança pela retirada da água bruta: simulação para a Bacia do Rio Paraíba - PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e ambiental) - UFCG, Campina Grande, 2006.
- MAGALHÃES FILHO, L. N. L. Estudo de viabilidade para implantação de cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica do Rio Formoso - TO. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, 2013.
- MARACAJÁ, K. F. B.; SILVA, V. P. R.; ARAÚJO, L. E. Regionalização da Pegada Hídrica do Estado Paraíba. REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade. Vol.4, nº 1, p. 105-122, 2014.
- MARACAJÁ, K. F. B.; SILVA, V. P. R.; NETO, J. D.; ARAÚJO, L. E. Pegada Hídrica como Indicador de Sustentabilidade Ambiental. REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade – Vol. 2, nº 2 – Edição Especial Rio +20, p.113-125, 2012.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 7. ed. 7. Reimpr. São Paulo: Atlas, 2013.
- MOTTA, R. S. Economia ambiental. 9. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.
- MÜLLER, I.I.; RIZZI, N. E.; FILL, H.D. Avaliação da vazão indisponibilizada por usinas hidrelétricas em bacias hidrográficas e a cobrança pelo uso da água no setor hidrelétrico. Revista Floresta. Curitiba, v. 41, n. 4, p. 737-750, 2011.
- NASCIMENTO, D. M.. Metodologia do trabalho científico: teoria e prática. 2. ed. Revista e atualizada. Belo Horizonte: Fórum, 2008.
- NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. Rev. Estudos avançados. v. 26, n. 74, 2012.
- NUNES, P. A.; PARRÉ, J. L. Estimando a matriz insumo-produto brasileira: uma metodologia alternativa. Revista de Desenvolvimento econômico. Ano XVI, n. 29, 2014.
- OLIVEIRA, G. F. Subsídio para uma nova metodologia de análise dos impactos econômicos e fiscais dos investimentos em infraestruturas de transportes. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.
- PEREIRA, A. O. K.; PASINATO, T. L. S.. Riscos ambientais provocados pelos resíduos sólidos: o direito à cidadania através de políticas públicas minimizadoras. In: XII Seminário internacional de demandas sociais e políticas públicas na sociedade contemporânea & VIII Mostra de trabalhos jurídicos científicos. Anais... UNISC, Santa Cruz do Sul, 2015.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- RESENDE FILHO, M. A., ARAÚJO, F. A., SILVA, A. S., BARROS, E. S.. Precificação da Água e Eficiência Técnica em Perímetros Irrigados. Est. econ., São Paulo, v. 41, n. 1, p. 143-172, 2011.
- RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. L. Instrumentos regulatórios e econômicos: aplicabilidade à gestão das águas e à bacia do Rio Pirapama - PE. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n. 4, 2001.
- RICKLEFS, R. E. A economia da natureza. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- RUA, M. G.. Políticas públicas. 2. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2012.
- SAIS, A. C.; SILVA, M. V. L.; MOREIRA, A. S.; NICCIOLI, I. S. P.; BELI, E. Fundamentação da cobrança pelo uso da água na região hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, Estado de São Paulo. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 1, p. 142-161, 2012.
- SANDRINI, G. B. D. Processo de Inserção dos Pecuaristas Familiares do Rio Grande Do Sul, na Cadeia Produtiva De Carne. (Dissertação) Mestrado em Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.
- SALAZAR, V. L. P. PEGADA HÍDRICA. Pesquisa & Tecnologia, vol. 9, n. 2, 2012.
- SALES, R. J. M.; ARAÚJO, J. A. F.; SANTOS, S. H.; VIDAL, T. F.; CASTRO, M. P. S.; CHAGAS, P. F.; SOUZA, R. O. Análise comparativa entre metodologias para cobrança de água para as bacias do Sudeste e do Nordeste. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais...Brasília - DF, 2015.
- SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

- SANTANA, T. A. R.. Estudo dos impactos econômicos da cobrança pelo uso da água na Bacia do Rio São Francisco: uma abordagem de insumo-produto. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2010.
- SANTOS, A. H. L. Política de cobrança de água: análise comparativa entre as metodologias de diferentes bacias hidrográficas do sudeste e do nordeste brasileiro. Revista Científica da Faculdade Darcy Ribeiro, nº 003, 2012.
- SCHMITZ, A. P. Economia regional: ensaios aplicados em economia dos recursos hídricos. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- SEIFFERT, M. E. B. Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- SERRANO, L. M.; CARVALHO, M. V.. Cobrança pelo uso de recursos hídricos e tarifas de água e de esgoto: uma proposta de aproximação. Rev. UFMG, belo horizonte, v. 20, n.2, p. 306-333, 2013.
- SEVERINO, A. J. Metodologia do trabalho científico. 23. ed. Ver e atualizada. São Paulo: Cortez, 2007.
- SILVA, D. O. P. Previsão Setorial do Consumo de Fontes Energéticas Para O Brasil: Um Estudo A Partir da Proposta de Integração Econometria + Insumo-Produto. (Dissertação de mestrado) Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB, 2010.
- SIQUEIRA, J. O. Fundamentos de métodos quantitativos: aplicados em administração, economia, contabilidade e atuária: usando wolfram/alpha e scilab. São Paulo: Saraiva, 2011.
- SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 2014. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em 09 de set de 2016.
- SOUZA, C. Políticas Públicas: uma revisão da literatura. Sociologias, Porto Alegre, ano 8, nº 16, p. 20-45, 2006.
- SOUZA, O. T.; DRUM, C. L.; TEIXEIRA, E. K.; GODECKE, M. V.; GONÇALVES, M. L. L. Instrumentos de política ambiental aplicáveis às águas: conflitos na cobrança pelo uso da água no Lago Guaíba. Ensaios FEE, Porto Alegre, v. 31, Número Especial, p. 807-836, 2011.
- SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. 1990. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/>. Acesso em 09 de set de 2016.
- TEIXEIRA, T. C. S. Um Método Híbrido de Cobrança pelo Uso da Água Bruta. Incorporando o valor econômico da água na gestão de recursos hídricos. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.
- VIANA, L. F. G. Proposta de modelo de cobrança de água bruta no Estado do Ceará: uma revisão do modelo atual. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2011.
- VIEIRA, B.; SOUSA JUNIOR, W. Contribuições para Abordagem Municipal da Pegada Hídrica: Estudo de Caso no Litoral de São Paulo. Ambiente & Sociedade. São Paulo v. XVIII, n. 3, p. 231-252, 2015.