



[ARTIGO RETRATADO]

[doi:10.4136/ambi-agua.1874](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1874)

## RETRATAÇÃO

**Getulio Teixeira Batista**

**Editor-Chefe da Revista Ambiente & Água**

Universidade de Taubaté, SP, Brasil

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

e-mail: gtbatista@gmail.com

Após análise, a Comissão Editorial da Revista Ambiente & Água – an Interdisciplinary Journal of Applied Science, ISSN 1980-993X, decidiu retratar o seguinte artigo:

SILVA, V. P. R.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E.; DANTAS NETO, J.; ALEIXO, D. O.; CAMPOS, J. H. B. C. Pegada hídrica de indivíduos com diferentes hábitos alimentares. **Revista Ambient. Água**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 250-262, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.967>)

Trata-se de uma cópia (exceto em pequenas partes) de um outro artigo publicado:

MARACAJÁ, K. F. B.; SILVA, V. P. R.; DANTAS NETO, J. Pegada hídrica dos consumidores vegetarianos e não vegetarianos. **Qualit@s Revista Eletrônica** ISSN 1677 4280 Vol.14. No 1(2013).

Lamentamos qualquer inconveniência causada em nossos leitores

Prof. Dr. Getulio Teixeira Batista  
Editor-Chefe



## Pegada hídrica de indivíduos com diferentes hábitos alimentares

doi: 10.4136/ambi-agua.967

Vicente de Paulo Rodrigues da Silva<sup>\*</sup>; Kettrin Farias Bem Maracay;  
Lincoln Eloi de Araújo; José Dantas Neto; Danilo de Oliveira Aleixo;  
João Hugo Baracuy da Cunha Campos

Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande, PB  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais,

<sup>\*</sup> Autor correspondente: e-mail: vicente@dca.ufcg.edu.br,  
kettrin@ufrnet.br, lincolneloi@yahoo.com.br,  
zedantas@dca.ufcg.edu.br, daaleixo@uol.com.br, jhugocampos@yahoo.com.br

### RESUMO

O conceito de pegada hídrica (PH) tem sido recentemente introduzido como um importante indicador do consumo de água humano. A PH é definida como o volume total de água utilizada durante produção e consumo de bens e serviços, bem como o consumo direto de água pelos seres humanos. O objetivo deste trabalho consiste em determinar a PH de consumidores vegetarianos e não vegetarianos com diferentes níveis de renda familiar. Um estudo de caso foi conduzido com habitantes da cidade de Caicó (RN) para determinar o volume total de água doce consumida e poluída para a produção de bens e serviços utilizados por esses consumidores. A pesquisa analisou aspectos qualitativos e quantitativos, a partir de um estudo de caso. Os resultados indicaram que, em média, a PH do consumidor vegetariano representa 58% do consumidor não vegetariano. Os consumidores não vegetarianos do sexo feminino têm PH 10-13% menor do que aqueles do sexo masculino enquanto os consumidores vegetarianos do sexo feminino têm PH maior do que do sexo masculino em apenas 5,8%. A PH do consumidor aumenta linearmente com a sua renda familiar, com coeficiente de determinação de até 0,95 no caso do grupo com a menor renda familiar. A pegada hídrica da população aumenta em função da renda familiar e diminui de acordo com os hábitos alimentares.

**Palavras-chave:** Água virtual, dieta alimentar, recursos hídricos.

### Water footprint of individuals with different diet patterns

#### ABSTRACT

The “water footprint” (WF) concept has been recently introduced as an important indicator of human water consumption. WF is defined as the total volume of water used during the production and consumption of goods and services as well as of direct water consumption by humans. The objective of this work was to use the WF concept to analyze vegetarian and non-vegetarian consumers with different levels of family income. A case study was conducted with residents of Caicó city (Brazil) in order to estimate total amount of water consumed or polluted while producing the goods and services utilized by these consumers. The results indicated that, on average, the WF of the vegetarian consumer represents 58% of non-vegetarian consumers. The WF of the non-vegetarian female consumer was 10-13%

smaller than that of the male consumer while for vegetarian consumers the female's WF was only 5.8% less than the male's. The WF of the consumer increases linearly with the family income. A population's water footprint increases as a function of family income and decreases according to eating habits.

**Keywords:** Virtual water, diet, water resources.

## 1. INTRODUÇÃO

A humanidade nos últimos anos vivencia um período de grande preocupação em relação ao seu crescimento e degradação ambiental, sendo necessária uma reflexão sobre a influência sobre o meio ambiente. O equilíbrio ambiental entre o homem e a natureza torna necessária a criação de indicadores do uso de recursos, baseados em metodologias que contemplem índices de sustentabilidade do uso direto e indireto destes recursos, como a água (Ercin et al., 2011).

Na década de 1990 surge o conceito de pegada ecológica, sendo a determinação da área de terra necessária para suprir as necessidades de uma dada população, sem que exista prejuízo ao ecossistema, levando em consideração a área necessária para se atender um sistema populacional urbano, a partir dos níveis de consumo e desenvolvimento de novas tecnologias, da importação e exportação de produtos, da eliminação de espécies concorrentes, da eficiência da produção e da administração dos recursos naturais (Maracajá e Carvalho, 2010). No entanto, vários estudiosos têm dúvidas sobre se esse conceito é útil na ciência e/ou na política. Ao mesmo tempo, o conceito de pegada ecológica atrai a atenção do universo acadêmico e inúmeras pesquisas começam a ser feitas. Deste modo, Hoekstra e Chapagain (2008) descrevem no livro supracitado que o conceito de pegada hídrica adiciona uma nova perspectiva em relação a escassez de água, dependência da água, ao uso sustentável da água, e as implicações da gestão global do comércio virtual da água.

A PH é definida como o volume total de água utilizado durante a produção e consumo de bens e serviços, bem como o consumo direto e indireto no processo de produção. A determinação da PH é capaz de quantificar o consumo de água total ao longo da cadeia produtiva (Yu et al., 2010). A sustentabilidade de uma pegada hídrica (PH) depende inteiramente de fatores locais, tal como as características hídricas da região. Por exemplo, uma PH grande se torna sustentável em áreas ricas em água, enquanto uma PH pequena pode comprometer a sustentabilidade em áreas com escassez. A maioria dos usos de água ocorre na produção agrícola, destacando-se o consumo e poluição de diversos setores industriais e domésticos.

Para o melhor uso da água é essencial o conhecimento das reais necessidades de seu consumo de água nos setores de alimentos, bebidas, energia e das fibras naturais. Essa é uma informação relevante não apenas para os consumidores, mas também para os comerciantes e empresas que fazem parte da cadeia produtiva destes bens (Aldaya et al., 2010). Dessa forma, surge a necessidade de um instrumento de medida dos fluxos de entrada e saída de recursos hídricos de um determinado local. Nesse aspecto, o conceito de pegada hídrica tem sido usado como indicador do consumo de água de pessoas e produtos em diversas partes do mundo (Van Oel et al., 2009; Zhao et al., 2009; Romaguera et al., 2010; Feng et al., 2011). Entretanto, no Brasil esse tema é ainda totalmente incipiente.

Os brasileiros estão entre os maiores consumidores de carne bovina do mundo, com consumo médio "per capita" de quase 40 quilos ao ano. Neste particular, isso é um agravante para o aumento da PH no país haja vista que as carnes de boi, de carneiro e de porco apresentam PHs de 15.500, 6100 e 4800 L Kg<sup>-1</sup>, as mais altas de produtos de origem animal (Hoekstra, 2011). Portanto, é razoável supor que a PH do consumidor vegetariano seja bastante inferior daquela do consumidor não vegetariano, considerando que as PHs dos produtos hortifrutigranjeiros são significativamente inferiores daquelas dos produtos de origem animal, como o caso da

alface que é de apenas 130 L kg<sup>-1</sup>. Entretanto, não se conhece ainda quanto a PH do consumidor vegetariano difere daquela do consumidor não vegetariano, principalmente no Brasil. Neste contexto, objetiva-se com este estudo comparar as pegadas hídricas de consumidores vegetarianos e não vegetarianos com diferentes níveis de renda familiar, com vistas ao dimensionamento do consumo de água de pessoas com hábitos alimentares diferentes através de estudo de caso.

### 1.1. Considerações gerais sobre pegada hídrica

A retirada de água doce global aumentou quase sete vezes no século passado e esse valor deve crescer cada dia mais devido ao aumento populacional, bem como pelas diferentes mudanças de hábitos alimentares e de consumo (Gleick, 2000). Nesse modo, o volume de água de superfícies líquidas (rios lagos, etc) em determinado período não são totalmente disponíveis em face da evaporação, principalmente em regiões com alta demanda atmosférica, tal como em regiões semiáridas (Silva et al., 2006). O aumento da demanda da água doce para o consumo humano e para a irrigação é outro problema que o mundo vem enfrentando (Perry, 2007).

No ano de 2002 surgiu o conceito PH introduzido na comunidade de peritos sobre o comércio internacional de água virtual, em Delft, na Holanda. A água virtual tem sido uma solução parcial para os problemas da escassez de água em regiões com baixa disponibilidade hídrica importam água contida nos produtos agrícolas consumidos pela população. Dessa forma, determinada região pode ser uma forte importadora de água virtual cujo impacto da pegada hídrica fica na região de origem do produto. Por exemplo, enquanto moradores do Iêmen têm uma pegada hídrica média de 619 m<sup>3</sup> de água per capita por ano, os americanos consomem 2.482 m<sup>3</sup> por pessoa no mesmo período (Hoekstra e Chapagain, 2007). Os estudos sobre água virtual começaram a crescer devido aos estudos quantitativos publicados por vários pesquisadores (Hoekstra e Hung, 2005; Hoekstra, 2011). Para Hoekstra e Chapagain (2008) a definição mais precisa sobre água virtual consiste na mensuração da água contida num produto, ou seja, numa mercadoria, bem ou serviço, em relação ao volume de água doce utilizada nas diversas fases de sua cadeia produtiva.

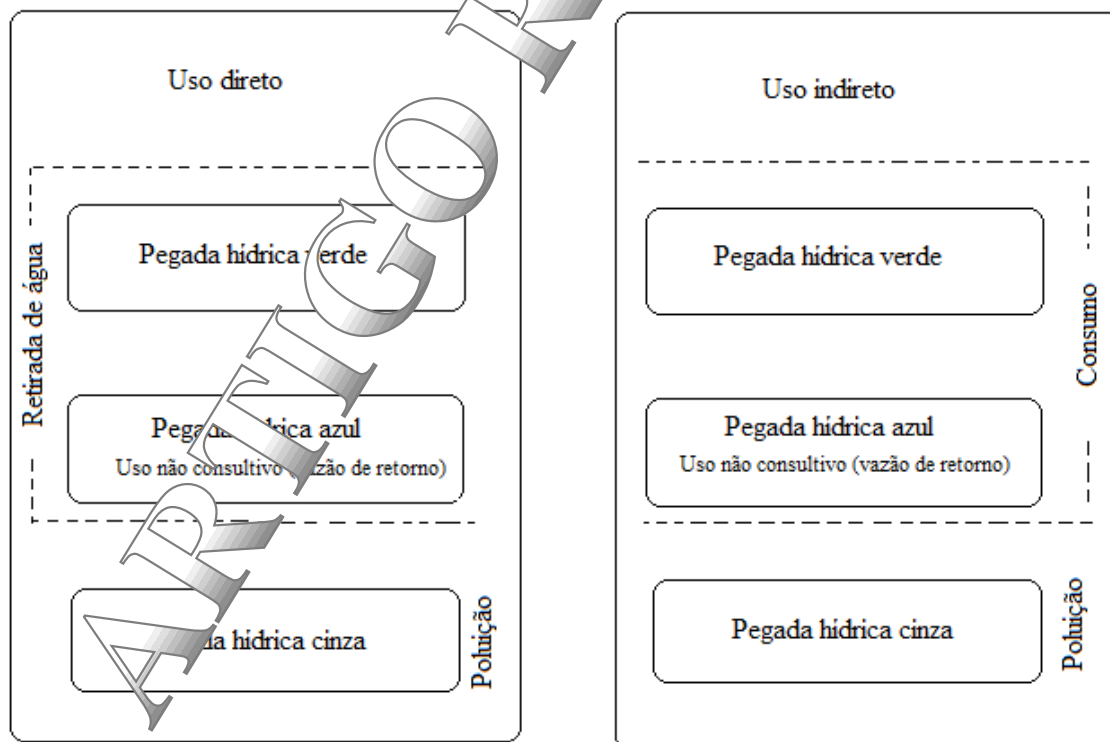
O conceito de água virtual foi introduzido pela primeira vez por Allan (1998) para descrever o volume total de água incorporado nos produtos agrícolas, sugerindo que regiões com baixa disponibilidade hídrica importam água contida nos produtos consumidos pela população. Esse termo se refere ao fato de que a maioria da água utilizada na produção de um produto não está contida nele. Logo, o comércio virtual de água ocorre quando vários produtos são comercializados a partir de um lugar para outro (Hoekstra e Hung, 2005).

A pegada hídrica de uma região é influenciada pelo modelo de desenvolvimento econômico, sendo que muitas vezes é praticado fundamentalmente baseado na geração de riquezas, o que negligencia os sistemas naturais que dão suporte à vida. A pegada hídrica consegue mostrar algumas informações sobre a dependência dos países sobre os recursos hídricos de outros países em todo o mundo levando em consideração a pegada hídrica interna (importação) e externa (exportação) de um país. Hoekstra et al. (2011) destacam que o consumo total de água e a poluição são considerados como sendo a soma de várias demandas independentes do uso de água e suas atividades poluentes. Assim, cabe destacar que no passado a comunidade científica e as práticas de gestão tinham como base a quantificação do consumo de água ao longo de sua produção e de sua cadeia de suprimentos. Isso resultava em pouca consciência quanto ao fato de que a organização, assim como a característica de uma cadeia de produção e fornecimento, influencia o consumo de água e a poluição que hoje podem ser associados ao produto final.

Neste contexto, Hoekstra e Chapagain (2008) criaram o modelo da pegada hídrica, que considera o uso de água virtual contida nos produtos, ajudando, assim, a compreender o caráter global de água doce e a quantificação dos efeitos do consumo e do comércio sobre os

recursos hídricos. Desse modo, além da quantificação do uso direto de água doce para elaboração de um produto ou apenas para suprir a necessidade de um consumidor, deve-se quantificar o uso indireto necessário ao longo de toda a cadeia produtiva ou todos os processos até que um produto ou serviço possa ser utilizado. A água virtual e a quantificação da pegada hídrica podem promover a produção e a comercialização dos produtos de forma mais adequada de acordo com as condições ambientais locais, assim como desenvolver tecnologias para o uso eficiente da água (Aldaya et al., 2010). No entanto, para que essa abordagem se concretize é preciso um trabalho de parceria entre a política, a economia e a sociedade que leve em consideração os fatores culturais e ambientais. O conteúdo de água virtual contido nos produtos consumidos por um indivíduo ou comunidade deve ser considerado na estimativa da PH. Deste modo, a PH consiste de uma parte interna e uma externa, sendo a parte interna referente à apropriação para o seu próprio consumo dos recursos hídricos, enquanto que a parte externa refere-se à apropriação dos recursos hídricos em outros países.

O termo "economia de água" pode ser utilizado no contexto de como produzir alternativas para apoiar os serviços ambientais, ou para servir ao crescente aumento dos produtos que o ser humano necessita. O conceito de água virtual está cada vez mais sendo compreendido como uma fonte alternativa de água (Aldaya e Hoekstra, 2010). Assim, também é possível argumentar que o comércio de água virtual pode levar ao desperdício de água, na situação onde os países com baixa produtividade de água acabam por exportar água virtual para regiões de alta produtividade da água (Vera et al., 2009). O volume de água doce utilizada para produzir o produto, somado ao longo das várias fases da cadeia de produção, é a base para a compreensão do conceito de pegada hídrica. Desse modo, a PH pode ser considerada como um indicador compreensivo da apropriação do recurso de água doce, confrontando a tradicional e restrita mensuração de retirada de água (Figura 1). Partindo desse princípio, a PH do indivíduo ou comunidade se divide em três componentes: azul, verde e cinza.



**Figura 1.** Representação esquemática dos componentes da pegada hídrica.

Fonte: Adaptado de Hoekstra et al. (2011).



## 1.2. Tipos de pegadas hídricas

A PH azul é o indicador do consumo de água doce superficial e/ou subterrânea. Para Hoekstra et al. (2011) o termo “uso de água de consumo” refere-se a um dos quatro casos seguintes: (i) evaporação da água; (ii) água incorporada no produto; (iii) não retorno da água para a área de captação (água é retornada para outra área ou para o mar); e (iv) não retorno da água no mesmo período (água é retirada no período escasso e é retornada no período chuvoso). Por outro lado, nos dias atuais, o maior consumo global de água azul é o setor agrícola (Shiklomanov, 2000). A PH verde é definida como sendo a água oriunda de precipitações, que não é retirada e nem armazenada pelos mananciais e sim armazenada temporariamente no solo ou permanece temporariamente na superfície do solo ou vegetação (Hoekstra et al., 2011). Ela representa o volume de água proveniente de chuva consumida durante o processo de produção. O cálculo da pegada hídrica é particularmente relevante para produtos baseados em culturas agrícolas devido à evapotranspiração.

A distinção entre a PH azul e verde é muito importante devido aos impactos hidrológicos, ambientais e sociais, assim como os custos e impactos do uso da água superficial e do sub-solo. Essa definição difere dos custos e impactos do uso de água de chuva (Hoekstra et al., 2011). A PH cinza indica o grau de poluição de água doce associada ao processo de produção. Hoekstra et al. (2009) definem essa componente da PH como sendo o volume de água doce que é requerida para assimilar a carga de poluentes, baseando-se nas concentrações naturais e padrões de qualidade de água existente. Ela é calculada dividindo-se a carga de poluentes pela diferença entre a máxima concentração aceitável para aquele poluente específico e sua concentração natural na fonte de água que assimila o poluente.

## 1.3. Pegada hídrica de produtos de origem animal

A pegada hídrica de um animal é calculada baseando-se em seu consumo de água durante toda a sua vida, incluindo higiene, alimentação e consumo propriamente dito. A pegada hídrica total do animal é dividida em vários subprodutos derivados. Na Tabela 1 estão as pegadas hídricas de alguns produtos de origem animal e agrícola.

No caso específico do frango, considera-se um sistema industrial de produção que leva em média 10 semanas antes de abater o animal e produzir 1,7 kg de carne branca. Segundo Mekonnen e Hoekstra (2010), a ave consome aproximadamente 3,3 kg de ração, consome 30 L de água no processo produtivo. Portanto, para cada 1 kg de frango são utilizados cerca de 2 kg de grãos e 20 L de água porável durante todo o ciclo de produção. A produção total tem embutidos 3.900 L de água em todo processo de produção (Mekonnen e Hoekstra, 2010). Esse autor destaca que o exemplo apresentado acima é uma média global. A PH do frango varia acentuadamente, dependendo da região de produção, da composição da ração e origem dos elementos que a compõem. Quando abatido, passadas as 10 semanas, a ave terá menos peso e, assim, a produção é reduzida. Conforme Mekonnen e Hoekstra (2010), em termos gerais, a PH do frango, obtido em sistemas industriais, é menor do que obtido em sistemas de fazendas. Entretanto, é necessário atentar-se à origem da água, pois enquanto a PH do frango proveniente de um sistema industrial refere-se à água de irrigação (água azul), a PH de uma cultura de grãos cultivada em sistema de sequeiro, consumida pela ave pode sofrer com a redução dos índices pluviométricos (água verde).

Para o caso específico da carne vermelha, considera-se um sistema industrial de produção de carne bovina que leva três anos para se abater um animal e produzir 200 kg de carne desossada. Aceita-se que o animal tenha consumido 1.300 kg de ração, 7.200 quilogramas de forragem, 24 m<sup>3</sup> de água para dessedentação e 7 m<sup>3</sup> de água para limpeza geral. Isto significa que, para cada quilograma de carne desossada, são utilizados 6,5 kg de ração, 36 kg de forragem e 155 L de água de beber. A produção de todo este sustento tem embutidos 15,500 m<sup>3</sup> de água para a produção de 1kg de carne bovina (Hoekstra, 2011).

**Tabela 1.** Pegadas hídricas médias de alguns produtos de origens animal agrícola.

<b>Produtos de origem animal</b>	<b>L kg<sup>-1</sup></b>	<b>Cultura</b>	<b>L kg<sup>-1</sup></b>
Couro bovino	16.600	Arroz	3.400
Carne de Boi	15.500	Amendoim	1.100
Carne de carneiro	6.100	Trigo	1.300
Queijo	5.000	Milho	900
Porco	4.800	Maçã ou Pêra	700
Leite em pó	4.600	Laranja	460
Carne de cabra	4.000	Batata	250
Galinha	3.900	Repolho	200
Ovos	3.300	Tomate	180
Leite	1.000	Alface	130

**Fonte:** Hoekstra (2011).

A pegada hídrica para 1 kg de carne de porco é de 4.800 litros de água (Hoekstra, 2011). Em um sistema industrial da suinocultura, que começa em média 10 meses antes de um porco ser abatido, produz-se 90 kg de carcaça suína, 5 kg de carnes comestíveis e 2,5 kg de pele. Um porco consome cerca de 385 kg de grãos (milho, cevada, farelo de soja, farelo de trigo e outros grãos pequenos), utilizando 11 m<sup>3</sup> de água para beber e para manutenção da fazenda. Também é necessário mais 10 m<sup>3</sup> de água durante o processo de abate e de limpeza. Para se produzir toda essa a carne de porco são empregados 435 m<sup>3</sup> de água, sendo esse volume total distribuído ao longo dos três principais produtos, tendo como base os seus valores de mercado e o produto obtido por kg do suíno vivo. Desse modo, para os diferentes tipos de carne se obterá PH diferenciada, podendo considerar o uso da água em todas as etapas da cadeia produtiva. Hoekstra (2011) afirma que esse procedimento é semelhante à contabilidade de produtos derivados do setor agrícola, industrial ou de serviços.

## 2. MATERIAL E METODOS

### 2.1. Estudo de caso

Neste estudo foram selecionados nove grupos de 10 pessoas, com três repetições, que residem na cidade de Campinas (RN), com diferentes tipos de dieta alimentar. A coleta dos dados foi realizada em três diferentes locais da cidade com grupos de 10 pessoas para a obtenção de médias representativas dos grupos analisados. Os consumidores não vegetarianos foram agrupados em classes de acordo com o nível de consumo, que foram classificados como: moderado consumidor de carne (Classe A) e grande consumidor de carne (Classe B). Na Classe A estão agrupados os habitantes que consomem carne até 3 vezes por semana e na Classe B aqueles que consomem carne todos os dias da semana. As classes de consumidores não vegetarianos e os consumidores vegetarianos foram divididas em três grupos de acordo com a renda familiar, expressa em termos de salário mínimo acumulado em um ano. Os dados de renda anual foram convertidos para dólares americanos, utilizando-se a cotação do dia 16/10/2011, ou seja, 1 US\$ = R\$ 1,73. A classificação das classes e grupos de consumidores é apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Classificação dos consumidores não vegetarianos e vegetarianos em função do nível de consumo de carne (classes) e em grupos de acordo com a renda familiar (RF) expressa em termos de salário mínimo (SM). Classe A = moderado consumo de carne e Classe B = grande consumo de carne.

Consumidores não vegetarianos				Consumidores vegetariano	
Classe A		Classe B			
Grupo I	RF ≤ 1 SM	Grupo I	RF ≤ 1 SM	Grupo I	RF ≤ 1 SM
Grupo II	1 SM < RF ≤ 5 SM	Grupo II	1 SM < RF ≤ 5 SM	Grupo II	1 SM < RF ≤ 5 SM
Grupo III	RF > 5 SM	Grupo III	RF > 5 SM	Grupo III	RF > 5 SM

A pegada hídrica de um consumidor é definida como o volume total de água doce consumida e poluída para a produção de bens e serviços utilizados pelo consumidor. Assim, a pegada hídrica de um consumidor ( $PH_{cons}$ ) foi calculada pela soma de suas pegadas hídricas direta e indireta:

$$PH_{cons} = PH_{cons,dir} + PH_{cons,ind} \quad [\text{volume/tempo}] \quad [1]$$

A pegada hídrica direta ( $PH_{con,dir}$ ) se refere ao consumo e a poluição de água que é utilizada em todas as atividades da casa, inclusive no jardim. Já a pegada hídrica indireta ( $PH_{con,ind}$ ) se refere ao consumo e a poluição de água utilizada na produção de bens e serviços utilizados pelo consumidor (exemplo: alimentação, vestuário, energia, papel e consumo de bens industriais). O uso da água indireta ( $PH_{con,ind}$ ) foi calculado multiplicando todos os produtos consumidos por suas respectivas pegadas hídricas:

$$PH_{cons,ind} = \sum_p (C[p] \times PH_{prod}^*[p]) \quad [\text{volume/tempo}] \quad [2]$$

em que:

$C[p]$  é o consumo do produto  $p$  (unidades de produto/tempo) e  $PH_{prod}^*$  a pegada hídrica deste produto (volume de água/unidade do produto). O conjunto de produtos considerado ( $p$ ) se refere a todos os bens de consumo e serviços.

O volume total de produto consumido geralmente se origina de diferentes lugares ( $x$ ). A pegada hídrica média de um produto  $p$  consumido foi calculada como:

$$PH_{prod}^* = \frac{\sum_x (C[x,p] \times PH_{prod}[x,p])}{\sum_x C[x,p]} \quad [\text{volume/produto}] \quad [3]$$

em que:

$C[x,p]$  é o consumo de um produto  $p$  de uma origem  $x$  (unidade do produto/tempo) e  $PH_{prod}$  é a pegada hídrica do produto  $p$  de origem  $x$  (volume de água/unidade do produto). No



sistema de produção, a pegada hídrica de um produto  $p$  (volume por massa) é igual a soma da pegadas hídricas dos processos relevantes dividida pela quantidade do produto  $p$ :

$$PH_{prod}[p] = \frac{\sum_{s=1}^k PH_{proc}[s]}{P[p]} \quad [\text{volume/massa}] \quad [4]$$

em que:

$PH_{proc}[s]$  é a pegada hídrica do processo  $s$  (volume/tempo) e  $P[p]$  a quantidade produzida do produto  $p$  (massa/tempo). Na prática, sistemas de produção com uma saída de apenas um produto raramente existem; portanto, é necessário contabilizar a água utilizada através de todo o sistema de produção.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nove grupos pesquisados contêm o mesmo número de pessoas dos sexos masculino e feminino e diferem em termos de hábitos alimentares (vegetariano e não vegetariano) (Tabela 3). A pegada hídrica média do grupo I (renda familiar de até um salário mínimo) da classe A (consumidor moderado de carne) é de  $981 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ , nos seus usos diretos e indiretos durante um ano. Por outro lado, a pegada hídrica da classe B desse mesmo grupo é 14,7% superior daquela da classe A em face do aumento do consumo.

O impacto da renda familiar na pegada hídrica é observado na comparação entre grupos de consumidores. A PH do grupo II da classe A é 91% maior do que aquela do grupo I, enquanto a PH do grupo III é apenas 4,5% maior do que a do grupo II dessa mesma classe. Valores similares foram obtidos para a classe B, em que a PH do grupo II dessa classe foi 188% maior do que do grupo I e o aumento da PH do grupo II para o grupo III foi 4,8%. Isso demonstra que a PH entre os consumidores com renda familiar menor ou igual a um salário mínimo difere de forma expressiva daqueles consumidores com renda familiar superior a um salário mínimo. Por outro lado, as PHs dos consumidores com médio e alto poder aquisitivo não diferem de forma significativa.

As pegadas hídricas dos consumidores dos grupos I, II e III da classe B (grande consumo de carne) aumentaram, respectivamente, 14,7; 13,7 e 14% em relação aos consumidores dos grupos I, II e III da classe A (moderado consumo de carne). Portanto, a renda familiar exerce um impacto maior na PH do que o nível de consumo da população não vegetariana, principalmente entre os grupos I e II de ambas as classes. A pegada hídrica do sexo masculino foi sempre superior a do sexo feminino em todas as classes e grupos de consumidores vegetarianos e não vegetarianos. Essa diferença é mais expressiva no grupo I da classe A que foi de 34% entre homens e mulheres. Entretanto, entre os consumidores não vegetarianos dentro dos grupos II e III essa diferença variou entre 9 e 11% e para os consumidores vegetarianos foi menor, de 6% em todos os grupos.

Os valores da PH dos consumidores vegetarianos foram de 870, 1636,8 e  $1758,1 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$ , respectivamente, nos grupos I, II e III. Isso representa um aumento no consumo de água do grupo I para o grupo II de 87,6% e do grupo II para o grupo III de 7,6%. Para esse tipo de consumidor a renda familiar também é determinante no aumento da pegada hídrica principalmente do grupo I para o grupo II. Considerando que a PH per capita no Brasil é  $1.381 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$  (Hoekstra, 2011), apenas os consumidores vegetarianos e não vegetarianos dentro do grupo I (renda familiar de até um salário mínimo) apresentam consumo hídrico inferior à média nacional. Por outro lado, o grupo III da classe B tem pegada hídrica mais elevada, sendo 2,6 maior do que a média nacional.

**Tabela 3.** Pegada hídrica média ( $m^3 \text{ ano}^{-1}$ ) de consumidores masculinos e femininos vegetarianos e não vegetarianos em função da renda familiar (RF, US\$) expressa através de salário mínimo (SM). Classe A = moderado consumo de carne, Classe B = grande consumo de carne, Grupo I =  $RF \leq 1SM$ , Grupo II =  $1SM < RF \leq 5SM$  e Grupo III =  $RF > 5SM$ .

Consumidores não vegetarianos						
Classe A						
Sexo	Grupo I		Grupo II		Grupo III	
	Renda	PH	Renda	PH	Renda	PH
Feminino	1.998,00	839	15.217,00	2.751	19.166,20	2.864
Masculino	2.667,00	1.123	16.148,00	2.959	19.704,20	3.108
<b>Media</b>	<b>2.333,00</b>	<b>981</b>	<b>15.683,00</b>	<b>2.855</b>	<b>19.435,20</b>	<b>2.986</b>

Consumidores não vegetarianos						
Classe B						
Sexo	Grupo I		Grupo II		Grupo III	
	Renda	PH	Renda	PH	Renda	PH
Feminino	2.275,00	1.045	15.909,00	3.063	20.106,00	3.256
Masculino	2.570,00	1.205	16.387,00	3.429	20.829,00	3.554
<b>Media</b>	<b>2.423,00</b>	<b>1.125</b>	<b>16.148,00</b>	<b>3.246</b>	<b>20.468,00</b>	<b>3.405</b>

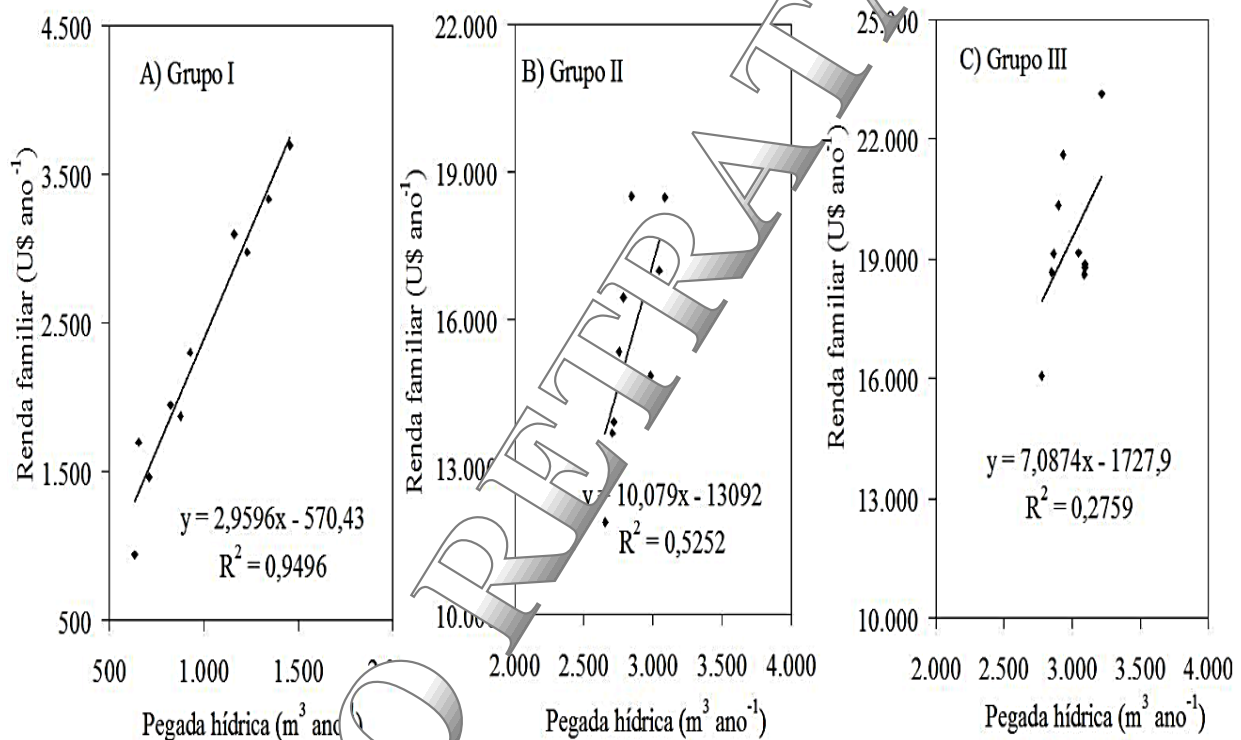
Consumidores vegetarianos						
Sexo	Grupo I		Grupo II		Grupo III	
	Renda	PH	Renda	PH	Renda	PH
Feminino	2.625,00	844	16.036,00	1.581	20.488,00	1.707
Masculino	2.484,00	96	15.706,00	1.685	20.038,00	1.809
<b>Media</b>	<b>2554,70</b>	<b>870</b>	<b>15870,60</b>	<b>1632,8</b>	<b>20262,80</b>	<b>1758,1</b>

O grupo I dos consumidores vegetarianos foi o que apresentou a menor pegada hídrica ( $870 m^3 \text{ ano}^{-1}$ ); portanto, 29% inferior à média nacional. Esses resultados indicam que PH aumenta de acordo com a renda familiar e diminui em função dos hábitos alimentares. A população não vegetariana com maior poder aquisitivo tem PH 3 vezes maior do que a população com renda familiar de até um salário mínimo. Por outro lado, a população não vegetariana com maior renda familiar tem PH 1,7 vezes maior do que o consumidor vegetariano do grupo III. Dessa forma, a renda familiar anual também interfere na pegada hídrica, face da água virtual acumulada nos bens e serviços, que é diretamente proporcional aos hábitos de consumo da população.

As Figuras 2, 3 e 4 mostram respectivamente as regressões lineares entre renda familiar e pegada hídrica para: consumidor não vegetariano da classe A (moderado consumo de carne); classe B (grande consumo de carne) e consumidor vegetariano.

O grupo I, que tem renda familiar (RF) menor do que um salário mínimo (SM), foi o que apresentou o melhor relacionamento entre essas duas variáveis, com coeficiente de

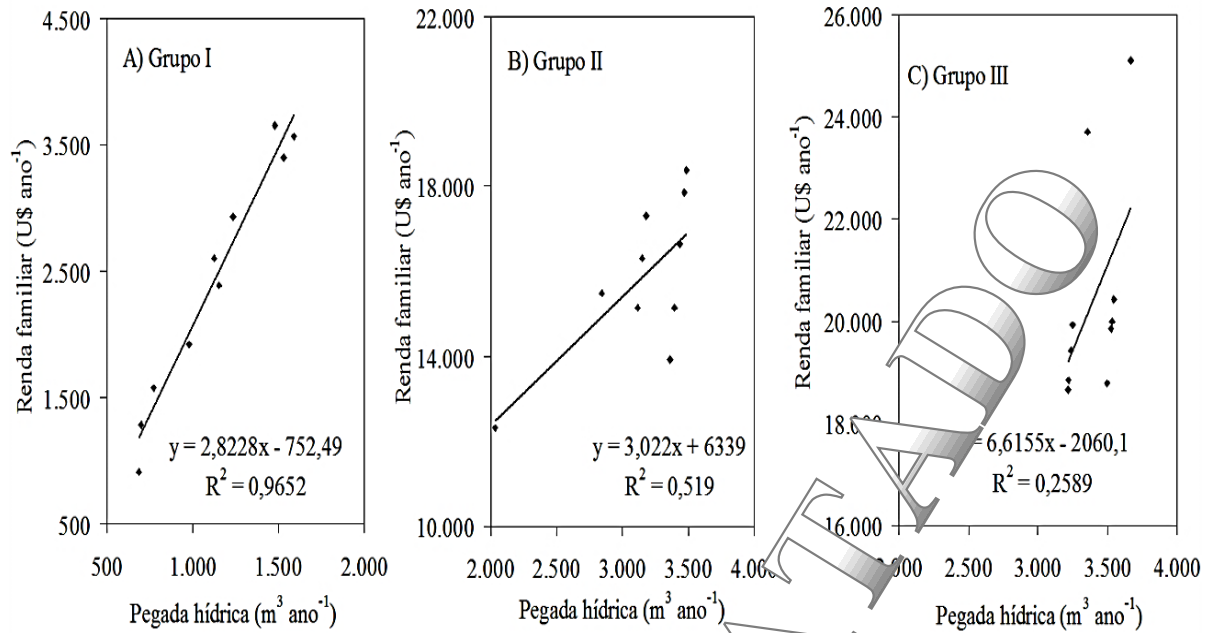
determinação de 0,94 (classe A) (Figura 2A) e de 0,96 (classe B) (Figura 3A) para os consumidores não vegetarianos e de 0,83 para os consumidores vegetarianos (Figura 4A). Esses coeficientes de determinação são estatisticamente significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t-Student. Por outro lado, essa relação para o grupo II (RF > 5SM) os coeficientes de determinação são menores (Figuras 2B, C e D), variando entre 0,52-0,54, porém estatisticamente significativos ao nível de 5% de probabilidade. Entretanto, tal relação para o grupo III dos consumidores não vegetarianos (Figura 2C e 3C) e vegetarianos (Figura 4C) não apresenta nenhuma significância estatística. Esse resultado sugere que os consumidores com renda familiar mais elevada têm uma conscientização maior quanto à importância dos recursos hídricos, bem como hábitos alimentares mais saudáveis que contribuem para reduzir a PH.



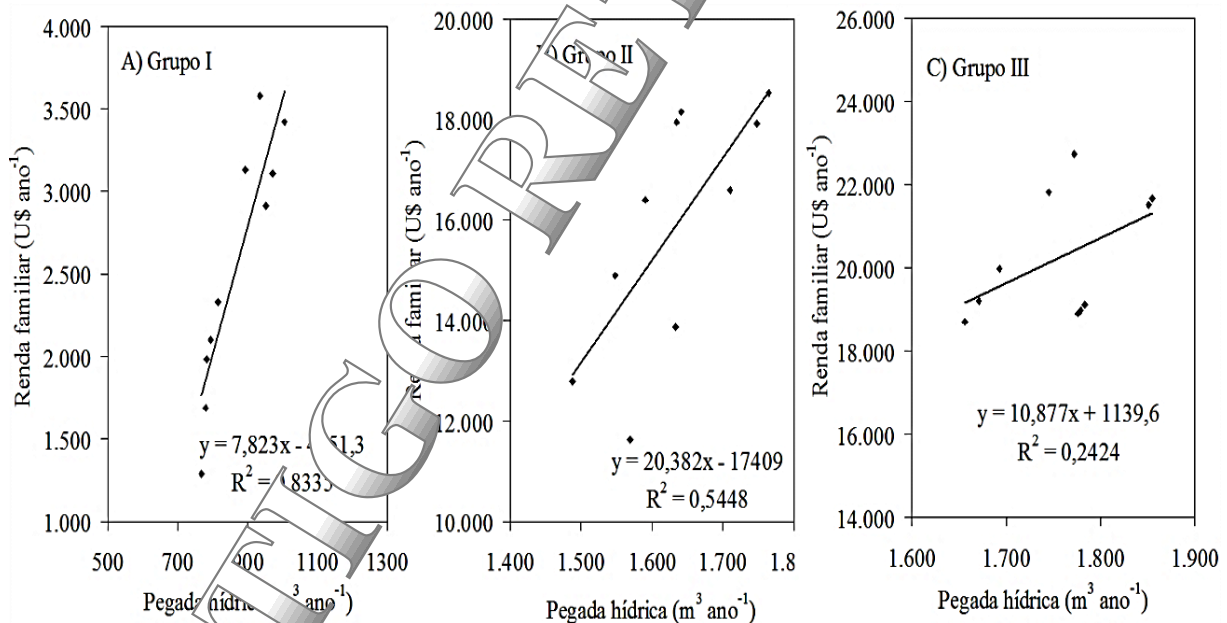
**Figura 2.** Regressão Linear entre renda familiar e pegada hídrica do consumidor não vegetariano (moderado consumo de carne), para os grupos I = RF ≤ 1 SM (Salário Mínimo), II = 1 SM < RF ≤ 5 SM e III = RF > 5 SM. Os coeficientes de determinação são estatisticamente significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t-Student.

Quanto maior a renda familiar anual maior a pegada hídrica. Muito embora a renda familiar e a pegada hídrica da população do sexo masculino sejam maiores do que a do sexo feminino, essa diferença não é expressiva, em nenhum dos grupos analisados.

Os resultados aqui apresentados permitem inferir que a pegada hídrica da população pode ser minimizada através da mudança dos hábitos alimentares, bem como através da redução de consumo de produtos que envolvem a importação de água virtual; e, ainda, que grande parte da população desconhece os impactos dos hábitos alimentares sobre os recursos hídricos e ao meio ambiente. Nesse sentido, Chapagain e Orr (2009) destacam que a PH se torna quase sustentável se o sistema em que a água for extraída for bem gerenciado, através da utilização conscientizada pelo consumidor.



**Figura 3:** Relacionamento entre renda familiar e pegada hídrica do consumidor não vegetariano (classe B = grande consumo de carne) para os grupos I =  $RF \leq 1 SM$ , II =  $1 SM < RF \leq 5 SM$  e III =  $RF > 5 SM$ . As médias foram obtidas com base em três amostras de 10 pessoas ( $n=30$ ). Os coeficientes de determinação são estatisticamente significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t-Student.



**Figura 4.** Relacionamento entre renda familiar e pegada hídrica do consumidor vegetariano para os grupos I =  $RF \leq 1 SM$ , II =  $1 SM < RF \leq 5 SM$  e III =  $RF > 5 SM$ . As médias foram obtidas com base em três amostras de 10 pessoas ( $n=30$ ). Os coeficientes de determinação são estatisticamente significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t-Student.

#### 4. CONCLUSÕES

A metodologia da pegada hídrica é uma ferramenta adequada para se avaliar uso consuntivo de água de indivíduos, fornecendo subsídios que formam a base para a formulação

de novas estratégias de gestão da água. A população não vegetariana com maior poder aquisitivo tem o consumo de água 3 vezes maior do que a população com renda familiar de até um salário mínimo. A renda familiar também interfere na pegada hídrica, em face da água virtual acumulada nos bens e serviços. A pegada hídrica da população aumenta em função da renda familiar e diminui de acordo com os hábitos alimentares. Os consumidores não vegetarianos do sexo feminino têm PH 10-13% menor do que o sexo masculino e quanto os consumidores vegetarianos do sexo feminino têm PH menor do que do sexo masculino em apenas 5,8%. A pegada hídrica pode ser uma informação de grande interesse dos planejadores, políticos e empresas de fornecimento de água que estão preocupados com o equilíbrio de oferta e demanda dos recursos hídricos dentro de respectivas áreas administrativas. Neste sentido, os estudos regionais sobre pegada hídrica nos diversos setores da atividade humana são relevantes no contexto atual, em que os recursos hídricos são bens preciosos e tornam cada vez mais escassos no milênio atual.

## 5. REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. A. Virtual water: a strategic resource global solutions to regional deficits. *Ground Water*, v. 36, p. 545-546, 1998. [dx.doi.org/10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x](http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x)
- ALDAYA, M. M.; SANTOS, P. M.; LLAMAS, M. R. Incorporating the water footprint and virtual water into policy reflections from the Mancha Occidental region, Spain. *Water Resources Management*, v. 24, p. 941-958, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-009-9480-8>
- ALDAYA M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The water needed for Italians to eat pasta and pizza. *Agricultural Systems*, v. 103, p. 351-360, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2010.03.004>
- CHAPAGAIN, A. K.; ORR, S. An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: a case of Spanish tomatoes. *Journal of Environmental Management*, v. 90, p. 1219-1228, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.06.006>
- ERCIN, A. E.; ALDAYA, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Corporate water footprint accounting and impact assessment: the case of the water footprint of sugar-containing carbonated beverage. *Water Resources Management*, v. 25, p. 721-741, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-010-9723-7>
- FENG, K.; SIU, Y. J.; GUAN, D.; HUBACEK, K. Assessing regional virtual water flows and water footprint in the Yellow River Basin, China: a consumption based approach. *Applied Geography*, v. 32, p. 691-701, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.06.004>
- GLEICK, P. H. The changing water paradigm: a look at twenty-first century water resources development. *Water International*, v. 25, p. 127-138, 2000. <http://dx.doi.org/10.1080/10704900008686804>
- HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*, v. 21, p. 35-48, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-006-9039-x>
- HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. **Globalization of water: sharing the Planet's freshwater resources**. 1.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2008. 232p.



SILVA, V. P. R.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E.; DANTAS NETO, J.; ALEIXO, D. O.; CAMPOS, J. H. B. C. Pegada hídrica de indivíduos com diferentes hábitos alimentares. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 250-262, 2013. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.967>)

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **The water footprint assessment manual**. 1. ed. London: Water Footprint Network, 2011. 224p.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **The water footprint manual: state of the art**. 1. ed. Enschede: Water Footprint Network, 2009. 127p.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. Globalization of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. **Global Environmental Change**, v. 15, p. 45-56, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.06.004>

HOEKSTRA, A. Y. How sustainable is Europe's water footprint? **Water and Wastewater International**, v. 26, p. 24-26, 2011.

MARACAJÁ, K. F. B.; CARVALHO, J. R. M. de. Ecológico footprint method: análise da sustentabilidade ambiental no estado da Paraíba, 2010. **Revista Querubim**, ano 6, n. 12, p. 27-36, 2010.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, p. 1577-1600, 2011. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. Global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 14, p. 1259-1276, 2010. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-14-1259-2010>

PERRY, C. Efficient irrigation; inefficient communication; flawed recommendations. **Irrigation and Drainage**, v. 56, p. 267-318, 2007. <http://dx.doi.org/10.1002/ird.323>

ROMAGUERA, M.; HOEKSTRA, A. Y.; SU, Z.; KROL, M. S.; SALAMA, M. S. Potential of using remote sensing techniques for global assessment of water footprint of crops. **Journal of Remote Sensing**, v. 2, p. 1177-1196, 2010. <http://dx.doi.org/10.3390/rs204117>

SHIKLOMANOV, I. A. Analysis and Assessment of world water resources. **Water International**, v. 25, p. 11-23, 2000. <http://dx.doi.org/10.1080/02508060008686794>.

SILVA, V. P. R.; SOUSA, C. S.; CAVALCANTI, E. P.; SOUZA, E. P.; SILVA, B. B. Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, v. 68, p. 781-792, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2005.12.002>.

VAN OEL, P. P.; MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The external water footprint of the Netherlands: geographically-explicit quantification and impact assessment. **Ecological Economics**, v. 69, p. 82-92, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.07.014>.

VERMONT, S.; KUMPMAN, D. A.; ZAAG, P. V.; HOEKSTRA, A. Y. Going against the flow: a critical analysis of inter-state virtual water trade in the context of India's National river linking program. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 34, p. 261-269, 2009.

YU, Y.; HUBACEK, K.; FENG, K.; GUAN, D. Assessing regional and global water footprints for the UK. **Ecological Economics**, v. 69, p. 1140-1147, 2010.

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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.09.016>.