
PEGADA HÍDRICA DE UMA COMUNIDADE DE CONSUMIDORES EM FORTALEZA/CE/BRASIL: ANÁLISE DAS PEGADAS RÁPIDA E ESTENDIDA NA METODOLOGIA 'WATER FOOTPRINT NETWORK'

Water footprint in a community of consumers in Fortaleza/CE/Brazil: analysis of footprints quick and extended in the methodology 'water footprint network'.

Jackeline Lucas Souza

Graduação em Ciências Contábeis. Doutoranda em Engenharia Civil - Recursos Hídricos. Profa. Assistente III da Universidade Federal do Ceará – UFC. jackeline.souza@hotmail.com

Fábio Eduardo Franco Rodrigues

Físico. Doutorando em Engenharia Civil - Recursos Hídricos. Prof. Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. fabioedu1@hotmail.com

Ticiania Marinho de Carvalho Studart

Engenheira Civil. Doutorado em Engenharia Civil - Recursos Hídricos/UFC. Profa. Associada III/UFC. ticianastudart2010@gmail.com

Francisco de Assis de Souza Filho

Engenheiro Civil. Doutorado em Engenharia Civil - Escola Politécnica/USP. Prof. do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental/UFC. assissouzafilho@gmail.com

Resumo: a relação de consumo e escassez dos recursos hídricos é foco do presente trabalho, na tentativa de mensurar o volume de água consumido na comunidade de Fortaleza/CE/Brasil. Para tanto, foi utilizada como instrumento a aplicação de um questionário contendo as duas metodologias de cálculo de pegada hídrica, utilizada por Water Footprint Network (WFN). A análise das pegadas rápida (PH_R) e estendida (PH_E) foi utilizada em uma comunidade de 140 indivíduos, em 55 bairros de Fortaleza. Os resultados apontaram: a média da PH_R variando entre $606 \text{ m}^3/\text{ano}$ a $3.667 \text{ m}^3/\text{ano}$, com maior representação espacial em 20 bairros (consumo entre $801 \text{ m}^3/\text{ano}$ a $1.600 \text{ m}^3/\text{ano}$); a média da PH_E variando entre $699 \text{ m}^3/\text{ano}$ e $3.407 \text{ m}^3/\text{ano}$, mais representada em 26 bairros (consumo entre $1.601 \text{ m}^3/\text{ano}$ a $2.400 \text{ m}^3/\text{ano}$); a baixa correlação entre a PH_R e PH_E , com coeficiente de determinação ($r=0,046$); a homogeneidade da PH_R na variância dos grupos do componente hábito alimentar ($p=0,019$); dos oito componentes resultantes das PHs, dois apontaram correlação positiva, o componente 'industrializados' e o 'domésticos'; e, por fim, somente, 42,56% do componente doméstico na PH_E foram validados com o consumo doméstico de água medido pela CAGECE.

Palavras-chave: Metodologia Water Footprint Network (WFN). Pegada hídrica rápida. Pegada hídrica estendida.

Abstract: the ratio of consumption and scarcity of water resources is the focus of this study in an attempt to measure the volume of water consumed in the community of Fortaleza/CE/Brazil. To this end, it was used a questionnaire containing the two methodologies for calculating water footprint, used by Water Footprint Network. The analysis of the footprints PH_R and PH_E was used in a community of 140 individuals in 55 neighborhoods in Fortaleza. The results showed: the average of PH_R varying between $606 \text{ m}^3/\text{year}$ to $3.667 \text{ m}^3/\text{year}$, with higher spatial representation in 20 neighborhoods (consumption between $801 \text{ m}^3/\text{year}$ to $1,600 \text{ m}^3/\text{year}$); the average of extended water footprint ranging from $699 \text{ m}^3/\text{year}$ to $3.407 \text{ m}^3/\text{year}$, mainly represented in 26 neighborhoods (m^3/year consumption between 1,601 to 2,400 m^3/year), the low correlation between the PH_R and PH_E , with determination coefficient ($r=0.046$), the homogeneity of variance of PH_R in feeding habits of the component groups ($p = 0.019$), the eight components resulting from culverts, two showed positive correlation, the 'industrial' and 'domestic' components and, finally, only, 42.56% of the 'domestic' component PH_E was validated with the domestic water consumption measured by CAGECE.

Keywords: Water Footprint Network (WFN) Methodology. Quick water footprint. Extended water footprint.

1 Introdução

O agravamento e a complexidade da crise da água decorrem dos problemas de indisponibilidade e aumento da demanda por este recurso; do processo de gestão, ainda, setorial; das respostas às crises e problemas sem atitude preditiva, dentre outros (SOMLYODY; VARIS, 2006). Além disto, menos de um por cento da água na Terra está acessível para uso humano direto (UNESCO, 2006) causando indisponibilidade deste recurso natural para atender as necessidades humanas e ambientais, desafiando a gestão hídrica em assegurar água suficiente para todos, sem a destruição dos ecossistemas das fontes de água (rios, lagos e aquíferos).

No entanto, o uso de água doce está muito além dos níveis que podem ser mantidos nas demandas atuais (HASSAN; SCHOLLES; ASH, 2005). Gleick et al. (2009) mostraram que as previsões sugerem que a demanda por água continuará a subir na maior parte do mundo.

Alguns impactos da pegada hídrica no mundo, em ecossistemas de água doce, demandam aplicações de técnicas de pegada hídrica. Dentre esses impactos merecem destaque a diminuição dos rios; a avaliação da escassez quantitativa e qualitativa do recurso hídrico; a redução das vazões fluviais e as mudanças climáticas.

Neste contexto, a mensuração da quantidade de recursos hídricos, por indivíduo, faz-se necessária para uma gestão eficiente e sustentável desse recurso em torno do seguinte questionamento: Qual a relação entre a pegada hídrica rápida e a pegada hídrica estendida, utilizada pela metodologia da Water Footprint Network (WFN), em uma comunidade em Fortaleza/CE/Brasil?

A fim de responder a esta pergunta o trabalho se propõe a avaliar as pegadas hídricas rápida e estendida pela metodologia WFN através dos seguintes objetivos específicos: estudar os conceitos sobre pegada hídrica, *stress* hídrico e água virtual; demonstrar a técnica da pegada hídrica pela metodologia WFN; aplicar o questionário da metodologia WFN em uma comunidade em Fortaleza, avaliar os modelos das pegadas hídricas (PH_R e PH_E) da metodologia WFN e analisar os componentes resultantes em ambas as pegadas hídricas da metodologia WFN.

O trabalho está segmentado em quatro seções, incluindo esta primeira seção como a introdução; a segunda seção como a fundamentação teórica da aplicabilidade da pegada hídrica, baseada em estudos anteriores; a terceira seção, a metodologia utilizada para obtenção e manipulação dos dados da pesquisa; a quarta seção, a análise dos resultados e, por fim, a quinta seção com as considerações finais.

2 Pegada hídrica: conceito e aplicabilidade no consumo humano

Para quase todos os propósitos humanos faz-se necessário o consumo de água doce – recurso escasso, normalmente, disponível pelo escoamento superficial (rios e córregos) e, parcialmente, pelo fluxo de água subterrânea. Em atendimento a esta necessidade humana, associada à sua relação de escassez, foi desenvolvido em 2002 o conceito de pegada hídrica, como:

O volume total de água doce utilizada para produção de bens ou serviços, o qual demonstra a apropriação, por parte do homem, das fontes limitadas de água no mundo e providencia uma base para avaliar os impactos da produção de bens e serviços em sistemas de água doce, formulando estratégias para a redução desses impactos (HOEKSTRA, 2009).

O conceito formulado para pegada hídrica difere da teoria clássica – restrita ao consumo direto da água, denominada por Hoekstra et al. (2011) como água azul. Ampliando a simples definição de retirada da água para o conceito de uso da água, excluindo a parte não consultiva que retorna ao fluxo da água, o novo conceito de pegada hídrica considera os seguintes aspectos: i) utilização dos conceitos de água verde e água cinza, e ii) não restrição ao uso direto de água (consumo e poluição da água em casa ou no jardim), ou seja, inclusão do uso indireto da mesma (consumo e poluição da água associados à produção de bens e serviços utilizados pelo consumidor).

A pegada hídrica, portanto, oferece uma perspectiva ampla sobre como o consumidor ou produtor se relaciona com o uso de sistemas de água doce. É uma medida volumétrica dos consumos de água e poluição que contabiliza informações espaço-temporais a respeito de como a água é apropriada a diversos fins. Com relação ao espaço, as informações são dispostas pela localização da pegada hídrica em uma área geográfica; já em relação ao tempo, pela quantificação de processo, do produto ou do consumidor em um período.

Em termos gerais, o principal objetivo da pegada hídrica é analisar como as atividades humanas ou produtos específicos dizem respeito às questões de escassez de água e poluição, bem como as atividades e os produtos podem ser sustentáveis na perspectiva do consumo da água.

A avaliação da pegada hídrica depende do foco que o interessado tem em mensurá-la atendendo aos enfoques de parte de um processo específico na cadeia

de produção, e de um produto final, consumidor final, grupo de consumidores, produtor ou toda a economia do setor, dentro de uma área geográfica, na perspectiva de verificar o total de pegada em uma área delimitada (município, estado, país, bacia hidrográfica e outros). Essa avaliação completa é composta por quatro fases distintas (HOEKSTRA et al., 2011, p. 4): 1ª fase) estabelecimento de metas e alcance; 2ª fase) contabilidade da pegada da água; 3ª fase) avaliação da sustentabilidade da pegada da água e 4ª fase) formulação-resposta da pegada da água.

Para o presente trabalho abordar-se-á a pegada hídrica até a 2ª fase, dentro de uma comunidade de consumidores, no município de Fortaleza/CE, a qual se define como a soma das pegadas hídricas dos indivíduos – consumidores finais que representam suas pegadas pela função do consumo de diferentes produtos consumidos.

2.1 Componentes da pegada hídrica e stress hídrico

A concepção de pegada hídrica (*water footprint*) é definida por Resende Neto (2011) como o total anual de água utilizado na produção de bens e serviços relacionados a certo padrão de consumo. Discorre, ainda, que a pegada hídrica é um indicador da quantidade de água necessária para produzir bens e serviços que serão consumidos por um país ou indivíduo, ou seja, evidência a perspectiva de consumo.

Os cálculos para estimar a quantidade de pegada hídrica envolvida na produção são bastante complexos e para obtê-los consideram-se toda a água envolvida na cadeia produtiva; as particularidades de cada região e, as características ambientais e tecnológicas do processo a ser examinado. Desta forma, as principais características analisadas são o volume de água doce usado por pessoas para produzir bens e como esse volume é utilizado nos domicílios e nas indústrias, especificados geográfica e temporalmente em três componentes, segundo WWF (2012): pegada d'água verde (1), pegada d'água azul (2) e pegada d'água cinza (3).

A pegada hídrica verde é o volume de água da chuva consumida durante o processo de produção (decorrente da evapotranspiração), além da água incorporada para a cultura colhida (Equação 1).

A pegada hídrica azul é o volume de água decorrente de fontes superficiais e subterrâneas, consumidas durante o processo de produção, além da água incorporada para a cultura colhida (Equação 2).

A pegada hídrica cinza é o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes, com base em concentrações de fundo natural e da qualidade de água existentes em padrões ambientais. O cinza,

como conceito de pegada hídrica, tem crescido a partir do reconhecimento de que o tamanho da poluição da água pode ser expresso em termos do volume de água necessário para diluir os poluentes até que estes se tornem inofensivos. É calculado dividindo-se a carga poluente pela diferença entre o padrão de qualidade da água para o ambiente desse poluente e sua concentração natural no corpo receptor (Equação 3).

$$WF_{proc.verde(vol/t)} = E_{verde} + I_{verde} \quad (1)$$

$$WF_{proc.azul(vol/t)} = E_{azul} + I_{azul} + F_{retorno} \quad (2)$$

$$WF_{proc.cinza(vol/t)} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \quad (3)$$

Onde:

$WF_{proc.verde}(vol/t)$: pegada hídrica verde do processo;

$WF_{proc.azul}(vol/t)$: pegada hídrica azul do processo;

$WF_{proc.cinza}(vol/t)$: pegada hídrica cinza do processo;

E_{verde} : água da chuva evaporada das plantas e solo;

E_{azul} : águas superficiais e subterrâneas evaporadas;

I_{verde} : água da chuva incorporada ao produto na produção;

I_{azul} : águas superficiais ou subterrâneas incorporadas ao produto na produção;

$F_{retorno}$: retorno do fluxo da água ao mar ou bacias;

c_{max} (massa/volume): concentração máxima aceitável do poluente;

c_{nat} (massa/volume): concentração natural do corpo hídrico receptor;

L (massa/tempo): carga poluente.

Em síntese, a pegada hídrica total do processo de cultivo agrícola (WF_{proc}) é representada pela soma da verde, azul e cinza (Equação 4).

$$WF_{proc(vol/m)} = WF_{verde} + WF_{azul} + WF_{cinza} \quad (4)$$

O consumo dos recursos hídricos, no processo produtivo, tem gerado consequência de escassez da água no País, que é denominada no contexto de pegada hídrica como *stress* hídrico, o qual analisa crescimento populacional, produção de alimentos (principalmente através da agricultura, que responde por 90% da demanda por água), pobreza e gestão dos recursos hídricos. Esta situação resulta em graves consequências, não só ambientais como também econômicas e sociais.

Tal consumo dá-se, principalmente, na produção de produtos agrícolas, para indivíduo ou grupo de consumidores (empresas e países), onde a pegada hídrica verde representa o volume de água da chuva que evapora durante a produção de mercadorias agrícolas; a pegada hídrica azul o volume de água retirada de fontes superficiais ou subterrâneas utilizado por indivíduos, que não retorna, principalmente, por conta da evaporação da água na irrigação e, por fim, a pegada hídrica cinza representa o volume de água necessário para diluir os poluentes liberados no processo de produção, de tal forma que a qualidade da água do ambiente retorne aos padrões para consumo.

De acordo com o Relatório Planeta Vivo (WWF, 2012), o *stress* hídrico tem sido experimentado em diferentes países que usam e poluem os recursos hídricos, em diversos volumes. O *stress* é calculado pela razão entre a soma das pegadas hídricas azul e cinza da produção, na disponibilidade de recursos renováveis. Chapagain e Hoekstra (2008) esclarecem que os números são atribuídos a todos os usuários de água e poluidores deste recurso, independentemente de onde os produtos finais foram consumidos.

Para os países, a pegada hídrica possui um componente interno e um externo. O componente interno refere-se à utilização dos recursos hídricos do País para produzir os bens e serviços consumidos para a população e o externo refere-se a quantidade de água utilizada em outros países, para produzir os bens e serviços que são posteriormente consumidos por essa população.

Segundo Carmo et al. (2007), o Brasil é o maior exportador, dentre os 130 países com população com mais de um milhão de habitantes, que apresenta alto *stress* hídrico, antecedido, em ordem decrescente, por Índia, China e Estados Unidos da América. Esse universo inclui grandes produtores de bens agrícolas para mercados nacional e internacional, não deixando de considerar que essa pressão (*stress*) por recursos hídricos se torna mais aguda com o aumento da população humana; com o crescimento econômico e com os efeitos de mudança climática.

Apesar de todas essas variáveis, a análise da pegada hídrica limita-se ao cálculo em nível nacional, enquanto que o uso da água é muito específico em nível local ou de rio/bacia, e isto demandaria uma análise mais refinada. Independentemente dessa limitação, a pegada hídrica está embasada em projetar o volume de consumo direto e indireto d'água, em uma proposta futurista, de que em 2050 a média mundial de calorias diárias consumidas atingirá 3.130 kcal por pessoa – aumento de 11% em relação ao nível de 2003 (FAO, 2006).

O Manual de Avaliação da Pegada Hídrica, desenvolvido por Hoekstra et al. (2011, p.36), define que a pegada hídrica pode ser calculada para um indivíduo ou para um grupo de consumidores, multiplicando todos os bens e serviços consumidos, pelos seus respectivos conteúdos de água virtual. O conceito de pegada hídrica não se refere simplesmente ao volume de água, como é o caso do conceito de água virtual de um produto, mas a soma do uso da água nas diversas fases da cadeia de produção incluindo o termo 'virtual' – diz respeito ao fato de que a maioria da água usada para produzir um produto não está contida no produto (CARMO et al., 2007).

A Figura 1 demonstra o processo de pegadas hídricas como o elemento básico para todas as outras pegadas hídricas, embutindo uma análise desde a extração dos insumos *in natura* - utilizados na produção -

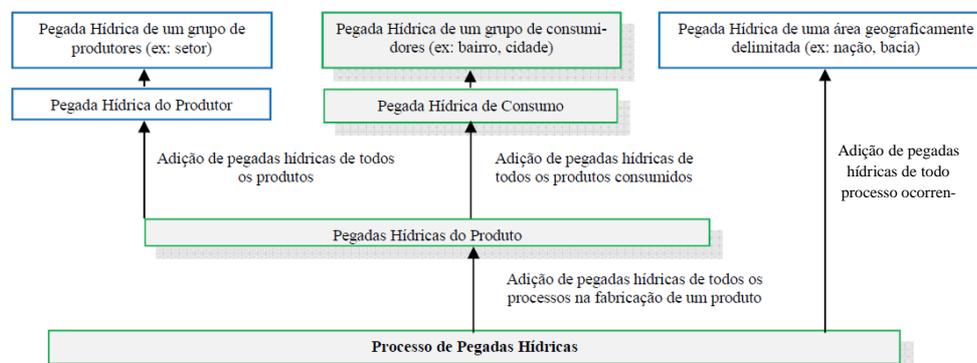


Figura 1 – Processo de pegadas hídricas como o elemento básico para fluxo de todas as pegadas hídricas

Fonte: The Water Footprint Assessment Manual (2009, p. 19).

até o consumo final desses produtos por indivíduos, produtores, consumidores, comunidades, área e países.

A pegada hídrica é representada em um bloco básico de construção de toda contabilidade das pegadas hídricas (Figura 1), ou seja, a pegada hídrica de um produto intermediário ou final (bem ou serviço) é o total das pegadas hídricas do processo de vários passos relevantes na produção do produto.

Dentro deste contexto, explicando cada pegada hídrica: a um consumidor individual é uma função das pegadas de água dos diferentes produtos consumidos pelo consumidor; a de uma comunidade de consumidores é igual à soma das pegadas hídricas de um indivíduo, multiplicada pela quantidade de indivíduos dessa comunidade; a de um produtor ou qualquer tipo de negócio é igual à soma das pegadas hídricas dos produtos que o produtor ou empresa oferece; a de dentro de uma área geograficamente delimitada é igual à soma das pegadas de água de todos os processos ocorrendo nessa área; e, a total da humanidade é igual à soma das pegadas de água de todos os consumidores do mundo, que é igual à soma das pegadas de água de todos os bens de consumo e serviços consumidos anualmente e também iguais à soma de toda a água de consumidores-poluíntes ou processos no mundo.

Vale ressaltar que a pegada hídrica dos consumidores de uma comunidade não é igual à pegada hídrica dentro da comunidade, uma vez que a primeira representa a soma das pegadas de água de seus membros e a última representa a soma de todos os processos de pegadas de água que ocorrem nessa área (p.ex.: no município de Fortaleza).

2.2 Pegada hídrica de um consumidor ou grupo de consumidores

De acordo com o que fora abordado (item 2.1), a pegada hídrica pode ser calculada para o produto; o consumidor ou grupo de consumidores; uma área geograficamente delimitada; uma nação, um estado, um município ou uma bacia hidrográfica e, ainda, um negócio. Na presente pesquisa, será aplicada a pegada hídrica de um consumidor ou grupo de consumidores, em um município, definida segundo Hoekstra et al. (2011, p. 47) como “o volume total de água doce consumida e poluída para produção de bens e serviços utilizados pelo consumidor”. Por consequência, a pegada hídrica de um grupo de consumidores é igual à soma das pegadas hídricas dos consumidores individuais.

O cálculo da pegada hídrica de um consumidor (WF_{cons}) é calculado pelo somatório de suas pegadas direta e indireta por recursos hídricos (Equação 5).

$$WF_{cons(vol/t)} = WF_{cons.direto} + WF_{cons.indireto} \quad (5)$$

O consumo direto é medido pelo consumo da água e da poluição da água, relacionados ao uso da água em casa ou fora de casa (ex: jardim, garagem, piscina e outros afins). Já o consumo indireto refere-se ao consumo de água e à poluição da água associados com a produção de bens e serviços utilizados pelo consumidor. Este é calculado pela multiplicação de todos os produtos consumidos com seus respectivos produtos de pegada hídrica (Equação 6).

$$WF_{cons.indireto(vol/t)} = \sum_p (C[p] \times WF_{prod}^*[p]) \quad (6)$$

Onde:

$C[p]$: é o consumo do produto p (unidades de produto/hora)

$WF_{prod}^*[p]$: é a pegada deste produto (unidade de volume de água/produto).

O conjunto de produtos considerado refere-se a toda a gama de bens de consumo e serviços finais. O volume total de consumo “ p ” geralmente se origina de diferentes lugares “ x ”. A pegada hídrica média de um produto “ p ” consumido é calculada como (Equação 7):

$$WF_{prod}^*[p](vol/un.prod) = \frac{\sum_x (C[x,p] \times WF_{prod}^*[x,p])}{\sum_x C[x,p]} \quad (7)$$

Onde:

$C[x,p]$: é o consumo do produto “ p ” da origem “ x ” (unidades de produto/hora)

$WF_{prod}^*[x,p]$: é o volume de água da pegada hídrica do produto “ p ” da origem “ x ”(vol água/un.prod.)

A pegada hídrica de um município, província ou outra unidade administrativa se assemelha à pegada hídrica para uma nação ou uma bacia. O mesmo sistema de contabilidade da pegada hídrica pode ser aplicado, inclusive a nível de estado/província. Estudos

realizados para a China (MA et al., 2005), a Índia (VERMA et al., 2009), a Indonésia (BULSINK; HOEKSTRA; BOOIJ, 2010) e a Espanha (GARRIDO et al., 2010) mostraram que a menor unidade administrativa, com maior fração externa da pegada hídrica dos consumidores na área será mais, em particular, para as áreas urbanas onde cada um dos consumidores leva.

3 Metodologia

A presente pesquisa baseia-se em um estudo exploratório, pela aplicação da técnica de mensuração

do uso e do consumo dos recursos hídricos, desenvolvida por Hoekstra em 2002, através do cálculo das pegadas hídricas rápida e estendida (WFN, 2011), envolvendo as áreas de estudo de economia, contabilidade e engenharia de recursos hídricos.

Para utilização dessa ferramenta foram aplicados 140 questionários, contendo todas as informações para cálculo da pegada hídrica rápida e da pegada hídrica estendida, em uma população amostral no município de Fortaleza/CE – composto por 2,5 milhões de habitantes (IBGE, 2011), distribuídos em 117 bairros, dos quais 55 foram objeto de estudo na amostra (Tabela 1).

Tabela 1 – Representação dos 140 questionários aplicados nos bairros de Fortaleza/CE/Brasil

Seq.	Bairros de Fortaleza	Quant.	Seq.	Bairros de Fortaleza	Quant.	Seq.	Bairros de Fortaleza	Quant.
1	Aerolândia	-	40	Dunas	-	79	Panamericano	1
2	Aeroporto	1	41	Edson Queiroz	1	80	Papicu	2
3	Aldeota	6	42	Ellery	2	81	Parangaba	4
4	Alto da Balança	-	43	Farias Brito	-	82	Parque Araxá	-
5	Álvaro Weyne	2	44	Fátima	5	83	Parque Dois Irmãos	1
6	Amadeu Furtado	-	45	Floresta	-	84	Parque Iracema	1
7	Ancuri	-	46	Genibaú	-	85	Parque Manibura	-
8	Antônio Bezerra	3	47	Granja Lisboa	-	86	Parque Santa Maria	-
9	Autran Nunes	-	48	Granja Portugal	-	87	Parque Santa Rosa	-
10	Bairro De Lourdes	-	49	Guajeru	-	88	Parque São José	-
11	Barra do Ceará	19	50	Henrique Jorge	3	89	Parquelândia	10
12	Barroso	-	51	Itaóca	-	90	Parreão	-
13	Bela Vista	1	52	Itaperi	-	91	Passaré	2
14	Benfica	9	53	Jacarecanga	1	92	Patriolino Ribeiro	-
15	Bom Futuro	-	54	Jangurussu	1	93	Paupina	-
16	Bom Jardim	1	55	Jardim América	2	94	Pedras	-
17	Bom Sucesso	1	56	Jardim Cearense	-	95	Pici	3
18	Cais do Porto	-	57	Jardim das Oliveiras	2	96	Pirambu	-
19	Cajazeiras	-	58	Jardim Guanabara	-	97	Planalto Ayrton Senna	-
20	Cambéba	1	59	Jardim Iracema	1	98	Praia de Iracema	1
21	Canindezinho	1	60	João XXIII	3	99	Praia do Futuro I II	-
22	Carlito Pamplona	3	61	Joaquim Távora	-	100	Prefeito José Walter	1
23	Castelão	1	62	Jockey Clube	1	101	Presidente Kennedy	4
24	Centro	1	63	José Bonifácio	2	102	Presidente Vargas	-
25	Cidade 2000	1	64	José de Alencar	-	103	Quintino Cunha	-
26	Cidade Funcionários	-	65	Lagoa Redonda	1	104	Rodolfo Teófilo	3
27	Coaçu	-	66	Luciano Cavalcante	1	105	Sabiaguaba	-
28	Cocó	2	67	Manuel Sátiro	-	106	Salinas	1
29	Conjunto Ceará	2	68	Maraponga	4	107	São Bento	-
30	Conjunto Esperança	2	69	Mata Galinha	-	108	São Gerardo	-
31	Couto Fernandes	-	70	Meireles	8	109	São João do Tauape	-
32	Cristo Redentor	-	71	Messejana	-	110	Sapiranga	-
33	Curió	-	72	Mondubim	-	111	Serrinha	1
34	Damas	1	73	Monte Castelo	1	112	Siqueira	-
35	Demócrito Rocha	1	74	Montese	3	113	Varjota	2
36	Dendê	-	75	Moura Brasil	1	114	Vicente Pinzón	-
37	Dias Macedo	-	76	Mucuripe	-	115	Vila Pery	-
38	Dionísio Torres	-	77	Novo Mondubim	-	116	Vila União	1
39	Dom Lustosa	-	78	Padre Andrade	-	117	Vila Velha	-

Fonte: elaboração dos autores.

Dos 140 questionários aplicados foram alcançados 48% dos bairros de Fortaleza, sendo os 10 mais representados (Figura 2): Barra do Ceará (19 questionários), Parquelândia (10 questionários), Benfica (9 questionários), Meireles (8 questionários),

Aldeota (6 questionários), Fátima (5 questionários), Presidente Kennedy (4 questionários), Parangaba (4 questionários), Maraponga (4 questionários) e Pici (3 questionários).

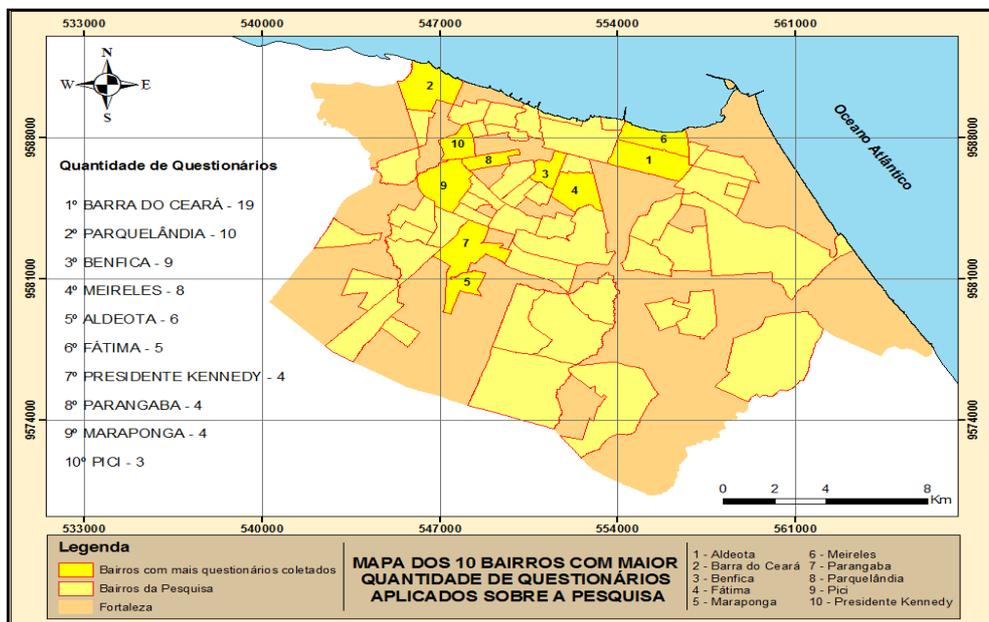


Figura 2 – Representação espacial dos 10 bairros mais pesquisados em Fortaleza/CE

Fonte: dados da pesquisa plotados no programa ArcGis 10.

A coleta de informações da pegada hídrica rápida foi realizada em três questões abordando: sexo, renda bruta anual e hábito alimentar da população, este último classificado em vegetariano, consumo médio de carne e consumo alto de carne. Já em relação à pegada hídrica estendida foram abordadas 29 questões sobre consumo de alimentos (11 questões), uso doméstico da água (17 questões) e consumo de bebidas industriais (uma questão). Os dados de renda bruta anual da pegada hídrica rápida foram obtidos em reais (R\$) e convertidos para dólar (US\$), a fim de evidenciá-lo de acordo com a moeda utilizada na metodologia Water Footprint Network. A cotação do dólar para uso da paridade cambial do dia 15/10/2011 foi de R\$1,7449997 para cada US\$1,00.

Após tabulação dos questionários, foi calculada a pegada hídrica de cada um, dos 140 indivíduos da comunidade de Fortaleza, no simulador divulgado no sítio da Water Footprint (<http://www.waterfootprint.org>), demonstrada em termos de volume de água por tempo (m^3/ano) – uma das formas de representação por unidades de medida da pegada hídrica (item 3, Tabela 2).

Os mapas foram distribuídos em cinco faixas de consumo hídrico, a cada $800 m^3$, variando de 0 a 4.000

m^3 , a fim de evidenciar a visualização das cores por região, agrupando os valores de pequena variância.

Tabela 2 – Unidades de medida para representação da pegada hídrica

Seq.	Tipo de Pegada Hídrica	Unid.de Medida
1	Pegada hídrica de um processo	m^3/t (tempo)
2	Pegada hídrica de um produto	m^3/ton ou kg/l
3	Pegada hídrica de um consumidor (ou grupo de consumidores)	m^3/t (tempo)
4	Pegada hídrica de um produtor (ou grupo de produtores)	m^3/t (tempo)
5	Pegada hídrica dentro de uma área (ou bacia ou nação)	m^3/t (tempo)

Fonte: Water Footprint Network (2011).

4 Análise de resultados

A análise dos resultados foi efetuada em quatro etapas, sendo estas: análise da pegada hídrica rápida; análise da pegada hídrica estendida; interação entre as pegadas hídricas rápida e estendida; e relação entre a pegada hídrica estendida e a demanda por água da CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará), em um grupo de 140 pessoas - 63% (88 pessoas) do sexo feminino e 37% (52 pessoas) do sexo masculino.

4.1 Pegada hídrica rápida (PH_R)

Com base no país de residência e no padrão de consumo próprio do indivíduo, tem-se uma pegada hídrica única no Brasil de $1.381 \text{ m}^3/\text{ano}$, segundo a metodologia empregada por Water Footprint Network (BORBA, 2009). Comparando os valores médios das PH_R (Tabela 3) com a média da pegada hídrica padrão do Brasil ($1.381 \text{ m}^3/\text{ano}$), apenas 25 bairros da amostra estão dentro do valor de referência, no intervalo de $606 \text{ m}^3/\text{ano}$ a $3.667 \text{ m}^3/\text{ano}$, sendo o mínimo no bairro Panamericano e o máximo no bairro Jacarecanga.

Sabe-se que a análise da PH_R não especifica a realidade individual de forma mais apropriada, uma vez que não considera o padrão de consumo do indivíduo com as diversas variáveis envolvidas, mas somente o sexo, da renda bruta e do hábito alimentar, dentro do país. Ela estima de forma genérica com base no padrão de consumo médio de uma pessoa em seu país de residência, sem base no padrão de consumo específico (caso da PH_E).

A representação espacial (Figura 3) demonstra a média da PH_R , de cada bairro, compreendendo de $1 \text{ m}^3/\text{ano}$ a $3.850 \text{ m}^3/\text{ano}$, sendo as faixas escalonadas a cada $800 \text{ m}^3/\text{ano}$. Percebe-se que os 25 primeiros bairros da Tabela 3 estão dentro do consumo de $1.381 \text{ m}^3/\text{ano}$ (valor médio de pegada hídrica do Brasil) ficando distribuídos nas cores rósea e amarela, sendo esta última representada por 20 bairros na região oeste - faixa de consumo entre $801 \text{ m}^3/\text{ano}$ a $1.600 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Tabela 3 – Média da pegada hídrica rápida, em ordem crescente, em Fortaleza/CE/Brasil

Seq.	Bairros de Fortaleza	PH_R (m^3/ano)	Seq.	Bairros de Fortaleza	PH_R (m^3/ano)
1	Panamericano	606,00	29	Barra do Ceará	1.573,32
2	Parque Iracema	618,00	30	Lagoa Redonda	1.592,00
3	Cidade 2000	629,00	31	Pici	1.599,00
4	Bom Sucesso	646,00	32	Passaré	1.664,00
5	Luciano Cavalcante	646,00	33	Benfica	1.688,44
6	Demócrito Rocha	664,00	34	Fátima	1.714,80
7	Jardim Iracema	680,00	35	Conj. Esperança	1.746,50
8	Jockey Clube	707,00	36	Montese	1.810,00
9	Prof. José Walter	707,00	37	Edson Queiroz	1.828,00
10	Praia de Iracema	776,00	38	Maraponga	1.880,25
11	José Bonifacio	791,00	39	Meireles	1.919,75
12	João XXIII	886,67	40	Cambeba	1.926,00
13	Bela Vista	923,00	41	Aldeota	2.107,50
14	Parque 2 Irmãos	926,00	42	Salinas	2.186,00
15	Varjota	932,00	43	Rodolfo Teófilo	2.237,00
16	Cocó	961,50	44	Papicu	2.304,75
17	Castelão	976,00	45	Parquelândia	2.309,70
18	Carlito Pamplona	1.080,00	46	Antônio Bezerra	2.446,33
19	Parangaba	1.167,00	47	Aeroporto	2.808,00
20	Damas	1.255,00	48	Ellery	2.926,50
21	Jardim das Oliveiras	1.255,00	49	Serrinha	3.028,00
22	Pres. Kennedy	1.309,50	50	Monte Castelo	3.036,00
23	Álvaro Weyne	1.347,50	51	Bom Jardim	3.075,00
24	Moura Brasil	1.348,00	52	Conj. Ceara	3.136,00
25	Jardim América	1.360,00	53	Jangurussu	3.262,00
26	Henrique Jorge	1.416,67	54	Centro	3.286,00
27	Canindezinho	1.425,00	55	Jacarecanga	3.667,00
28	Vila União	1.544,00			

Fonte: elaborada pelos autores (2012).

Segregando os valores obtidos na PH_R (m^3/ano) em três grupos de hábitos alimentares com alto consumo de carne (42 pessoas), médio consumo de carne (72 pessoas) e vegetariano (26 pessoas), através de testes paramétricos, observou-se resultados que não seguem a normalidade ($p=0,002$). Para tanto, utilizou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis o qual não apontou diferença significativa entre as médias dos grupos, ou seja, apresentou homogeneidade da variância nos grupos ($p=0,019$).

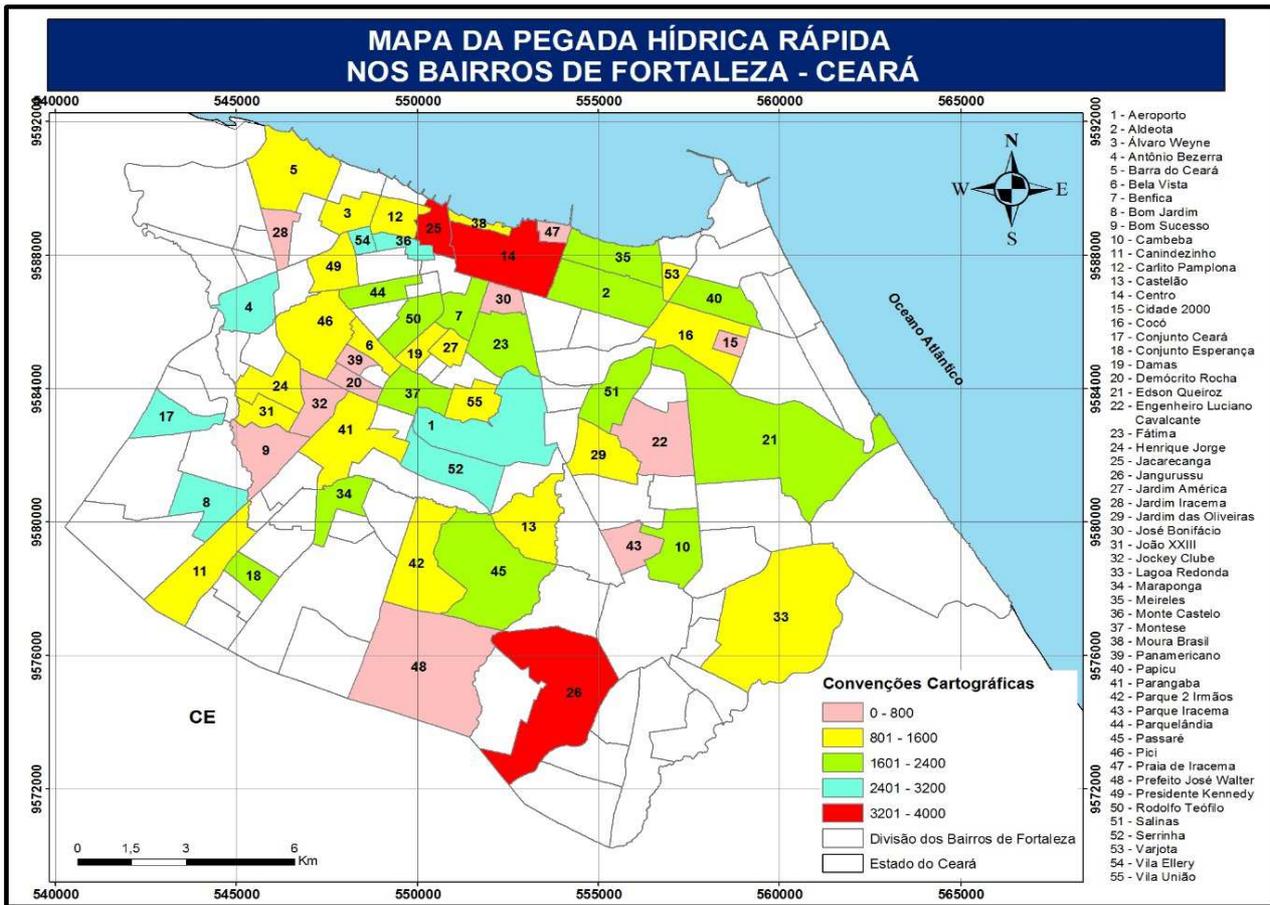


Figura 3 – Representação espacial da pegada hídrica rápida, em Fortaleza/CE/Brasil

Fonte: dados da pesquisa plotados no programa ArcGis 10.

Verificando no modelo a correlação das outras duas variáveis (renda e sexo) com o valor da PH_R , observou-se entre as variáveis renda e hábito alimentar relação positiva de 0,11, mas não significativa ($p=0,0907$), ou seja, à medida em que a renda aumenta, o consumo por carne não necessariamente aumenta (variável hábito alimentar). Avaliando as variáveis sexo (73,26% feminino e 26,74% masculino) e hábito alimentar, percebeu-se não haver relação de dependência entre elas ($X^2=2,375$), sendo tal análise não validada estatisticamente ($p=0,305$).

A evidência fundamentada na teoria de Hoekstra et al. (2011) demonstra uma relação direta entre o consumo de carne e o aumento da pegada hídrica. Neste alicerce teórico, a amostra da pesquisa confirmou que o grupo de alto consumo de carne tem maior PH_R média (1.985,14 m^3/ano), o de médio consumo de carne tem PH_R média de 1.761,68 m^3/ano e o dos vegetarianos tem PH_R média de 1.137,08 m^3/ano , definido pela significância no teste não paramétrico Kruskal-Wallis ($p=0,019$).

4.2 Pegada hídrica estendida (PH_E)

Embasado no conceito de pegada hídrica individual como a quantidade de água necessária para a produção de bens e serviços consumidos, direta e indiretamente, o cálculo da PH_E busca quantificar a água necessária para produzir uma unidade de produto, considerando o país de residência, para fins de utilização da metodologia no que tange ao *stress* hídrico.

A Figura 4 demonstra que a maior parte da PH_E está na faixa de 1.601 m^3/ano a 2.400 m^3/ano , em consumo de recursos hídricos (cor verde), e que 15 bairros têm consumo dentro da média nacional (1.381 m^3/ano). A região leste-centro evidencia predominância em 26 dos 55 bairros da amostra, ressaltando o bairro Ellery que foi incorporado ao bairro Álvaro Weyne, no programa ArcGis 10.

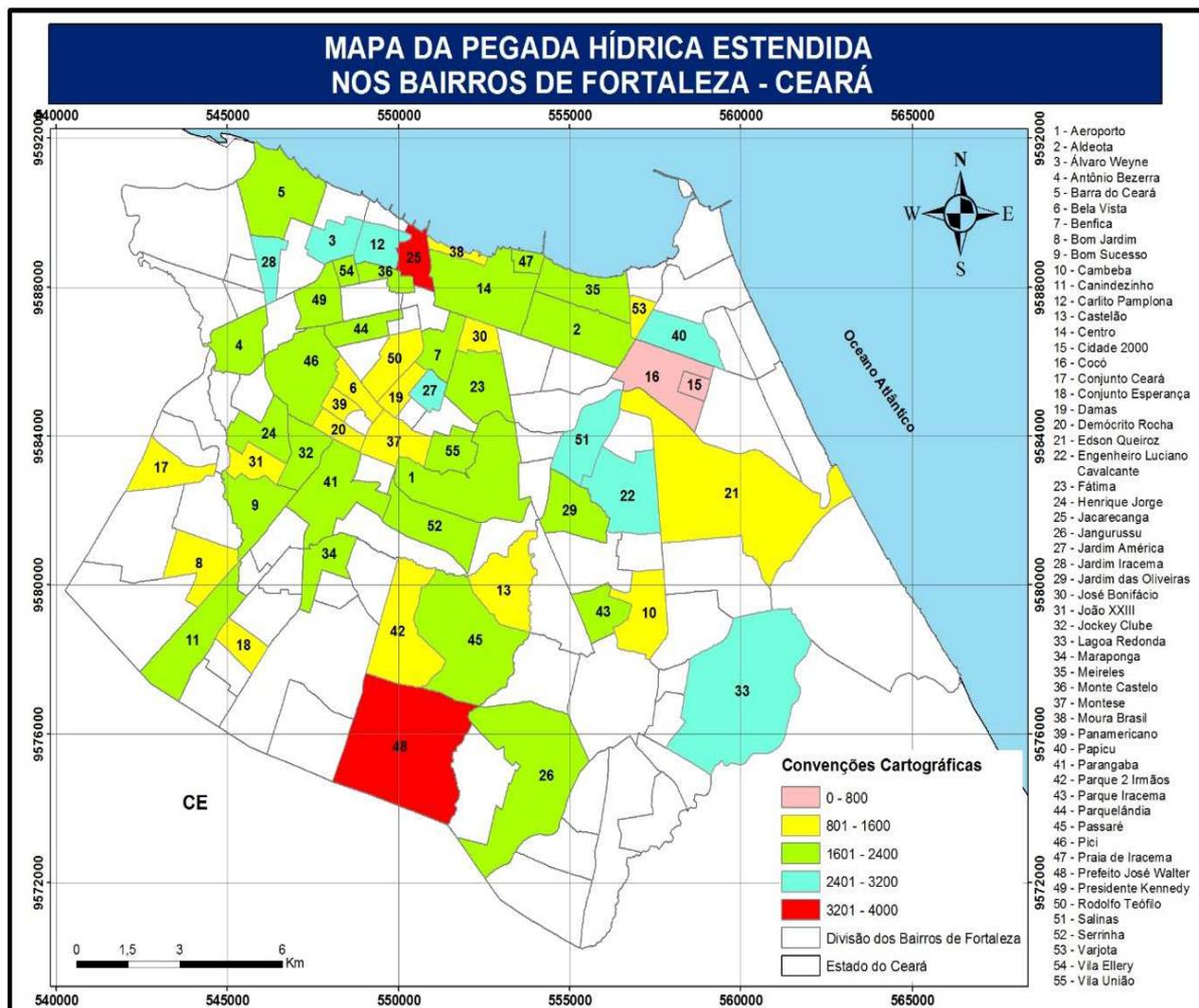


Figura 4 – Representação espacial da pegada hídrica estendida, em Fortaleza/CE/Brasil

Fonte: dados da pesquisa plotados no programa ArcGis 10.

Os dados visualmente identificados na Figura 4 mostram a existência de, somente, dois bairros (25-Jacarecanga e 48-Prefeito José Walter) enquadrados na última faixa de consumo hídrico – de 3.201 m³/ano a 4.000 m³/ano. Os valores médios das PHE (Tabela 4), nos 55 bairros da amostra, variaram entre 699 m³/ano e 3.407 m³/ano.

Um estudo realizado por Maracajá et al. (2013), segregando uma amostra de 90 pessoas em dois grupos (vegetarianos e não vegetarianos) em função da variável renda familiar, precisou inserir dados da pegada hídrica direta (quantitativo de consumo e poluição de água nas atividades internas e externas das casas) e da pegada hídrica indireta (quantitativo de consumo e poluição de água utilizada na produção de bens e serviços pelo consumidor – Equação 6) para complementar a análise da PH. Tal evidência aponta que as três perguntas utilizadas no cálculo da PH_R,

contra as 29 perguntas utilizadas no cálculo da PHE, são insuficientes para avaliação completa da PH. Enfatizando esta observação, Hoekstra et al. (2011) afirmaram que quando é feito o rastreamento da origem dos produtos consumidos há maior precisão da PH por seu nível de detalhamento, porém quando isto não é possível, deve-se confiar nas estimativas médias globais ou nacionais das pegadas hídricas dos produtos consumidos.

4.3 Interação entre as pegadas hídricas rápida e estendida: correlação

A relação ou dependência entre as duas variáveis (PH_R e PHE) evidenciou relacionamento linear de baixo coeficiente de determinação (Gráfico 1).

Tabela 4 - Média da pegada hídrica estendida, em ordem crescente, em Fortaleza, Ceará, Brasil

Seq.	Bairros de Fortaleza	PH _E (m ³ /ano)	Seq.	Bairros de Fortaleza	PH _E (m ³ /ano)
1	Cocó	699,00	29	Henrique Jorge	1.758,67
2	Cidade 2000	712,00	30	Vila União	1.878,00
3	Varjota	802,00	31	Jangurussu	1.883,00
4	Damas	836,00	32	Meireles	1.908,13
5	Cambeba	865,00	33	Maraponga	1.920,25
6	Parque 2 Irmãos	959,00	34	Jockey Clube	1.958,00
7	Castelão	967,00	35	Monte Castelo	1.979,00
8	Demócrito Rocha	1.014,00	36	Bom Sucesso	2.049,00
9	Edson Queiroz	1.086,00	37	Ellery	2.085,50
10	Panamericano	1.108,00	38	Canindezinho	2.105,00
11	Bela Vista	1.270,00	39	Parque Iracema	2.131,00
12	Rodolfo Teófilo	1.271,67	40	Pici	2.133,00
13	Moura Brasil	1.330,00	41	Serrinha	2.139,00
14	João XXIII	1.362,33	42	Barra do Ceará	2.162,37
15	José Bonifácio	1.362,50	43	Praia de Iracema	2.211,00
16	Bom Jardim	1.444,00	44	Parquelândia	2.236,40
17	Conj.Ceará	1.462,00	45	Centro	2.313,00
18	Montese	1.533,50	46	Luciano Cavalcante	2.408,00
19	Conj.Esperança	1.539,00	47	Papicu	2.415,50
20	Aldeota	1.608,33	48	Carlito Pampolina	2.453,67
21	Pres.Kenedy	1.634,75	49	Jardim América	2.769,50
22	Benfica	1.663,00	50	Salinas	2.772,00
23	Jardim das Oliveiras	1.665,00	51	Álvaro Weyne	2.910,00
24	Aeroporto	1.671,00	52	Lagoa Redonda	3.139,00
25	Fátima	1.694,40	53	Jardim Iracema	3.192,00
26	Parangaba	1.717,50	54	Pref. José Walter	3.260,00
27	Ant. Bezerra	1.725,33	55	Jacarecanga	3.407,00
28	Passaré	1.749,50			

Fonte: elaborada pelos autores.

O Gráfico 1 demonstra que a PH_R (eixo x) não representa bem a PH_E (eixo y), com tendência à baixa linearidade, pelo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,046$), ou seja, aproximadamente 5% da variabilidade da pegada rápida influencia a pegada estendida. Diante disto, enfatizou-se a análise na PH_E pelo histograma (Gráfico 2), a fim de comparar as várias sequências que apresentaram maior custo de amostragem na classe de 2.252 m³/ano de pegada hídrica, com base nos dados da Tabela 5.

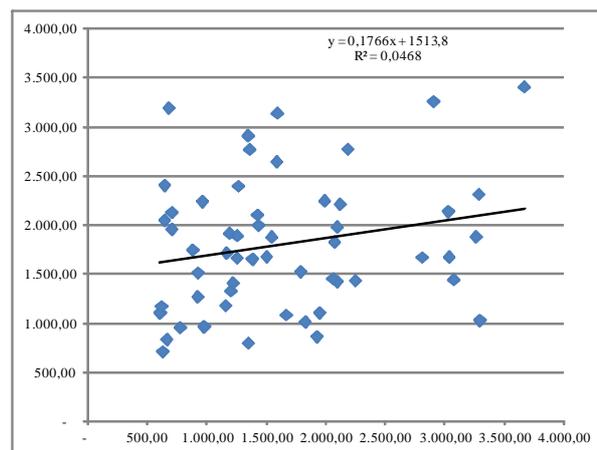


Gráfico 1 – Representação entre as PH_R (eixo x) e PH_E (eixo y) no diagrama de dispersão

Fonte: elaborado pelos autores (2012).

Tabela 5 – Dados do histograma da PH_E (ordem crescente de consumo e frequência)

Bloco	Frequência	Cumulativo (%)
712	1	1,82%
1097	8	16,36%
1482	11	36,36%
1867	10	54,55%
2252	14	80,00%
2637	3	85,45%
3022	4	92,73%
Mais	4	100,00%
Frequência acumulada	55	-
2252	14	25,45%
1482	11	45,45%
1867	10	63,64%
1097	8	78,18%
3022	4	85,45%
Mais	4	92,73%
2637	3	98,18%
712	1	100,00%
Frequência acumulada	55	-

Fonte: elaborada pelos autores (2012).

Gráfico 2 – Histograma da pegada hídrica estendida

Fonte: elaborado pelos autores (2012).

Dentro deste contexto, buscou-se analisar a relação metodológica entre a PH_R e a PH_E nos valores obtidos em ambas as pegadas. Sabendo que tais resultados de pegadas foram distribuídos na PH_R em oito componentes (cereais, carnes, vegetais, frutas, lácteos, industrializados, doméstico e outros) e na PH_E em 12 componentes (cereais, carnes, vegetais, frutas, lácteos, estimulantes, gorduras, açúcares, ovos, industrializados, doméstico e outros), a análise foi realizada, nos 140 entrevistados, em oito componentes que interseccionam as PH_R e PH_E , sendo seis componentes de alimentos, um industrial e um doméstico.

A Tabela 6 demonstra a correlação entre estes oito componentes de interseção, mediante teste não paramétrico Spearman's evidenciando correlação significativa ($p < 0,01$) positiva perfeita ($\rho_{\text{spearman}} = 1,0$) nos componentes industrializados, além de correlação significativa ($p < 0,05$) positiva ($\rho_{\text{spearman}} = 0,004$) nos componentes domésticos.

Os resultados apontados na Tabela 6 decorrem de 140 PH_E individuais dos questionários aplicados, enquanto que os dados apresentados na Tabela 4 decorrem das PH_E médias nos 55 bairros alcançados pelos 140 questionários.

A Figura 1 vislumbra os gráficos de dispersão dos oito componentes analisados nas PH_R e PH_E evidenciando a plotagem dos dados estatisticamente sumarizados na Tabela 6 e demonstrando que nas metodologias das pegadas hídricas da WFN não há interação de forma significativa na maioria dos oito componentes estudados, apesar da existência de correlação positiva em seis destes (carnes, frutas, industrializados, domésticos e outros).

Outro componente que resultou uma correlação significativa foi o 'consumo doméstico ou domésticos', apontando também relação direta com as variáveis país (neste estudo o Brasil) e renda anual.

Tabela 6 – Correlação entre oito componentes da PH_R e da PH_E

Componentes		Resultado
Cereais	Correlação	,065
	Significância	,451
	N	138
Carnes	Correlação	,049
	Significância	,603
	N	113
Vegetais	Correlação	-,035
	Significância	,702
	N	123
Frutas	Correlação	,035
	Significância	,692
	N	132
Lácteos	Correlação	-,030
	Significância	,732
	N	131
Industrializados	Correlação	1,000(1)
	Significância	.
	N	124
Domésticos	Correlação	,004
	Significância	,963
	N	140
Outros	Correlação	-,028
	Significância	,740
	N	140

Fonte: elaborada pelos autores (2012).

Nota: (1) - Correlação é significativa até o nível de 0,01.

Uma análise detalhada na PH_E demonstra que a metodologia utilizada por Hoekstra et al. (2011) considera os atributos do País, ou seja, a pegada hídrica do consumo nacional do Brasil, uma vez que a calculadora é genérica sem detalhes disponíveis de produtos. Desta forma, para Hoekstra et al. (2011, p. 53) “é possível adotar a pegada hídrica média global do produto apresentada em estudos anteriores”.

Apesar de tais esclarecimentos na literatura apontada, não há evidências no sítio da ONG (www.waterfootprint.or) e nem em estudos anteriores das fórmulas de cálculo realizadas nas pegadas. Na tentativa de verificar se estimativa da PH_E apontada no componente 'consumo doméstico' tem coerência com

a demanda média por recursos hídricos da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), nos 55 bairros da amostra, analisou-se essa relação a fim de saber se a

metodologia pode ser utilizada na gestão de recursos hídricos.

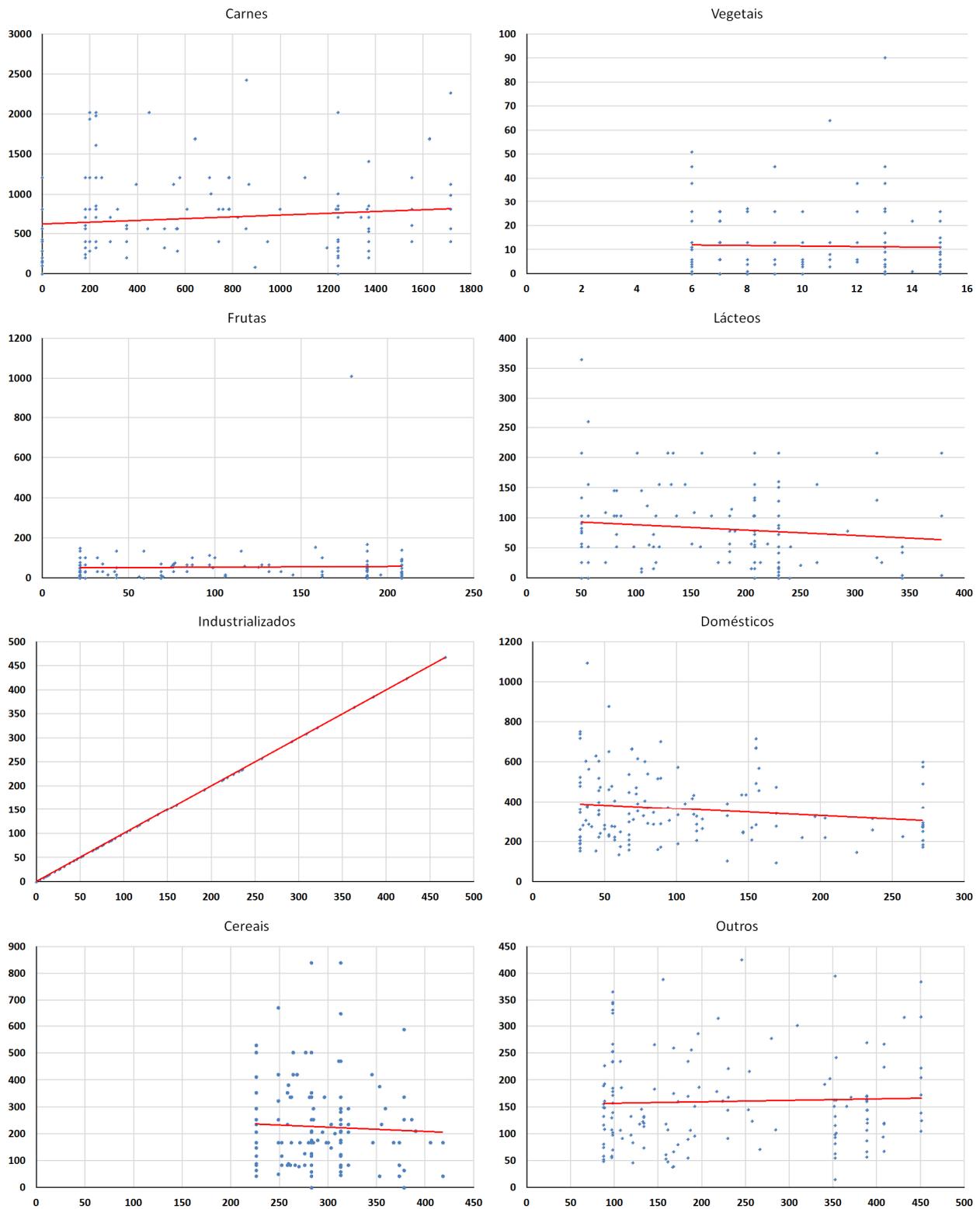


Figura 1 - Gráficos de dispersão de oito componentes das PH_R e PH_E.

Fonte: elaborada pelos autores.

4.4 Relação entre o componente 'consumo doméstico' da PH_E e a demanda por água da CAGECE

Os cálculos das PH_R e PH_E , criados por Hoekstra, têm o propósito de compreender como e em quais quantidades o ser humano utiliza os recursos hídricos. Desta forma, todos os produtos fabricados, inclusive as embalagens, entram nessa soma, já que a água é utilizada direta ou indiretamente em qualquer processo de fabricação.

Para análise da relação dos valores obtidos na PH_E com a demanda por água da CAGECE foi considerado, somente, o componente 'domésticos' da água utilizando as seguintes variáveis: quantidade de banhos por dia e duração média de cada banho, quantidade de vezes que se escova os dentes por dia, quantidade de quilos de roupas que se lava por semana,

tipo de descarga utilizadas no banheiro (dupla ou não), quantidade de vezes em que os pratos são lavados por dia e quantos minutos a torneira fica aberta durante a lavagem, se utiliza máquina de lavar louças e quantas vezes por semana, quantidade de vezes por semana que se lava o carro, quantos minutos gasta para regar o jardim e, por último, se existe piscina em casa e qual a capacidade de armazenamento de água da mesma (em m^3).

Após inserção das variáveis de uso doméstico da água, dentre outras variáveis, na ferramenta de cálculo da PH_E , os resultados do componente 'domésticos' foram comparados aos dados anuais médios obtidos na CAGECE (Tabela 7). A obtenção do consumo médio por família, resultante da divisão do volume anual faturado em m^3 pelo número de economias (estabelecimentos), demonstrou que somente 42,54% do valor da CAGECE estão contidos nos valores da PH_E .

Tabela 7 – Comparativo do uso doméstico da água (m^3 /ano): PH_E versus CAGECE

Bairro	Uso Doméstico dos Recursos Hídricos (m^3 /ano)		Diferença entre PH_E e CAGECE	Bairro	Uso Doméstico dos Recursos Hídricos (m^3 /ano)		Diferença entre PH_E e CAGECE		
	Pegada Hídrica Estendida (PH_E)	Consumo CAGECE			Pegada Hídrica Estendida (PH_E)	Consumo CAGECE			
1	Aeroporto	220,0	145,6	74,4	29	Jardim das Oliveiras	575,0	154,3	420,7
2	Aldeota	335,0	170,8	164,2	30	Jardim Iracema	307,0	130,2	176,8
3	Álvaro Weyne	381,0	134,9	246,1	31	João XXIII	336,7	157,1	179,6
4	Antônio Bezerra	239,3	141,0	98,4	32	Jockey Clube	337,0	151,1	185,9
5	Barra do Ceará	426,8	125,9	300,9	33	José Bonifácio	466,0	170,2	295,8
6	Bela Vista	449,0	153,3	295,7	34	Lagoa Redonda	603,0	216,3	386,7
7	Benfica	286,8	169,3	117,5	35	Luciano Cavalcante	521,0	152,2	368,8
8	Bom Jardim	342,0	153,1	188,9	36	Moura Brasil	310,0	174,8	135,2
9	Bonsucesso	356,0	150,9	205,1	37	Maraponga	546,5	197,5	349,0
10	Cambeba	290,0	205,3	84,7	38	Meireles	346,6	151,4	195,2
11	Canindezinho	441,0	147,8	293,2	39	Monte Castelo	715,0	152,0	563,0
12	Carlito Pamplona	277,3	136,2	141,1	40	Montese	257,0	139,4	117,6
13	Castelão	275,0	167,6	107,4	41	Panamericano	499,0	156,4	342,6
14	Centro	436,0	142,7	293,3	42	Papicu	404,3	171,9	232,3
15	Cidade 2000	276,0	150,7	125,3	43	Parangaba	277,3	157,4	119,9
16	Cocó	229,0	171,4	57,6	44	Parque Dois Irmãos	538,0	160,4	377,6
17	Conj. Esperança	336,0	150,9	185,1	45	Parque Iracema	606,0	171,0	435,0
18	Conjunto Ceara I	277,0	149,4	127,6	46	Parquelândia	274,4	169,9	104,5
19	Conjunto Ceara II	571,0	151,5	419,5	47	Passaré	313,0	152,3	160,7
20	Damas	335,0	171,0	164,0	48	Pici	531,0	140,9	390,1
21	Demócrito Rocha	168,0	161,1	6,9	49	Praia de Iracema	263,0	149,7	113,3
22	Edson Queiroz	275,0	186,5	88,5	50	Prefeito José Walter	458,0	155,2	302,8
23	Fátima	471,4	181,5	289,9	51	Pres. Kennedy	328,5	147,5	181,0
24	Henrique Jorge	357,0	158,0	199,0	52	Rodolfo Teófilo	251,3	151,1	100,3
25	Jacarecanga	173,0	131,4	41,6	53	Salinas	346,0	188,0	158,0
26	Jangurussu	492,0	142,8	349,2	54	Serrinha	325,0	158,7	166,3
27	Jardim América	476,5	163,3	313,2	55	Varjota	223,5	157,3	66,2
28	Jardim das Oliveiras	575,0	154,3	420,7	56	Vila União	300,0	151,8	148,2
					Total	11.259,0	4.486,2	60,15%	

Fonte: elaborada pelos autores (2012).

Diante deste fato, verificou-se com a Gerência de Perdas da CAGECE, o montante das perdas entre o volume fornecido pela ETA (Estação de Tratamento de Água) e o consumido (medido) pelos usuários domésticos (na categoria residencial), a fim de identificar se o volume perdido pela CAGECE e não consumido pelos usuários representa a diferença apontada (57,46%). Porém, tal informação não foi fornecida em virtude do controle de perdas da CAGECE ser um montante anual, sem segregação por categorias, não permitindo a obtenção das perdas exclusivamente de uso residencial.

Percebe-se que, no comparativo da Tabela 7, a média de PH_E na subclassificação de uso doméstico nos 55 bairros da amostra somam 20.451,2 m³/ano e que o volume consumido pela CAGECE, na categoria equivalente (uso residencial), montam 8.699,8 m³/ano, ou seja, gera uma diferença de 57,46% a qual poderia ser esclarecida, se a metodologia WFN demonstrasse como a calculadora estima tal resultado com base nas variáveis utilizadas. Apesar da ausência de disposição do código do programa que calcula as pegadas, existem Apêndices ao Relatório nº 50 da UNESCO (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2011) que dispõe sobre as contas nacionais de PH, distribuídas por país e por tipologia (verde, azul e cinza), as quais devem parametrizar parcialmente os cálculos.

5 Considerações finais

A disponibilidade de terras cultiváveis e de recursos hídricos, além dos custos relativamente baixos de produção, fazem com que o Brasil ocupe uma posição de destaque no cenário internacional na transferência dos recursos hídricos (exportador de água) por possuir grande disponibilidade deste recurso ambiental em algumas regiões do País. Esse processo de transferência gera implicações de risco no que diz respeito ao consumo de água e consequente necessidade de mensuração deste consumo por uma metodologia. Dentro deste contexto, a presente pesquisa buscou mensurar as pegadas hídricas (PH_R e PH_E) pela metodologia Water Footprint Network (WFN), dando maior destaque a esta última.

Os resultados obtidos em 140 questionários aplicados, utilizando a metodologia WFN, demonstram melhor aplicabilidade da técnica à PH_E , a qual evidencia o consumo direto e indireto da água em todas as fases do processo de produção. Na análise da PH_R menor e maior valores foram, respectivamente, para os bairros Panamericano (606 m³/ano) e Jacarecanga (3.667 m³/ano); já na PH_E menor e maior valores foram, respectivamente, para os bairros Cocó (699 m³/ano) e Jacarecanga (3.407 m³/ano).

A PH_R apontou homogeneidade na variável hábito alimentar nos três grupos (consumo alto de carne, consumo médio de carne e vegetariano), ou seja, sem diferença significativa entre eles ($p=0,019$). A correlação das outras duas variáveis (renda e sexo) com o valor da PH_R observou-se, primeiramente, entre as variáveis renda e hábito alimentar possuem relação positiva de 0,11, mas não significativa ($p=0,0907$); e que nas variáveis sexo (73,26% feminino e 26,74% masculino) e hábito alimentar não há relação de dependência entre elas ($X^2=2,375$), de acordo com a invalidação estatística ($p=0,305$).

Para Hoekstra et al. (2011), há uma relação positiva entre o consumo de carne e o aumento da pegada hídrica. Neste alicerce a pesquisa confirmou que o grupo de alto consumo de carne tem maior PH_R (alto consumo de carne em média 1.985,14 m³/ano, médio consumo de carne em média 1.761,68 m³/ano e o vegetariano em média 1.137,08m³/ano), definido pela significância no teste não paramétrico Kruskal-Wallis ($p=0,019$).

A PH_E evidencia, através de 29 perguntas, a precisão da PH através do nível de detalhamento, quando rastreada a origem dos produtos consumidos. Quando isto não é possível deve-se confiar nas estimativas médias globais ou nacionais das pegadas hídricas dos produtos consumidos. Neste contexto, evidenciou-se baixa linearidade, pelo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,046$), ou seja, aproximadamente 5% da variabilidade da pegada rápida influencia a pegada estendida.

Em outra análise realizada, buscou-se a correlação entre os componentes de ambas as pegadas hídricas, demonstrando que os componentes 'industrializados' e 'domésticos' possuem boa correlação, em virtude das variáveis país e renda. Além disto o componente 'domésticos' foi comparado com a média de volume consumido pela CAGECE (8.699,8 m³/ano) evidenciando somente 42,54% das pegadas, gerando uma diferença de 57,46% para ser analisada nos cálculos da metodologia WFN quando da disponibilidade dos cálculos, ainda, não são divulgados no código da ferramenta.

Desta observação foram desprezados, posteriormente, os dados da PH_R para outras análises, uma vez que a mesma não espelha o detalhamento da metodologia difundida pela WFN, consequentemente gera extração do valor completo da pegada hídrica. Para tanto, novas pesquisas devem ser realizadas a fim de entender, com maior amplitude, a metodologia aplicada neste estudo, bem como buscar evidências dos cálculos feitos com as variáveis utilizadas. Além disto, poder-se-ia aplicar questionários sobre todos os bairros de Fortaleza/CE e, ainda, analisar os componentes apresentados em suas respectivas pegadas hídricas.

Referências

- BORBA, P. Ameaças de escassez: pegadas. SABESP: **Revista DAE**, n. 180, p.44-49, mai. 2009.
- BULSINK, F.; HOEKSTRA, A. Y.; BOOIJ, M. J. The water footprint of Indonesian provinces related to the consumption of crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 14, n. 1, p.119–128, 2010.
- CARMO, R. L.; OJIMA, A. L. R. de O.; OJIMA, R.; NASCIMENTO, T. T. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande “exportador” de água. **Revista Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. X, n.1, p.83-96, jan-jun.2007.
- CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. **Water International**, v.33, n.1, p.19-32, mai. 2008.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **World agriculture: towards 2030/2050. Prospects for food, nutrition, agriculture and major commodity groups**. Interim Report, Roma, jun. 2006.
- GARRIDO, A.; LLAMAS, M. R.; VARELA-ORTEGA, C.; NOVO, P.; RODRÍGUEZ-CASADO, R.; ALDAYA, M.M. **Water Footprint and Virtual Water Trade in Spain**. 1st Edition, XII. New York: Springer, 2010. 153p.
- GLEICK, P. H.; COOLEY, H.; COHEN, M. J.; MORIKAWA, M.; MORRISON, J.; PALANIAPPAN, M. **The World's Water 2008-2009: the biennial report on freshwater resources**. Island press, Washington, D.C., USA, 2009. 18p.
- HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global**. Water Footprint Network, 2011. 191p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Metodologia das estimativas da população residente nos municípios brasileiros para 1º de julho de 2011**. 2ª Edição. Rio de Janeiro, 2011.
- MA, J.; HOEKSTRA, A. Y.; WANG, H.; CHAPAGAIN, A. K.; WANG, D. Virtual versus real water transfers within China, *Philosophical Transactions of the Royal Society*. **Biological Sciences**, v. 361, n. 1469, p.835–842, Published online 20 out.2005. Disponível em: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Ma_et_al_2006.pdf>. Acesso em: 20 dez.2012.
- MARACAJÁ, K. F. B.; SILVA, V. P. R. DA; DANTAS NETO, J. Pegada hídrica dos consumidores vegetarianos e não vegetarianos. **Qualit@s Revista Eletrônica**, Paraíba, v. 14, n. 1, p.1-18, 2013. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/1710/>>. Acesso em: 10 dez. 2013.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. **National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption**, Value of Water Reserch Report Series n. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. Disponível em: <<http://www.waterfootprint.org/Reports/Report50-NationalWaterFootprints-Vol1.pdf>>. Acesso em 02 fev. 2014.
- HASSAN, R. M.; SCHOLLES, R.; ASH, N. (Ed.). **Eco-systems and human well-being: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group**. Island Press, 2005.
- RESENDE NETO, A. **Sustentabilidade, água virtual e pegada hídrica: um estudo exploratório no setor bionergético**. 2011. 81f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/3200>>. Acesso em: 02 jan.2013.
- SOMLYÓDY, L.; VARIS, O. Freshwater under pressure. **International Review for Environmental Strategies**, v.6, n.2, p.181-204, 2006.
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **Water a shared responsibility: The United Nations World Water Development**. Report 2. Paris, France, 2006, 52p.
- VERMA, S.; KAMPMAN, D. A.; VAN DER ZAAG, P.; 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.
- WATER FOOTPRINT NETWORK (WFN). **The water footprint calculators**. Disponível em: <<http://www.waterfootprint.org/?page=files/YourWaterFootprin>>. Acesso em: 15 mar. 2011.
- WWF-BRASIL. **Relatório Planeta Vivo 2012**. Disponível em: http://d3nehc6y19qzo4.cloudfront.net/downloads/relatorio_planeta_vivo_sumario_rio20_final.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2013.