



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS



CALCULADORA DA PEGADA HÍDRICA RESIDENCIAL

CLARISSA MARIA RAMALHO DE SÁ ROCHA

CAMPINA GRANDE – PB
Setembro de 2014

CLARISSA MARIA RAMALHO DE SÁ ROCHA

CALCULADORA DA PEGADA HÍDRICA RESIDENCIAL

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Sociedade e Recursos Naturais

LINHA DE PESQUISA: Gestão de Recursos Naturais

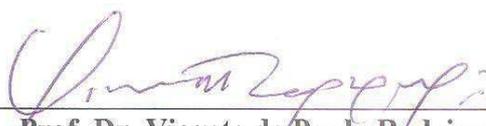
Orientador: Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva

CAMPINA GRANDE – PB
Setembro de 2014

CLARISSA MARIA RAMALHO DE SÁ ROCHA

CALCULADORA DA PEGADA HÍDRICA RESIDENCIAL

Banca Examinadora



Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. José Dantas Neto
Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. Lincoln Eloi de Araújo
Centro de Ciências Aplicadas e Educação
Universidade Federal da Paraíba

Ao meu amado esposo João
Hugo Baracuy da Cunha
Campos e minha filha Ana
Cecília de Sá Rocha Campos,
OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus nosso criador, por todas as graças alcançadas em minha vida.

Ao professor Vicente de Paulo Rodrigues da Silva, pela orientação e ensinamentos transmitidos, pelo exemplo de conduta profissional e, principalmente, por sua confiança e incentivo.

Ao professor Manoel Francisco Gomes por todo o apoio e consideração no início da minha caminhada no mestrado.

Ao coordenador do Programa de Pós Graduação em Recurso Naturais, professor Gesinaldo Ataíde Cândido, pela ajuda durante o curso de mestrado.

A secretária do Programa de Pós Graduação em Recurso Naturais, Cleide dos Santos, pela atenção e carinho durante o todo o curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

CALCULADORA DA PEGADA HÍDRICA RESIDENCIAL

Resumo: A pegada hídrica é definida como o volume de água total usada durante a produção e consumo de bens e serviços, bem como o consumo direto e indireto no processo de produção. O uso de água ocorre, em sua maioria, na produção agrícola, destacando também um número significativo de volume de água consumida e poluída, derivada dos setores industriais e domésticos. Portanto, determinar a Pegada Hídrica é tornar possível a quantificação do consumo de água total ao longo de sua cadeia produtiva. O objetivo deste trabalho é apresentar uma ferramenta para a estimativa da pegada hídrica de famílias brasileiras, levando-se em consideração os hábitos de consumo no Brasil. Foi desenvolvido um software, a Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC) onde são disponibilizadas diversas categorias de consumo para a estimativa do cálculo. A eficiência do programa foi avaliada comparando-o a calculadoras desenvolvidas mundialmente, bem como a calculadora mundial da Water Footprint Network (WFN). Os resultados indicam que o HIDROCALC possibilita estimativas confiáveis e contínuas da pegada hídrica residencial em escalas diária, mensal e anual.

Palavras-Chave: Recursos hídricos, consumo de água, programa computacional

CALCULATOR OF WATER FOOTPRINT RESIDENTIAL

Abstract: The water footprint is defined as the total volume of water used during production and consumption of goods and services, as well as direct and indirect consumption in the production. The use of water occurs mostly in agricultural production, highlighting a significant quantity of water consumed and polluted, derived from industrial and domestic sectors. Therefore, achieve the water footprint is to make possible the quantification of the total water consumption throughout its supply chain. Thus, the main goal of this work is to present a tool for estimating the water footprint to the Brazilians families taking into consideration Brazil's consumption habits. It was developed a software, Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC) wich are available several categories of consumption calculation. The efficiency of the program was evaluated comparing it to calculators developed worldwide, as well as the world calculator of the Water Footprint Network (WFN). The results indicate that the HIDROCALC provides reliable and continuous results to estimates residential water footprint scale on daily, monthly or yearly consumption.

Keywords: Water resources, water consumption, computer program

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS	XI
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Objetivo geral	13
1.2. Objetivo específico	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Pegada Hídrica: Bases Conceituais	14
2.2. Determinação da Pegada Hídrica	21
2.3. Contexto Mundial e Nacional da Pegada Hídrica	23
2.3.1. Contexto Mundial da Pegada Hídrica	23
2.3.2. Contexto Nacional da Pegada Hídrica	25
2.4. Calculadoras da Pegada Hídrica	26
2.5. Limitações da Pegada Hídrica	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Cálculo da Pegada hídrica	31
3.2. Coleta de dados da pesquisa e análise dos resultados	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. A Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC)	36
4.2. Aplicações da HIDROCALC	48
5. CONCLUSÕES	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Valores de Pegada Ecológica <i>per capita</i> em diversas regiões do mundo. Fonte: (WWF – BRASIL, 2012)	16
Figura 2	Calculadora online disponível em waterfootprint.org	27
Figura 3	Calculadora online disponível em GRACE's Water Footprint (WFC)	27
Figura 4	Calculadora online disponível em BBC News	28
Figura 5	Tela principal do programa HIDROCALC	37
Figura 6	Algumas funções do Menu <i>Arquivo</i> do programa HIDROCALC	37
Figura 7	Menu de seleção para o cálculo da PH por categoria	38
Figura 8	Algumas definições no Menu <i>Conceitos</i> do programa HIDROCALC	38
Figura 9	Caixa de diálogo para inserção do número de indivíduos	39
Figura 10	Caixa de diálogo para inserção do consumo de água mensal da residência	39
Figura 11	Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Cereais	40
Figura 12	Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Frutas	40
Figura 13	Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Tubérculos	41
Figura 14	Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Hortaliças	41
Figura 15	Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Carnes e Ovos	42
Figura 16	Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Produtos Industrializados	42
Figura 17	Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Vestimentas	43
Figura 18	Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Combustível	43

Figura 19	Resultado da estimativa da PH residencial	44
Figura 20	Resultado detalhado da estimativa da PH residencial	44
Figura 21	Caixa de diálogo para salvar o relatório em PDF	45
Figura 22	Relatório da estimativa da pegada hídrica residencial	45
Figura 23	Informações sobre o HIDROCALC	46
Figura 24	Detalhes sobre a calculadora da pegada hídrica residencial	46
Figura 25	Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E Water Footprint Network (WFN), com base na variável dieta alimentar	50
Figura 26	Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E GRACE's Water Footprint (WFC) com base na variável dieta alimentar	50
Figura 27	Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E BBC News com base na variável dieta alimentar	51
Figura 28	Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E Water Footprint Network (WFN), baseado na variável classe social	53
Figura 29	Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E GRACE's Water Footprint (WFC) baseado na variável classe social	53
Figura 30	Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E BBC News baseado na variável classe social	54

LISTA DE TABELAS

		Pág.
Tabela 1	Top 10 de países importadores e exportadores de água virtual.	17
Tabela 2	Estimativa da pegada hídrica utilizando a Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC), a Calculadora da Water Footprint Network (WFN), a Calculadora da GRACE's Water Footprint (WFC) e a Calculadora de Água da BBC NEWS (BBC) para as diferentes dietas alimentares	48
Tabela 3	Estimativa da pegada hídrica utilizando a Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC), a Calculadora da Water Footprint Network (WFN), a Calculadora da GRACE's Water Footprint (WFC) e a Calculadora de Água da BBC NEWS (BBC) para as diferentes classes sociais	51

1. INTRODUÇÃO

O volume total de água doce que é utilizada para produzir os bens e serviços consumidos pelo indivíduo ou pela comunidade é definido como pegada hídrica (Hoekstra et al., 2011). Entretanto, nem todos os bens consumidos em um determinado país são produzidos no próprio país, logo, a pegada hídrica (PH) consiste de duas partes: o uso dos recursos hídricos nacionais e o uso de água fora das fronteiras do país. A pegada hídrica de um país pode ser determinada diretamente por outros fatores, tais como: o volume de consumo (relacionado com o rendimento nacional bruto), o padrão de consumo (por exemplo, alto versus o baixo consumo de carne), o clima (condições de crescimento das culturas) e a agricultura prática (uso eficiente da água) (Hoekstra & Chapagain, 2007).

A base do conceito da PH foi introduzida por Hoekstra e Hung (2002), em analogia aos conceitos de Pegada Ecológica, da década de 90 (Wackernagel & Rees, 1996) e de Água Virtual, introduzido por (Allan, 1993). O conceito e método do cálculo da PH definidos pela Water Footprint Network (WFN) têm sido constantemente discutidos na literatura científica. A PH como indicador possibilita o cálculo do consumo da água, tanto de forma direta como de forma indireta e, serve também, serve como uma importante ferramenta de conscientização e incentivo à racionalização no uso da água. Portanto, esse conceito pode ser utilizado como estratégia de indução do uso da água, de forma racional, através da redução do consumo direto de água e/ou a busca de produtos e meios de produção mais sustentáveis.

No contexto de economia de água, a presente pesquisa contribuiu para a fundamentação teórica e análise crítica da PH como ferramenta do uso racional da água e, dessa forma, incentivar a adoção de algumas medidas de redução do consumo, tais como a seleção de alimentos que possuam uma menor quantidade de água utilizada no processo produtivo, bem como o incentivo à redução do uso de água nas atividades doméstica. Desta forma, a determinação da PH da população de uma nação, comunidade, residência e até mesmo de um indivíduo, desde que seja considerada como um valor estimado e “não real” é de significativa relevância, pois pode ser utilizada como uma ferramenta de educação ambiental voltada para o bom gerenciamento dos recursos hídricos utilizados para a produção de bens e serviços (Silva et al., 2013). Nesse sentido, o presente trabalho teve os seguintes objetivos:

1.1. Geral: Desenvolver uma ferramenta de cálculo de estimativa da pegada hídrica residencial, levando-se em consideração os hábitos de consumo do Brasil.

1.2. Específicos:

(i) Realizar uma análise crítica da metodologia de determinação da PH desenvolvida pelas principais calculadoras de pegada hídricas utilizadas no mundo, destacando as possibilidades e limitações da utilização desse instrumento como indicador ambiental;

(ii) Comparar os resultados da calculadora proposta no estudo com aqueles obtidos em calculadoras desenvolvidas em várias partes do mundo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PEGADA HÍDRICA: BASES CONCEITUAIS

Desde os primórdios da vida deste planeta, a água doce sempre exerceu papel essencial às atividades humanas. Os usos indiscriminados da água para finalidades diversas passaram a gerar conflitos em razão de sua falsa abundância. Nos dias atuais a abordagem da limitação dos recursos hídricos tem sido bastante destacada (Hoekstra & Chapagain, 2007). Os consumidores finais, revendedores, comerciantes e todos os tipos de empresas que operam ao longo da cadeia produtiva de bens de consumo, continuam fora do alcance das políticas governamentais destinadas a atenuar a escassez de água e a poluição, pelo fato do uso da água no mundo estar ligado, sobretudo ao consumo final, pelos consumidores; portanto, é essencial o conhecimento das reais necessidades dos bens de consumo, como alimentos, bebidas, energia e de fibras naturais. Essa é uma informação relevante não apenas para os consumidores, mas também para os varejistas, comerciantes e outras empresas que desempenham papel central no fornecimento desses bens aos consumidores (Aldaya et al., 2010). Desta forma, surge a necessidade de um instrumento de medida dos fluxos de entrada e saída de recursos hídricos de determinado local.

Provavelmente, por ocupar dois terços da superfície da Terra, a água foi considerada ao longo dos séculos um recurso infinito. Mas a cada dia se percebe que a quantidade de água existente não significa que ela seja própria para o consumo humano. O aumento do consumo, o extenso grau de urbanização e o aumento populacional resultam em uma diversidade de impactos que exigem diferentes tipos de avaliação,

novas tecnologias de monitoramento, avanços tecnológicos no tratamento e gestão das águas, além de uma maior conscientização ambiental. Os resultados de todos estes impactos são muito severos para a população humana, afetando todos os aspectos da vida diária das pessoas, a economia regional e nacional e a saúde humana. Estas conseqüências podem ser resumidas em: i) Degradação da qualidade da água superficial e subterrânea; ii) Aumento das doenças de veiculação hídrica e impactos na saúde humana; iii) Diminuição da água disponível per capita; iv) Aumento no custo da produção de alimentos; v) Impedimento ao desenvolvimento industrial e agrícola e comprometimento dos usos múltiplos; vi) Aumento dos custos de tratamento de água. (Tundisi, 2003)

A WFN define a pegada hídrica de um indivíduo ou de uma comunidade como o volume total de água doce que é utilizada para produzir os bens e serviços consumidos pelo indivíduo ou pela comunidade. A fundamentação teórica utilizada para a formulação do conceito de pegada hídrica baseou-se nas definições de “água virtual”, de “pegada ecológica”. A pegada hídrica associa-se também à pegada de carbono, como será visto mais adiante. Segundo o *World Wildlife Fund* (WWF) no início da década de 90, os especialistas William Rees e Mathis Wackernagel tinham o interesse de conhecer as “marcas” que deixamos no planeta Terra, então eles procuraram formas de medir a dimensão crescente de tais marcas. Foi, então em 1996, que os referidos cientistas publicaram o livro *“Pegada Ecológica – reduzindo o impacto do ser humano na Terra”*, apresentando ao mundo um novo conceito no universo da sustentabilidade.

O cálculo da pegada ecológica pode ser realizado com o auxílio da “Calculadora da Pegada Ecológica” disponibilizada pela *Global Footprint Network* (GFN) no site www.footprintnetwork.org. Por outro lado, a WWF Brasil define pegada ecológica como “uma metodologia de contabilidade ambiental que avalia a pressão do consumo das populações humanas sobre os recursos naturais”. A unidade de medida da pegada ecológica é o hectare global (gha), dentre as vantagens da pegada ecológica, cita-se: a) a permissão de comparar diferentes padrões de consumo; e, b) verificar se estão dentro da capacidade ecológica do planeta. Um hectare global significa um hectare de produtividade média mundial para terras e águas produtivas em um ano, ou seja, a “Pegada Ecológica é uma forma de traduzir, em hectares (ha), a extensão de território que uma pessoa ou toda uma sociedade “utiliza”, em média, para se sustentar” (WWF

BRASIL, 2013).

De acordo com a WWF Brasil, “a média mundial atual da Pegada Ecológica é de 2,7 hectares globais por pessoa, enquanto a biocapacidade disponível para cada ser humano é de apenas 1,8 hectares global”. Sendo assim, o déficit ecológico da população do planeta corresponde a 0,9 gha/cap. A humanidade necessita hoje de 1,5 planeta para manter seu padrão de consumo, colocando, com isso, a biocapacidade planetária em grande risco (WWF BRASIL, 2013).

A Figura 1 exibe os valores de Pegada Ecológica *per capita* em diversas regiões do mundo, bem como a quantidade de planetas necessários para suportar tais consumos. Destaca-se a pegada ecológica do Brasil (2,1 ha/hab), que está acima do valor médio da América Latina (2,0 ha/hab) e acima do valor ideal, que é de 1,8 ha/hab, referente à biocapacidade de regeneração de um planeta por ano. (WWF – BRASIL, 2012).

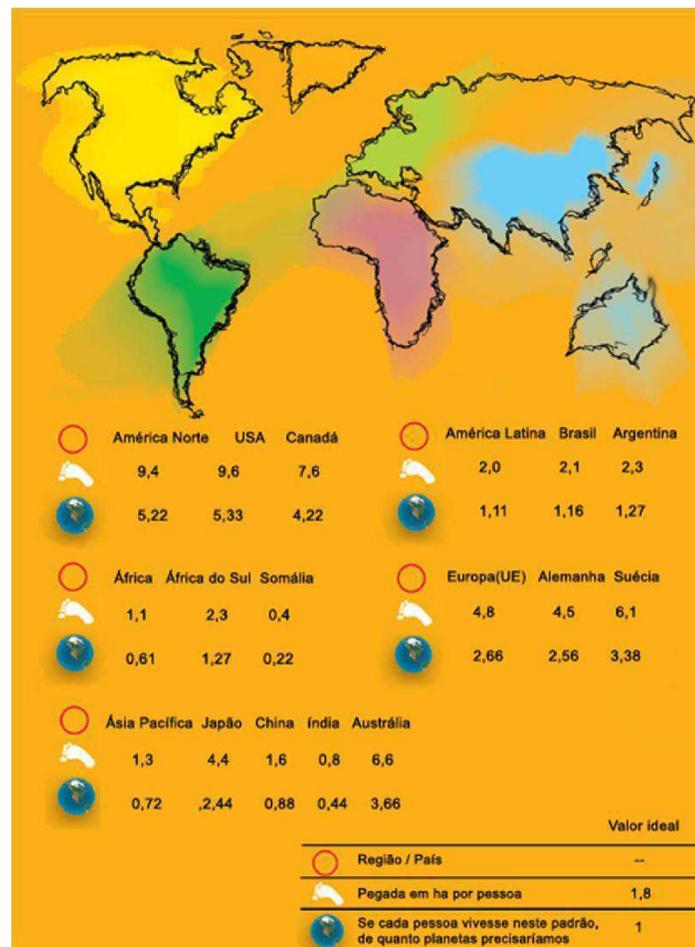


Figura 1. Valores de Pegada Ecológica *per capita* em diversas regiões do mundo. Fonte: (WWF – BRASIL, 2012)

Além da pegada ecológica, existe também outro tipo de “pegada” que merece ser mencionada: a de “pegada de carbono”; ela mede a quantidade totais das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) e os impactos da humanidade sobre a biosfera, quantificando os efeitos da utilização de recursos sobre o clima (WWF – BRASIL, 2013). A pegada de carbono é calculada a partir da soma das emissões diretas de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis, incluindo o consumo de energia doméstica e transportes (pegada primária) e das emissões indiretas de CO₂ associadas à produção e eventual eliminação dos produtos em todo o ciclo de vida (secundária) (Seixas, 2011).

Os termos “pegada ecológica e de carbono” se relacionam com a pegada hídrica, no entanto, antes de apresentar o conceito de pegada hídrica e suas relações com os referidos termos é importante e indispensável apresentar a abordagem conceitual de outro termo, a “água virtual”, que visa expressar a relação de dependência de deficiência hídrica entre duas ou mais nações. Desta forma, a água virtual foi definida como a quantidade de água necessária para a produção de um determinado produto, de forma direta ou indireta (Hoekstra, 2003). É um novo e importante conceito de autoria do professor britânico John Anthony Allan, que em 1993, apresentou ao mundo um modo de calcular a água efetivamente envolvida nos processos produtivos, que antes não era contabilizada.

A definição de água virtual, em sua essência, diz respeito à exploração da água, através do comércio “virtual” da mesma, que encontra-se embutida na produção de *commoditie* (mercadoria). A água, como parte integrante e indissociável da produção de *commodities*, passa a figurar em um comércio internacional que explora a abundância ou a escassez de recursos hídricos como um dos pontos chaves para decisão sobre “o que” produzir e sobre “onde” produzir (Carmo *et al*, 2005). O conceito de água virtual refere-se a um instrumento de gestão dos recursos hídricos, servindo como medida indireta da água consumida por um bem, produto ou serviço (Guimarães & Xavier, 2008). Segundo Hoekstra & Hung (2005), considerando o período de 1995 a 1999, os valores de água virtual exportada e importada, estão organizados, obedecendo a um *ranking* de 10 países, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Top 10 de países importadores e exportadores de água virtual.

Pais	Água Exportada (10⁹ m³/ano)	Ranking	Pais	Água Importada (10⁹ m³/ano)
Estados Unidos	152	1	Japão	59
Canadá	55	2	Holanda	30
Tailândia	47	3	Republica da Coreia	23
Argentina	45	4	China	20
Índia	32	5	Indonésia	20
Austrália	29	6	Espanha	17
Vietnã	18	7	Egito	16
França	18	8	Alemanha	14
Guatemala	14	9	Itália	13
Brasil	9	10	Bélgica	12

Fonte: Hoekstra & Hung (2005)

A partir dos dados contidos na Tabela 1, percebe-se que o maior exportador de água são os Estados Unidos, e, o décimo lugar foi ocupado pelo Brasil. Em relação à importação de água, observou-se que os países com maior e menor volume de água importada correspondem ao Japão e a Bélgica, respectivamente.

Finalmente, após a abordagem conceitual dos termos que se relacionam à pegada hídrica, se torna mais fácil o entendimento sobre o conceito do referido termo, pois ele é relativamente novo, uma vez que surgiu no início do século XXI, elaborado por Hoekstra e Hung (2002). Por este motivo a literatura ainda é, em parte, escassa. Apesar dessa carência, os autores originais disponibilizaram uma extensa publicação que contempla todas as informações sobre a Pegada Hídrica, que é o Manual de Avaliação da Pegada Hídrica, elaborado por Arjen Y. Hoekstra, Ashok K. Chapagain, Maite M. Aldaya and Mesfin M. Mekonnen, em 2011.

A pegada hídrica considera o uso direto e o uso indireto da água envolvida em processos, na produção de produtos ou mesmo em uma área geográfica. O consumo direto e indireto diz respeito ao consumo de água e poluição, sendo que o consumo direto relaciona-se com o uso de água em casa ou no jardim e, o consumo indireto associa-se à produção de bens e serviços utilizados pelo consumidor (Hoekstra et al,

2011). Geralmente o consumo indireto é superior ao consumo direto; em consumidores, por exemplo, a maior parte da pegada hídrica está associada à água utilizada no processo de fabricação dos produtos consumidos e não à água diretamente consumida.

A pegada hídrica, além de considerar o uso direto e indireto considera também o consumo interno e externo, sendo que o primeiro refere-se à utilização dos recursos hídricos do país para produzir os bens e serviços consumidos pelos seus habitantes, enquanto que a o segundo diz respeito à quantidade de recursos hídricos utilizados fora da nação necessários para a produção de bens e serviços consumidos por estes habitantes, através da importação (Hoekstra et al, 2011).

A pegada hídrica tem como objetivo criar um indicador de consumo de água que contabilizasse a quantidade de água utilizada na produção de bens e serviços consumidos pelos habitantes de um país ou região, levando em consideração os fluxos com outros países, relacionando água ao consumo. A pegada hídrica de um indivíduo, empresa ou nação é definida como a quantidade total de água potável que é utilizada para produzir os bens e serviços consumidos pelo indivíduo, empresa ou nação.

Para Seixas (2011), ao ser realizada uma análise do consumo externo, é possível compreender as características do consumo nacional, analisando assim a dependência do país face aos recursos hídricos externos. Considerando a análise dos consumos interno e externo dos países, bem como suas “dependências hídricas”, revela-se a base do conceito do termo “água virtual”. Após a abordagem das bases conceituais das “pegadas ecológica e de carbono”, “água virtual” e “pegada hídrica” é interessante se conhecer as relações existentes entre os referidos termos. Inicialmente, se percebe que a relação entre os termos “pegada hídrica” e “pegada ecológica” se estabelece no sentido de quantificar a extensão e quantidade de recursos necessários para sustentar o estilo de vida de um indivíduo, comunidade ou população, sendo que a pegada ecológica expressa a extensão territorial (em ha) e a pegada hídrica quantifica o volume de recursos hídricos necessários para o sustento do estilo de vida de um indivíduo, de uma comunidade ou de uma população. Analisando a relação entre “pegada hídrica” e “pegada de carbono”, se percebe que a pegada hídrica refere-se ao volume de água doce necessária para o consumo humano, enquanto, a pegada de carbono destina-se a quantificar os GEE libertados devido ao consumo de recursos, permitindo associar estas emissões às atividades humanas (Seixas, 2011). Para esse autor, nenhum indicador por

si só é capaz de analisar a evolução da sustentabilidade, e de que os indicadores devem ser utilizados e interpretados de forma conjunta, surge a “família das pegadas, a qual é constituída pela pegada ecológica, de carbono e hídrica e, em síntese, percebe-se que o principal objetivo da “família das pegadas” é o monitoramento da pressão humana sobre o planeta.

Por fim, a relação existente entre os termos “pegada hídrica” e “água virtual” diz respeito ao volume de água utilizado de forma indireta em um bem, produto ou serviço. As principais diferenças entre os termos “pegada hídrica” e “água virtual” foram apontadas por Albano Araújo em uma entrevista à *The Nature Conservancy* (TNC, 2012), pois ele diferencia a pegada hídrica de água virtual, refletindo principalmente no sentido de que: a pegada hídrica é um indicador multidimensional e não se refere somente ao volume de água utilizado, como é o caso do ‘conteúdo de água virtual’ de um produto, mas também torna explícito onde a pegada hídrica está localizada, qual é a fonte da água utilizada e quando esta é utilizada (Lucena et al, 2013).

Considerando a colocação do autor, percebe-se que as principais diferenças entre pegada hídrica e água virtual referem-se ao volume de água utilizado, sendo que, no caso da pegada hídrica, além de considerar o referido volume de água utilizado de forma direta, considera-se também aquela que é incorporada nos processos de produção e, no caso da “água virtual”, considera-se apenas o volume de água utilizado de forma indireta. Além dessa diferença, o autor ainda destaca que a localização, a fonte e o período de utilização da água na pegada hídrica é pontual enquanto na “água virtual” não o é.

Para Carmo et al. (2005) a água virtual e a pegada hídrica podem ser alternativas para medidas de controle, de educação e de política diminuindo assim a pressão sobre os recursos hídricos. Partindo deste princípio, Fernandez e Mendiando (2009), acreditam que a água virtual e a pegada hídrica podem ser utilizadas como indicadores ambientais, associadas ao nível de vulnerabilidade da disponibilidade de recursos hídricos, frente a uma análise conjunta com outros fatores, tais como: consumo, geração de resíduos sólidos e o uso e ocupação do solo. Em sua essência, água virtual está relacionada ao comércio indireto de água embutida em determinados produtos, especialmente as commodities agrícolas enquanto matéria-prima essencial destes produtos. Ou seja, toda água envolvida no processo produtivo de qualquer bem industrial ou agrícola passa a ser

denominada água virtual. É no sentido de mensurar a quantidade de água envolvida em toda a cadeia de produção, de considerar as características específicas de cada região produtora e as características ambientais e tecnológicas que a concepção de água virtual esta intimamente interligada com o conceito de pegada hídrica, pois se faz necessário perseguir os passos e etapas do processo produtivo avaliando detalhadamente cada elemento, os impactos e os usos dos recursos hídricos envolvidos no processo como um todo, desde sua matéria-prima básica até o consumo energético (Chapagain & Hoekstra, 2004).

A pegada hídrica é uma metodologia que contribui para contornar os efeitos da escassez de água que hoje já priva milhões de pessoas em várias partes do mundo ao acesso a esse recurso essencial para suas vidas. Ao identificar o volume, o local e o momento em que ocorre o consumo de água, a pegada hídrica abre a possibilidade para uma gestão mais adequada dos recursos hídricos, evitando a exploração nos locais onde ela é mais escassa e direcionando o consumo para as regiões do planeta onde ela é mais abundante (HOEKSTRA & MEKONNEN, 2012).

2.2. DETERMINAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA

O cálculo da pegada hídrica, segundo a metodologia adotada pela WFN, envolve três dimensões: i) pegada hídrica azul (consumo de água de rios, lagos e poços subterrâneos); ii) pegada hídrica verde (água da chuva); e, iii) pegada hídrica cinza (grau de poluição das águas). A pegada hídrica azul contabiliza a água superficial ou subterrânea que é usada no processo produtivo, sendo posteriormente evaporada, ou transpirada pelas plantas e animais; ou, ainda, e geralmente a menor parte, incorporada no produto, podendo ser também devolvida ao meio, seja na própria bacia, em outra bacia ou no oceano (Lanna, 2012), ou seja, o consumo dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos ao longo da cadeia de fornecimento de um produto dá origem à pegada hídrica azul. A pegada hídrica verde quantifica a “água da chuva, incluindo a que é armazenada no solo, que é usada no processo produtivo, sendo posteriormente evaporada, ou transpirada pelas plantas ou animais, ou, ainda, e geralmente a menor parte, incorporada ao produto” (Lanna, 2012).

Recursos hídricos constituintes das pegadas hídricas verde e azul geralmente são limitados e escassos, sendo que os últimos apresentam custos de oportunidade mais altos que os primeiros. Tal fato pode ser uma razão para se concentrar na contabilidade da pegada de água azul e servir de argumento para explicar a pegada hídrica verde. Além disso, a pegada hídrica verde pode ser substituída pela pegada hídrica azul - e na agricultura o contrário também - de modo que um quadro completo só pode ser obtido pela contabilidade para ambos (Hoekstra et al., 2011). Já a pegada hídrica cinza se refere à poluição e é definida como o volume de água doce necessário para a assimilação da carga de poluentes indicando concentrações de fundo naturais e água de ambiente existente. A unidade de medida da pegada hídrica cinza é expressa em termos de um volume de água poluída, de modo que tal volume possa ser comparado com o consumo de água, que também é expressa como um volume (Hoekstra et al., 2011). Em outras palavras, a pegada hídrica cinza faz parte da pegada hídrica por representar o volume de água que seria necessário para a neutralização total da carga ambiental em massa a ser enviada aos corpos hídricos (Marzullo & Matai, 2010).

Tanto na pegada hídrica verde como a azul, após ser usada no processo produtivo, a água é evaporada, ou transpirada pelas plantas ou animais, ou, ainda, e geralmente a menor parte, incorporada ao produto; e, exclusivamente no caso da pegada hídrica azul, a água pode ser também devolvida ao meio, seja na própria bacia, em outra bacia ou no oceano. Já no caso da pegada hídrica cinza, a água que é lançada em meio hídrico, de forma que a concentração resultante neste meio esteja de acordo com o limite de concentração adotado para cada substância poluente contida no efluente, de acordo com as metas de qualidade adotadas para o corpo hídrico receptor (Lanna, 2012). Segundo Hoekstra et al. (2011), a pegada hídrica Total é dada pela soma das pegadas verde, azul e cinza usadas no processo produtivo, resultando, assim no somatório da água da chuva (pegada hídrica verde) com a água superficial ou subterrânea (pegada hídrica azul) e o volume necessário para diluir a poluição (pegada hídrica cinza), resultando no somatório da quantificação dos consumos de alimentos, doméstico e industrial representados na calculadora estendida da pegada hídrica.

2.3. CONTEXTO MUNDIAL E NACIONAL DA PEGADA HÍDRICA

Os quatro principais fatores de determinação da pegada hídrica de um país são: o volume de consumo (em relação ao Produto interno Bruto - PIB), o padrão de consumo (por exemplo, alto e baixo consumo de carne), as condições climáticas (condições de crescimento das culturas agrícolas) e práticas agrícolas (uso eficiente da água). A influência desses indicadores faz com que a pegada hídrica varie de país para país. A pegada hídrica média global relacionada com ao consumo é de 1385 m³/ano per capita no período 1996-2005. O consumidor dos Estados Unidos tem pegada hídrica média de 2842 m³/ano per capita, enquanto os cidadãos na China, Brasil e Índia têm pegada hídrica de 1071, 2027 e 1089 m³/ano per capita, respectivamente (Hoekstra & Mekonnen, 2012).

2.3.1. CONTEXTO MUNDIAL DA PEGADA HÍDRICA

Recursos hídricos do planeta estão sujeitos a uma pressão crescente na forma de uso, de consumo e de poluição das águas. A nível mundial, as normas estabelecidas para orientar a gestão dos recursos hídricos no que diz respeito apegada hídrica refere-se a metodologia da pegada hídrica proposta pela *Water Footprint Network* (WFN), e as normas de pegada hídrica - ISO 14.040, 14.044 e14.046. Tais normas apresentam como objetivo principal a avaliação do ciclo de vida do produto. A ISO 14.046 é uma norma para a pegada hídrica que está em discussão no âmbito do subcomitê de ACV (avaliação de ciclo de vida), desde 2009, tendo sido aprovada em junho de 2011, sendo esperada a sua publicação em 36 meses. A versão “*draft*” da ISO 14046 foi aprovada de forma que além da perspectiva de ciclo de vida ela contemple a quantificação dos impactos associados ao uso da água (FIESP, 2011).

A pegada hídrica global foi estimada por Hoekstra & Chapagain (2007) em 7.450 Gm³/ano, que é igual a 1.240 m³/hab/ano em média. A Índia contribui com 17% da população global, e apenas com 13% para a pegada hídrica global, com uma pegada hídrica total de 987 Gm³/ano. A população residente nos EUA possui a maior pegada hídrica, com 2.480 m³/hab/ano, seguido pelas pessoas dos países do sul da Europa (2.300-2.400 m³/hab/ano). A china possui uma pegada hídrica relativamente baixa, com

uma média de 700 m³/hab/ano.

O comércio internacional de alimentos e mercadorias implica num fluxo de água virtual entre os países. Quando uma camisa de algodão é vendida de um país para outro, entende-se que a água utilizada em sua fabricação também foi exportada. O mesmo ocorre com carregamentos de soja, minério de ferro e tantas outras mercadorias. Para países com escassez de água, pode ser interessante a importação de água virtual por meio da importação de mercadorias que consomem muita água em sua produção. Desta forma, eles podem aliviar as pressões sobre suas próprias fontes de água (FIESP, 2011).

O resultado da escassez hídrica em algumas partes do planeta é um comércio mundial de água, na forma de bens e produtos. Os países e regiões que dispõem de água produzem bens para atender aqueles onde ela é escassa. Esse sistema passa a representar um problema quando as regiões produtoras, por falta de mecanismos adequados de gestão de seus recursos hídricos, passam a explorá-los em um ritmo superior à capacidade de regeneração do ambiente local.

O tamanho da pegada hídrica global é em grande parte determinada pela soma de suas dimensões (águas azul, verde e cinza) e, representada, em grande parte, através do consumo de alimentos e outros produtos agrícolas. Nos países ricos, geralmente, o consumo de bens e serviços são mais altos, contribuindo assim para o aumento da pegada hídrica. Tanto o volume como a composição do consumo determinam a demanda de água das pessoas e refletem sobre alguns produtos em particular, que necessitam de muita água, por exemplo, a carne bovina (LUCENA *et al*, 2013).

Chapagain & Hoekstra (2011) mostraram em estudos recentes que a água incorporada nos processos de produção de arroz, tanto de forma direta como indireta é bastante significativa e contribui para pegada hídrica do referido produto, principalmente em países do sul da Ásia. Considera-se que, “globalmente, há quase uma parte igual de verde e azul uso da água na pegada de água total de arroz”. Segundo Chapagain & Hoekstra, (2011), o impacto ambiental da pegada hídrica azul na produção de arroz depende do momento e da localização do uso da água. Os autores ainda afirmam que onde a produção de arroz depende fortemente de água azul, causa maiores impactos por unidade de produto, por exemplo, os impactos são maiores nos EUA e do Paquistão do que no Vietnã.

Segundo Hoekstra & Mekonnen (2012), para os governos gestores de países

com escassez de água como no Norte de África e do Oriente Médio, é fundamental para reconhecer a dependência de recursos hídricos para o desenvolvimento da política externa e do comércio para assegurar a importação segura e sustentável da água.

2.3.2. CONTEXTO NACIONAL DA PEGADA HÍDRICA

No Brasil, é crescente a preocupação com discussões relacionadas às questões de uso e disponibilidade de água doce, com abordagens a nível local, nacional e na escala da bacia hidrográfica. No país o termo pegada hídrica tem se difundido cada vez mais, principalmente, entre as empresas. Nesta linha, estão sendo desenvolvidos projetos sociais e culturais para redução do uso das águas nos processos produtivos, buscando engajamento da sociedade, preservação de biomas, tratamento adequado dos resíduos sólidos, etc. (Albuquerque, 2011). O valor médio global estimado para o indicador pegada hídrica no Brasil é de 1.381 m³/hab/ano, valor, portanto, ligeiramente acima da média mundial, que foi estimada em 1.240 m³/hab/ano (Hoesktra & Chapagain, 2007).

Atualmente, no Brasil existe um grupo de pesquisa, denominado PEGADA HÍDRICA BRASIL (PHB), sediado no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, da Universidade Federal de Campina Grande, envolve professores/pesquisadores de diferentes áreas e Universidades do País interessados no estudo de pegada hídrica. Interligado ao NEPURA (Núcleo de Estudo e Pesquisa de Uso Racional da Água) da UFCG, esse grupo tem articulação direta com instituições nacionais e internacionais de pesquisa e ensino e vem desenvolvendo pesquisas na temática de desenvolvimento sustentável e no desenvolvimento de índices de sustentabilidade ambiental, utilizando a metodologia de pegada hídrica.

Em uma das publicações do grupo PHB, os estudos de Maracajá et al. (2012) afirmam que para que seja reduzida a pegada hídrica, adotando técnicas de produção que exijam uma menor quantidade de água doce por unidade de produto. Por outro lado, em se tratando da agricultura devem ser aplicadas novas técnicas para captação da água da chuva e de irrigação suplementar. Outra maneira de reduzir a pegada hídrica seria uma mudança nos padrões de consumo da população, optando por produtos que exijam uma menor quantidade de água. Os autores ainda acreditam que o preço do produto

associado ao consumo de água pode ser forte influenciador na redução da pegada hídrica porque os padrões de consumo estão diretamente ligados ao seu valor; desse modo, a conscientização da população pode ser alcançada com a rotulagem dos produtos, informações ou incentivos diversos que façam as pessoas mudarem seus hábitos de consumo.

A metodologia da pegada hídrica tem uma vasta gama de aplicações que podem ser empregadas em escalas que vão desde um único produto, um processo, um setor, indivíduo e cidades, até nações e todo o mundo. Esta técnica fornece uma resposta específica da pressão humana sobre o meio ambiente e ajuda de forma mais abrangente a monitorar o pilar ambiental da sustentabilidade (Silva et al., 2013). Segundo esses autores este indicador de sustentabilidade sugere a possibilidade de que a humanidade demanda por recursos maiores do que o planeta pode fornecer de forma sustentável. Tal excesso de consumo tende a aumentar de forma significativa devido à rápida expansão econômica, bem como pela urbanização, migração, mudanças de estilo de vida e outras grandes transições sociais no mundo.

2.4. CALCULADORAS DA PEGADA HÍDRICA

Atualmente existem algumas calculadoras da pegada hídrica já implementadas em alguns países, tais como para os Estados Unidos da América, Portugal e Canadá. Por outro lado, a calculadora a Water Footprint Network (Hoekstra et al., 2005) é a mais conhecida e utilizada no mundo inteiro (Figura 2). Ela permite calcular a pegada de hídrica para uma determinada pessoa, selecionando o país de origem e inserindo os dados sobre o sexo e o consumo de alimentos. Esta calculadora apresenta uma opção aparentemente mais precisa para o cálculo da PH, com entrada de dados de consumo mais específicos. Essa calculadora está disponível em waterfootprint.org. Já a calculadora H₂O Conserve permite calcular pegada hídrica total abrangendo o uso direto e indireto de água (Figura 3). Por outro lado, a calculadora online disponibilizada pela BBC News abrange apenas o uso direto da água (Figura 4). Diante do exposto, verifica-se a necessidade de construção de uma calculadora para o cálculo da pegada hídrica residencial envolvendo o uso direto e o uso indireto de água para as condições específicas de padrão de consumo no Brasil.

Your Footprint Calculator » Quick Calculator

Based on your country of residence and your own consumption pattern, you will have a unique water footprint. Please feel free to use the footprint calculator to assess your own water footprint.

Country

Sex Female
 Male

Dietary habit Vegetarian
 Average meat consumer
 High meat consumer

What is your gross yearly income? US\$ per year (Only that part of the family income consumed by yourself).

Your water footprint = in cubic meter per year

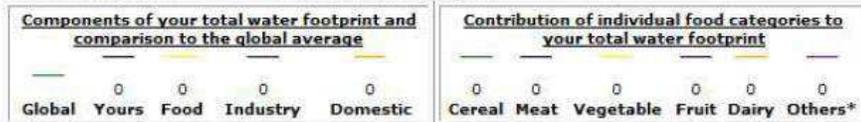


Figura 2. Calculadora online disponível em waterfootprint.org

The image shows the homepage of the GRACE's Water Footprint (WFC) website. At the top left is the logo "H₂O CONSERVE". A navigation menu on the left includes: Home, Water Calculator, Education, Issues & Solutions, What's New, Water Tips, Tell A Friend, Press, and About Us. Below the menu is a section titled "Issues & SOLUTIONS" with the text: "Quench your thirst for information on water scarcity, quality and conservation with our Issues and Solutions pages, which can be emailed, downloaded, printed, and shared." The central banner features the text "What is your water footprint?" and "Enter the H₂O Calculator to find out!" with a large "ENTER" button and a calculator icon. On the right, there is a "Google™ Custom Search" box and a "What's NEW" section listing: "Water Lessons curriculum, Unit 1", "American Museum of Natural History's H₂O=Life", and "The New York City Water Story". A "Read More" link is at the bottom right.

Figura 3. Calculadora online disponível em GRACE's Water Footprint (WFC)

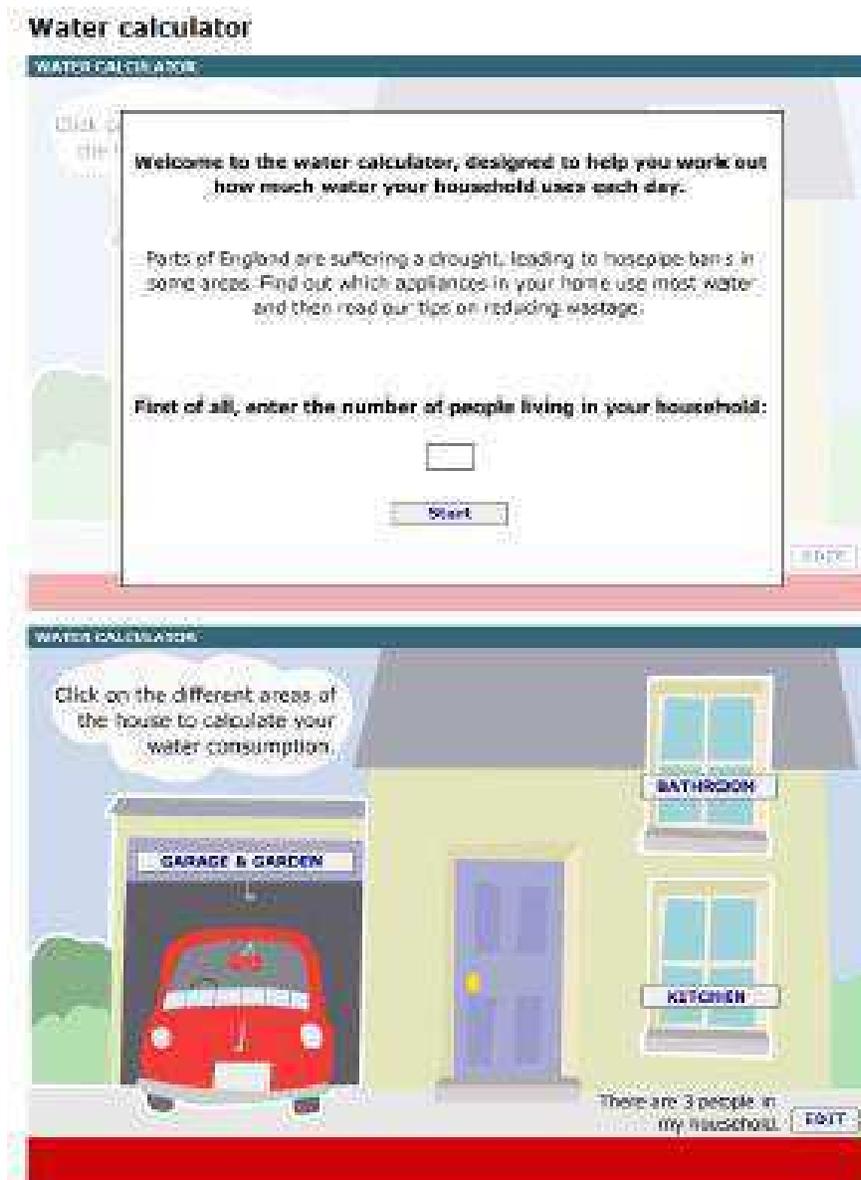


Figura 4. Calculadora online disponível em BBC News

2.5. LIMITAÇÕES DA PEGADA HÍDRICA

A pegada hídrica é um estudo relativamente novo e como tal, tem suas falhas, possibilidades e limitações. A PH embora em crescente expansão e difusão enfrenta críticas severas de outros pesquisadores. Marzullo et al., 2010 critica o conceito de PH desenvolvido pela *Water Footprint Network*, com o argumento que esse termo não é algo real, mas um indicador que é usado como se fosse equivalente a uso ou consumo

real com o claro objetivo de alertar. Para os autores o procedimento de cálculo da pegada hídrica sempre conduz a números absurdamente grandes, principalmente devido à superestimação do uso dos recursos hídricos devido à consideração da evaporação na componente verde da pegada hídrica.

Ramina (2011), no entanto, destaca que qualquer indicador tem sua esfera de abrangência, sua precisão e seus limites de aplicação, pois são baseados em simplificações e relações que muitas vezes não representam adequadamente a realidade, apesar de possuírem a pretensão de fazê-lo. Mesmo assim, o autor considera que são úteis e necessários para orientar à gestão, desde que não sejam tomados como se fossem a realidade e com isso determinem parâmetros de gestão sem qualquer crítica ou consideração adicional.

Para Seixas (2011), a rápida adoção da pegada hídrica como um indicador global da apropriação de água doce por seres humanos é muito útil para colocar a escassez de água doce na agenda de governos e empresas. Tal autor recomenda então a avaliação da pegada hídrica como um instrumento parcial, que deverá ser utilizado em combinação com outros meios analíticos, a fim de proporcionar uma compreensão de toda a gama de questões relevantes na tomada de decisão. Para o autor, é necessário reconhecer que a redução da pegada hídrica da humanidade é apenas um desafio para ser visto num contexto muito mais amplo e num vasto leque de outros desafios. Esse autor defende que a avaliação da pegada hídrica de uma empresa pode auxiliar na compreensão de parte do “risco de água”, mostrando quais as componentes da pegada hídrica da empresa que são insustentáveis. Contudo, o autor admite que esta avaliação não é uma avaliação de risco completa, e conclui afirmando que se o “risco da água” é o foco de interesse para a reputação e regulamentação da empresa, a realização de uma avaliação da pegada hídrica não é suficiente. Tais limitações não são descartadas pelos seus defensores.

Para Hoekstra et al. (2011), a avaliação da pegada hídrica concentra-se essencialmente em analisar o uso de água doce, tendo em conta os recursos limitados deste tipo de água, não abordando outros temas ambientais como as alterações climáticas, a depleção de minerais, fragmentação de habitats, limitada disponibilidade de terra ou a degradação do solo, nem sociais ou econômicos como a pobreza, emprego e bem-estar. A avaliação da pegada hídrica dá ênfase às questões ambientais, sociais e econômicas na medida em que o uso dos recursos hídricos afeta a biodiversidade, saúde,

assistência social ou a distribuição justa e equitativa deste recurso. Ainda segundo os autores, a avaliação da pegada hídrica aborda a problemática da escassez de água doce e da sua poluição, porém não considera a questão das enchentes, assim como a problemática da escassa acessibilidade de certas populações à água potável, uma vez que este não é um problema de escassez de água, mas sim uma questão de pobreza. Além disso, a pegada hídrica refere-se à água doce, e não ao uso e poluição da água do mar (Hoekstra et al. 2011).

Segundo Marzullo et al. (2010), um dos principais problemas da adoção da pegada hídrica como referência para um melhor gerenciamento de recursos hídricos é a não consideração da disponibilidade hídrica renovável e a consideração da evaporação de reservatórios de regularização como Pegada Verde. A rigor, existe um erro inicial ao ser desconsiderada a evapotranspiração que haveria na situação em que não houvesse reservatório, que vaporizaria a água contida no solo. Os autores afirmam que ao chamar atenção sobre o problema da escassez hídrica existe o risco da mensagem ser mal interpretada e se tornar mera manipulação da opinião pública.

Percebe-se que várias são as críticas feitas à metodologia da WFN, mas vale ressaltar que tal método apresenta também uma série de vantagens, como, por exemplo, a estimativa do volume de água consumido por um indivíduo, comunidade, ou população, sendo, assim úteis e necessários para orientar à gestão, desde que não sejam tomados como se fossem a realidade e com isso determinem parâmetros de gestão sem qualquer crítica ou consideração adicional (Marzullo et al., 2010).

Analisando os pontos de vista dos autores e, com base no entendimento sobre a funcionalidade da metodologia da WFN, recomenda-se que, ao utilizar a pegada hídrica como indicador, deve-se entender que o valor calculado representa apenas uma estimativa do consumo de água direto e indireto, podendo ser utilizado como uma poderosa ferramenta de incentivo à racionalização do uso da água e a adoção de práticas e padrões que diminuam a pressão sobre os recursos do planeta. Deve-se lembrar também de que as características hídricas diferem entre as nações; portanto seria interessante aprofundar o conceito e metodologia da pegada hídrica, bem como aperfeiçoar e desenvolver metodologias específicas de acordo com as características de cada nação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Cálculo da Pegada hídrica

Utilizaram-se neste estudo dados e informações disponíveis na Water Foot Print Network e na literatura especializada. A calculadora de Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC) foi constituída por perguntas básicas referentes ao uso direto e indireto de água. A seguir é apresentado o detalhamento da calculadora desenvolvida no estudo.

DADOS DE ENTRADA

CONSUMIDORES

Total de pessoas que residem em sua casa inclusive você [] pessoas

CATEGORIAS DE CONSUMO

Carnes e ovos	Hotaliças
Cereais	Produtos Comestíveis Industrializados
Combustíveis	Tubercúlos
Frutas	Vestimentas

1. Doméstico

Consumo médio mensal de água da residência [] m³

2. Alimentos (Valores do peso/volume do produto devem expressar o consumo mensal)

2.1. Cereais (kg)

Amêndoas

Amendoim

Arroz

Aveia

Castanha de Caju

Centeio

Cevada

Fava Seca

Feijão de Corda

Feijão Verde

Feijão Seco

Milho

Milho verde

Trigo

2.2. Frutas (kg)

Abacate

Abacaxi

Ameixa

Banana

Caju

Damasco

Figo

Framboesa

Goiaba

Kiwi

Laranja

Limão

Maçã

Mamão

Manga

Melancia

Morango

Pêra

Pêssego

Tangerina

Uvas

2.3. Tubérculos (kg)

Batata Doce
Batata Inglesa
Inhames
Mandioca

2.4. Hortaliças (kg)

Abóboras
Alface (Unidades)
Alho
Beringela
Beterraba
Brócolis
Cebola
Cenoura
Couve-Flor
Nabos
Pepino
Pepininho
Pimentão
Quiabo
Repolho
Tomate

2.5. Carnes e ovos (kg)

Carne Bovina
Carne de Frango
Carne de Caprinos
Carne de Ovinos
Carne Suína
Ovos (Unidades)

2.6. Produtos industrializados comestíveis (kg)

Açúcar
Azeite (l)
Café Torrado
Cerveja (l)
Chocolate
Ketchup (l)
Leite (l)
Manteiga
Nozes
Óleo de Algodão (l)
Óleo de Amendoin (l)
Óleo de Colza (l)

Óleo de Girassol (l)
Óleo de Milho (l)
Óleo de Palma (l)
Óleo de Soja (l)
Óleo de Rícino (l)
Pão
Queijo
Suco de Abacaxi (l)
Suco de Laranja (l)
Suco de Maçã (l)
Suco de Tomate (l)
Suco de Toranja (l)
Vinho (l)

3. Vestimentos (Número de itens consumidos anualmente)

Camisas de Algodão
Calças Jeans
Sapatos de Couro

4. Combustíveis (Consumo semanal)

Diesel (l)
Etanol (l)
Gasolina (l)

DADOS DE SAÍDA

Diário

Pegada hídrica residencial [] m³/dia

Mensal

Pegada hídrica residencial [] m³/mês

Anual

Pegada hídrica residencial [] m³/ano

CONSUMO MENSAL POR CATEGORIA

Pegada Hídrica Cereais:	[] m ³ /mês
Pegada Hídrica Frutas:	[] m ³ /mês
Pegada Hídrica Tubérculos:	[] m ³ /mês
Pegada Hídrica Hortaliças:	[] m ³ /mês
Pegada Hídrica Carnes e Ovos:	[] m ³ /mês
Pegada Hídrica Produtos Industrializados:	[] m ³ /mês
Pegada Hídrica Roupas:	[] m ³ /mês
Pegada Hídrica Combustíveis:	[] m ³ /mês

3.2. Coleta de dados da pesquisa e análise dos resultados

Neste estudo foi considerada a população alvo (conjunto de interesse) todo e qualquer indivíduo, com discernimento suficiente para responder as perguntas contidas nas calculadoras da pegada hídrica.

No detalhamento experimental, foi utilizada a amostragem aleatória (ou casual) simples, onde, supõe-se que todos os elementos da população têm igual probabilidade de pertencer à amostra. Foram utilizados dados de 30 famílias selecionadas aleatoriamente no município de Campina Grande, PB, sendo, 15 famílias selecionadas de acordo com a classe social e 15 famílias de acordo com a dieta alimentar. Os valores da PH obtidos com a HIDROCALC foram comparados com aqueles obtidos em outras calculadoras desenvolvidas em outras partes do mundo.

Nesta pesquisa, o cálculo da PH residencial foi analisada em função das duas variáveis mencionadas anteriormente, que são divididos em diferentes classes definidas da seguinte forma:

(i) Dieta alimentar

- Alto consumidor de carne vermelha (consome carne todos os dias);
- Baixo consumidor de carne vermelha (consome carne até duas vezes por semana);
- Vegetariano.

(ii) Classe Social

- Classe A (renda familiar \geq R\$ 14.500,00);
- Classe B (R\$ 7.250,00 \leq renda familiar \leq R\$ 14.499,99);
- Classe C (R\$ 2.900,00 \leq renda familiar \leq R\$ 7.249,99);
- Classe D (R\$ 1.450,00 \leq renda familiar \leq R\$ 2.899,99);
- Classe E (renda familiar \leq R\$ 1.449,99).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. A Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC)

Algumas telas da Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC) são apresentadas nas Figuras de 5 a 24. A Figura 5 apresenta uma visão geral do programa, com a barra de menu principal, localizada no topo da tela, que indica as principais funções do software: *Arquivo*, *Pegadas Hídricas*, *Conceitos e Sobre*. O cálculo de estimativa da pegada hídrica residencial pode ser efetuado por dois caminhos distintos conforme exibido na Figura 6. Nela, o usuário inicia o cálculo clicando na imagem da gota, localizada no centro da tela ou em “Iniciar Cálculo” no menu *Arquivo*.

A Figura 7 exhibe o menu *Pegadas Hídricas* no qual o usuário tem a possibilidade de realizar o cálculo de estimativa da PH por categoria, ou seja, neste módulo é possível efetuar a estimativa da PH apenas para o consumo de frutas, por exemplo. Informações, tais como, o que é pegada hídrica, tipos de pegadas e o uso responsável da água são disponibilizadas no menu *Conceitos*, conforme a Figura 8.

No cálculo de estimativa da pegada hídrica utilizando o HIDROCALC é necessário informar o número de pessoas que residem na casa em análise (Figura 9). Além disso, é necessário o informe o consumo de água mensal (m^3) da residência (Figura 10) e executa as ações descritas como seguem.

Uma das categorias avaliadas é a de cereais indispensável na mesa do brasileiro. Nesse sentido, a Figura 11 apresenta o questionamento ao usuário sobre a quantidade

(kg) consumida mensalmente em sua residência dos cereais listados, entretanto, caso algum item listado não faça parte do consumo mensal da residência, essa informação deve ser deixada em branco ou preenchida por zero. Outra categoria de consumo importante na dieta dos brasileiros é a ingestão de fruta. A Figura 12 apresenta a tela do HIDROCALC, na qual, o usuário deve informar o consumo mensal (kg) de frutas em sua casa. Analogamente, as Figuras 13 a 18 apresentam as telas onde o usuário deve digitar os dados referentes ao consumo de tubérculos, hortaliças, carnes e ovos, produtos industrializados comestíveis, vestimentas e combustíveis, respectivamente. Entretanto, para consumo de vestimentas e combustíveis, devem ser informados anualmente e semanalmente, respectivamente.

A Figura 19 apresenta a tela com o resultado da estimativa da PH residencial informando os resultados em m^3ano^{-1} . Os resultados detalhados com a pegada hídrica em escalas diária, mensal e anual são exibidos na Figura 20. Caso seja necessário, é possível gerar um relatório em PDF com a pegada hídrica residencial, bem como PHs por categoria de consumo (Figuras 21 e 22). Finalmente, nas Figuras 23 e 24 o usuário pode encontrar informações sobre a Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC).

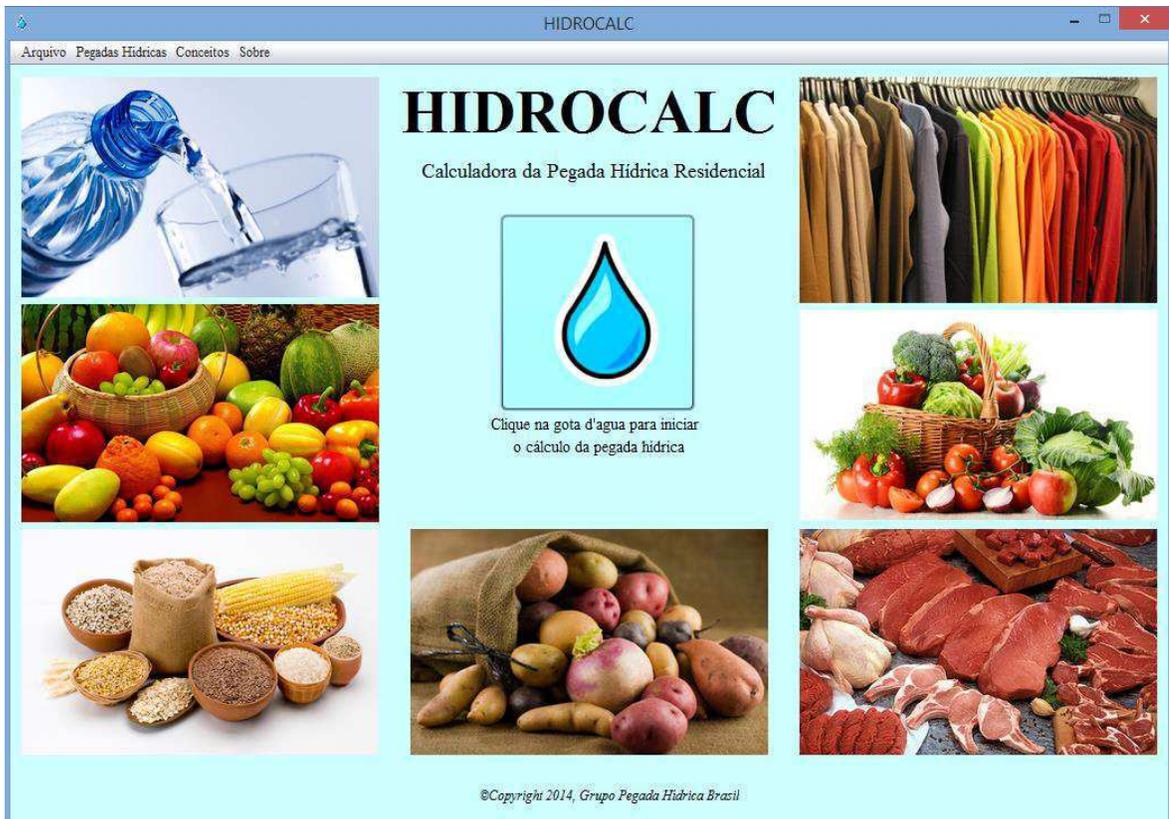


Figura 5. Tela principal do programa HIDROCALC

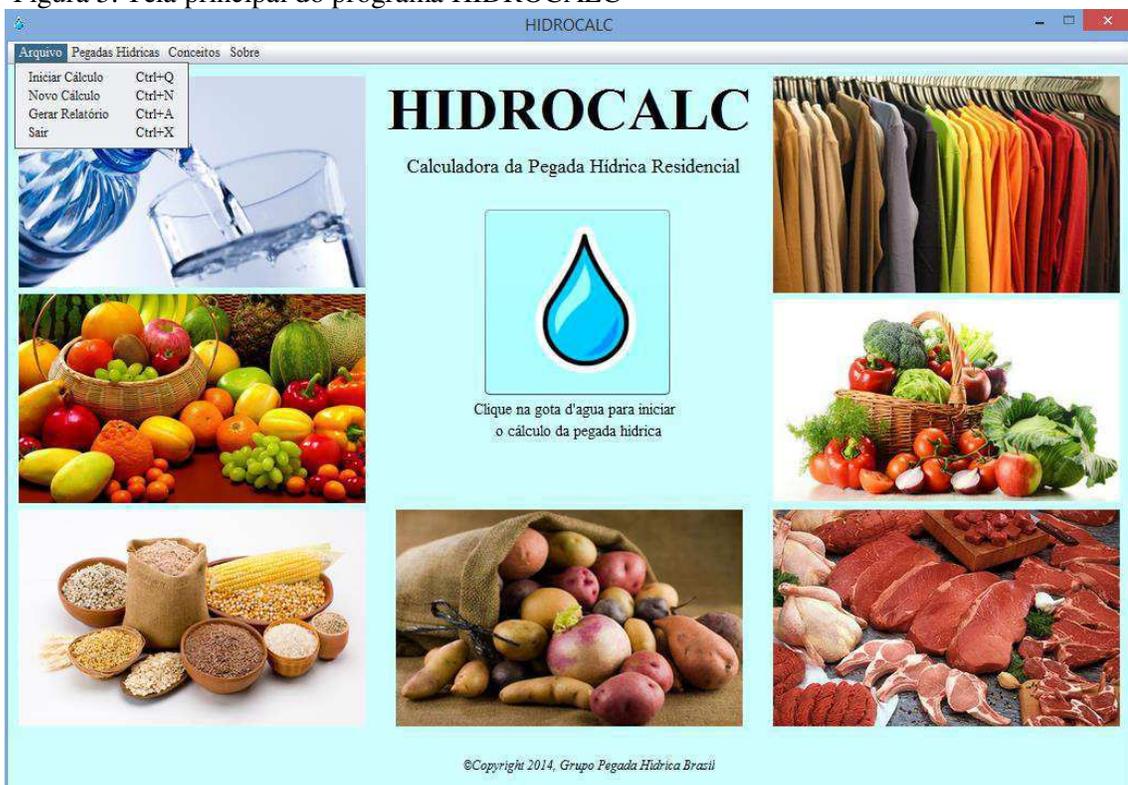


Figura 6. Algumas funções do Menu *Arquivo* do programa HIDROCALC

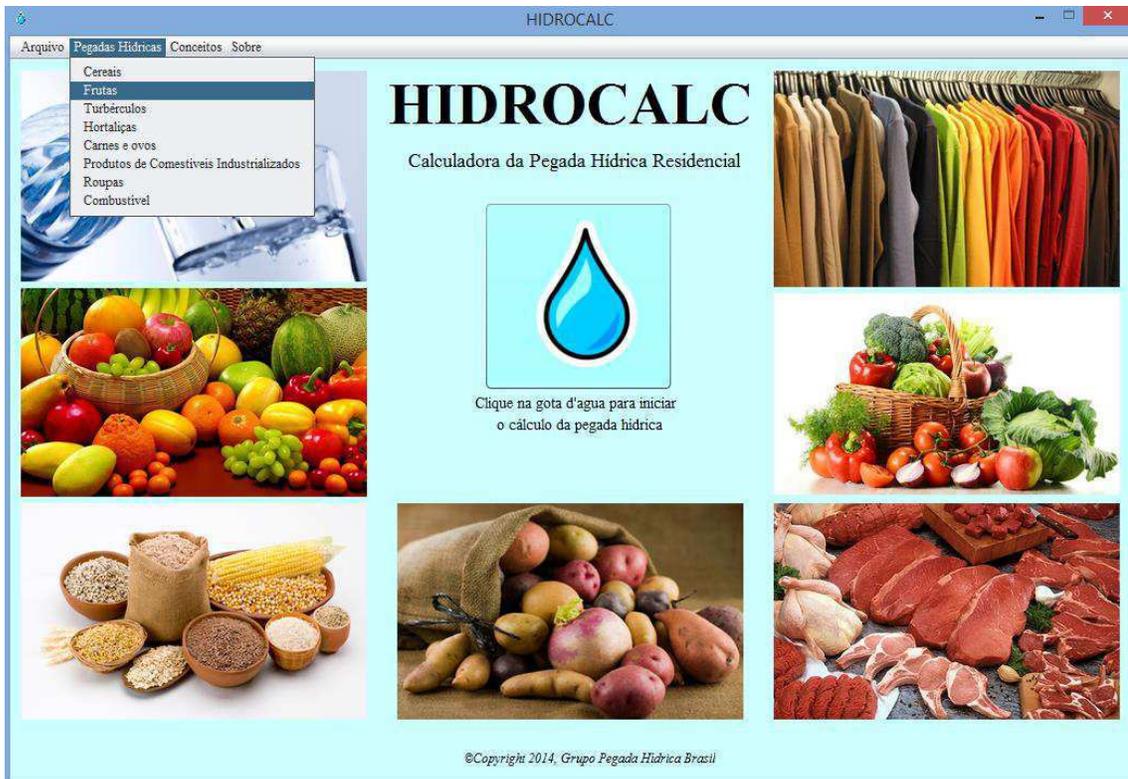


Figura 7. Menu de seleção para o cálculo da PH por categoria

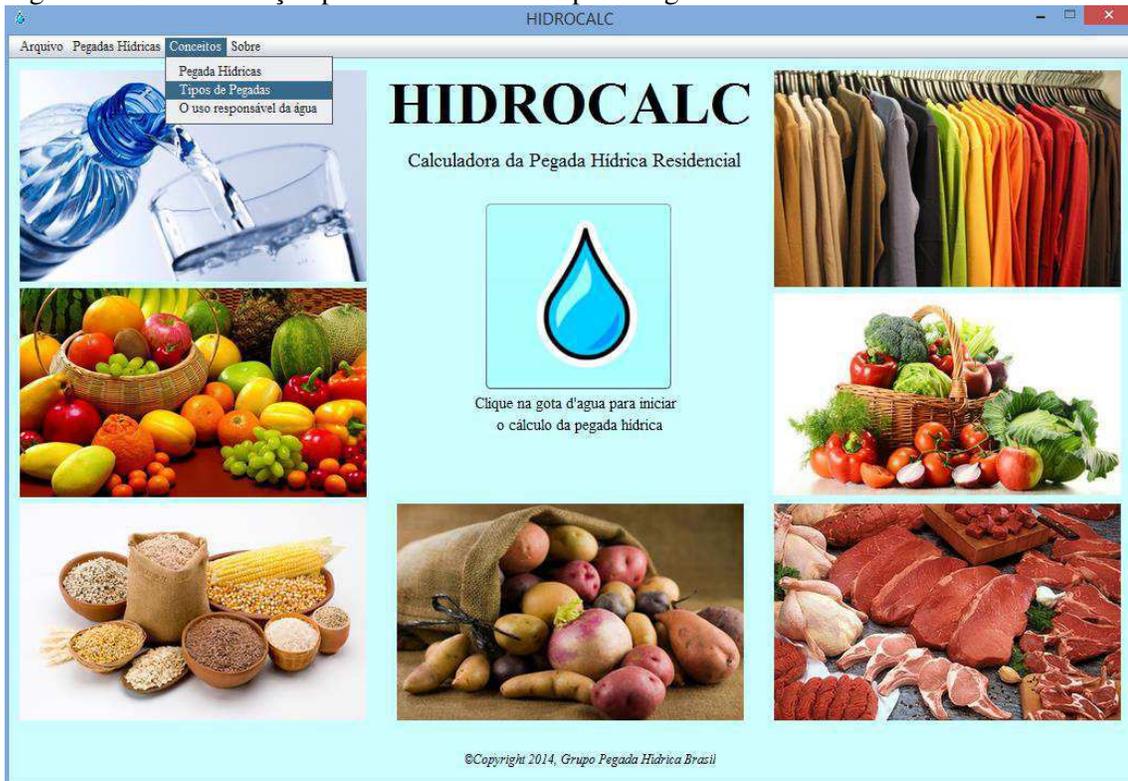


Figura 8. Algumas definições no Menu *Conceitos* do programa HIDROCALC

Pessoas

Quantas pessoas residem em sua casa inclusive você?

pessoas



Retornar Avançar

Figura 9. Caixa de diálogo para inserção do número de indivíduos

Volume

Qual o consumo de água mensal em sua residência?

Volume de água m³



Retornar Avançar

Figura 10. Caixa de diálogo para inserção do consumo de água mensal da residência

Cereais

Qual a quantidade dos cereais listados abaixo é consumida mensalmente em sua residência?

(Caso não haja consumo de algum cereal listado, por favor, colocar zero ou deixar em branco)

Trigo	<input type="text"/>	Kg	Fava Seca	<input type="text"/>	Kg	Feijão Verde	<input type="text"/>	Kg
Milho	<input type="text"/>	Kg	Feijão Seco	<input type="text"/>	Kg	Feijão de Corda	<input type="text"/>	Kg
Arroz	<input type="text"/>	Kg	Amêndoas	<input type="text"/>	Kg	Milho Verde	<input type="text"/>	Kg
Castanha de Caju	<input type="text"/>	Kg	Amendoin	<input type="text"/>	Kg	Cevada	<input type="text"/>	Kg
Aveia	<input type="text"/>	Kg				Centeio	<input type="text"/>	Kg



Clique na imagem para realizar o cálculo

Figura 11. Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Cereais

Frutas

Qual a quantidade das frutas listadas abaixo é consumida mensalmente em sua residência?

(Caso não haja consumo em de alguma fruta listada, por favor, deixar em branco ou colocar zero)

Melancia	<input type="text"/>	Kg	Laranja	<input type="text"/>	Kg	Bananas	<input type="text"/>	Kg
Mamão	<input type="text"/>	Kg	Abacaxi	<input type="text"/>	Kg	Maçã	<input type="text"/>	Kg
Pêssego	<input type="text"/>	Kg	Pêra	<input type="text"/>	Kg	Damasco	<input type="text"/>	Kg
Ameixas	<input type="text"/>	Kg	Uvas	<input type="text"/>	Kg	Figo	<input type="text"/>	Kg
Tangerinas	<input type="text"/>	Kg	Limões e Limas	<input type="text"/>	Kg	Morangos	<input type="text"/>	Kg
Framboesas	<input type="text"/>	Kg	Manga	<input type="text"/>	Kg	Goiabas	<input type="text"/>	Kg
Abacates	<input type="text"/>	Kg	Caju	<input type="text"/>	Kg	Kiwi	<input type="text"/>	Kg



Clique na imagem para realizar o cálculo

Figura 12. Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Frutas

Tubérculos

Qual a quantidade dos tubérculos listados abaixo é consumido mensalmente em sua residência?

(Caso não haja consumo de algum dos tubérculo listado, por favor, colocar zero ou deixar em branco)

Batata Inglesas	<input type="text"/>	Kg	Batata Doce	<input type="text"/>	Kg
Mandioca	<input type="text"/>	Kg	Inhame	<input type="text"/>	Kg



Clique na imagem para realizar o cálculo

Figura 13. Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Tubérculos

Hortaliças

Qual a quantidade das hortaliças listadas abaixo é consumida mensalmente em sua residência?

(Caso não haja consumo de alguma hortaliça listada, por favor colocar zero ou em branco)

Alface	<input type="text"/>	unidades	Couve-flor	<input type="text"/>	Kg
Tomates	<input type="text"/>	Kg	Brócolis	<input type="text"/>	Kg
Pepininhos	<input type="text"/>	Kg	Beringelas	<input type="text"/>	Kg
Cebolas	<input type="text"/>	Kg	Alho	<input type="text"/>	Kg
Beterrabas	<input type="text"/>	Kg	Quiabos	<input type="text"/>	Kg
			Nabos	<input type="text"/>	Kg
			Abóboras	<input type="text"/>	Kg
			Pepinos	<input type="text"/>	Kg
			Pimentões	<input type="text"/>	Kg
			Cenouras	<input type="text"/>	Kg
			Repolho	<input type="text"/>	Kg



Clique na imagem para realizar o cálculo

Figura 14. Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Hortaliças

Qual a quantidade de carnes e ovos listados abaixo é consumida mensalmente em sua residência?

(Caso não haja consumo de algum produto listado, por favor, colocar zero ao deixar em branco)

Carne Bovina <input style="width: 40px;" type="text"/> Kg	Carne de Ovinos <input style="width: 40px;" type="text"/> Kg
Carne Suína <input style="width: 40px;" type="text"/> Kg	Carne de Caprino <input style="width: 40px;" type="text"/> Kg
Carne de Frango <input style="width: 40px;" type="text"/> Kg	Ovos <input style="width: 40px;" type="text"/> Unidades



Clique na imagem para realizar o cálculo

Figura 15. Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Carnes e Ovos

Qual a quantidade mensal dos produtos de consumos industrializados comestíveis listados abaixo é consumida em sua residência?

(Caso não haja consumo de algum produto listado, por favor, deixar em branco ou colocar zero)

Ketchup <input style="width: 30px;" type="text"/> l	Suco de Tomate <input style="width: 30px;" type="text"/> l	Óleo de Milho <input style="width: 30px;" type="text"/> l
Queijo <input style="width: 30px;" type="text"/> Kg	Suco de Laranja <input style="width: 30px;" type="text"/> l	Óleo de Algodão <input style="width: 30px;" type="text"/> l
Manteiga <input style="width: 30px;" type="text"/> Kg	Suco de Toranja <input style="width: 30px;" type="text"/> l	Óleo de Soja <input style="width: 30px;" type="text"/> l
Nozes <input style="width: 30px;" type="text"/> Kg	Suco de Maçã <input style="width: 30px;" type="text"/> l	Óleo de Colza <input style="width: 30px;" type="text"/> l
Leite <input style="width: 30px;" type="text"/> l	Suco de Abacaxi <input style="width: 30px;" type="text"/> l	Óleo de Palma <input style="width: 30px;" type="text"/> l
Azeite <input style="width: 30px;" type="text"/> l		Óleo de Girassol <input style="width: 30px;" type="text"/> l
Chocolate <input style="width: 30px;" type="text"/> kg		Óleo de Amendoim <input style="width: 30px;" type="text"/> l
Café Torrado <input style="width: 30px;" type="text"/> Kg		Óleo de Rícino <input style="width: 30px;" type="text"/> l
Açúcar <input style="width: 30px;" type="text"/> Kg		Vinho <input style="width: 30px;" type="text"/> l
Pão <input style="width: 30px;" type="text"/> Kg		Cerveja <input style="width: 30px;" type="text"/> l



Clique na imagem para realizar o cálculo

Figura 16. Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Produtos Industrializados

Vestimentas

Qual a quantidade de roupas listados abaixo é consumida anualmente em sua residência?

(Caso não haja consumo de alguma roupa listada, por favor, colocar zero ou deixar em branco)

Camisa de Algodão unidades Sapato de couro unidades Calça Jeans unidades



Clique na imagem para realizar o cálculo

Figura 17. Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Vestimentas

Combustível

Qual o volume dos combustíveis listados abaixo é consumida semanal em sua residência?

(Caso não haja algum combustível listado, por favor, deixe em branco ou informe zero)

Gasolina litros Etanol litros Bio Diesel litros



Clique na imagem para realizar o cálculo

Figura 18. Caixa de diálogo para estimativa da PH na categoria Combustível



Figura 19. Resultado da estimativa da PH residencial



Figura 20. Resultado detalhado da estimativa da PH residencial



Figura 21. Caixa de diálogo para salvar o relatório em PDF

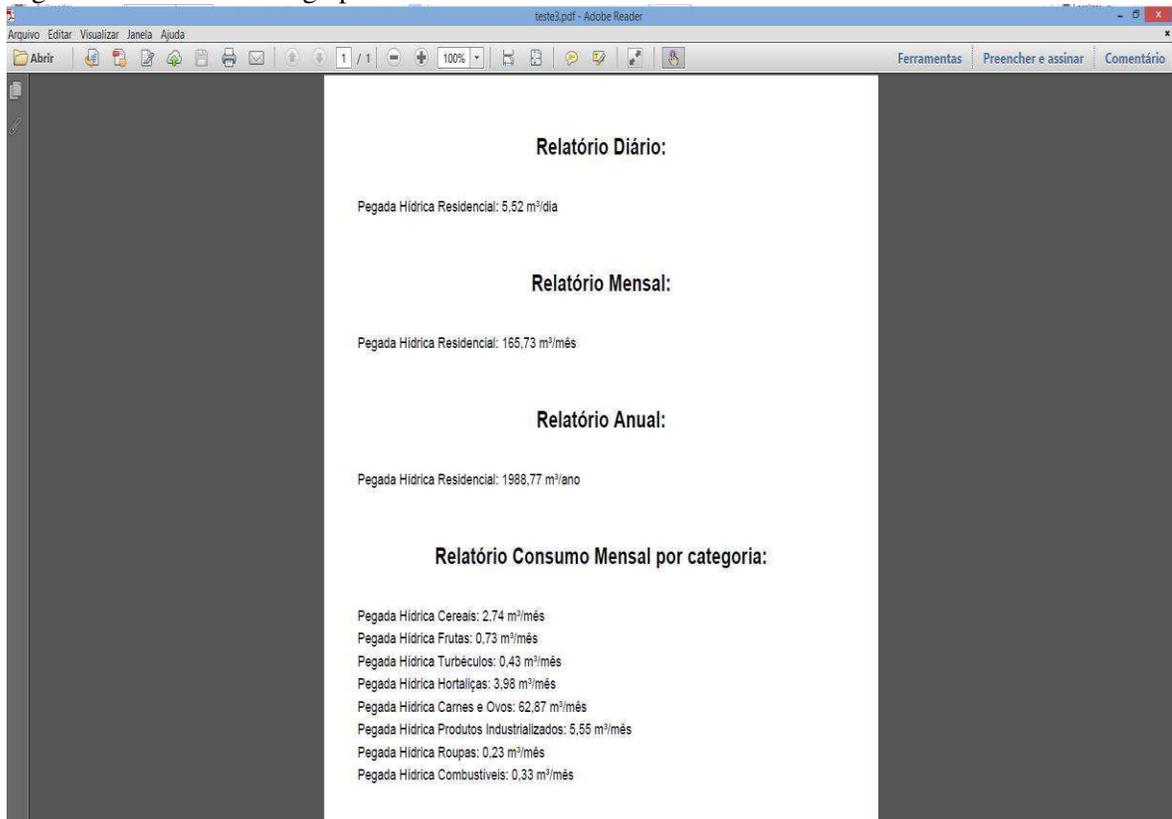


Figura 22. Relatório da estimativa da pegada hídrica residencial



Figura 23. Informações sobre o HIDROCALC

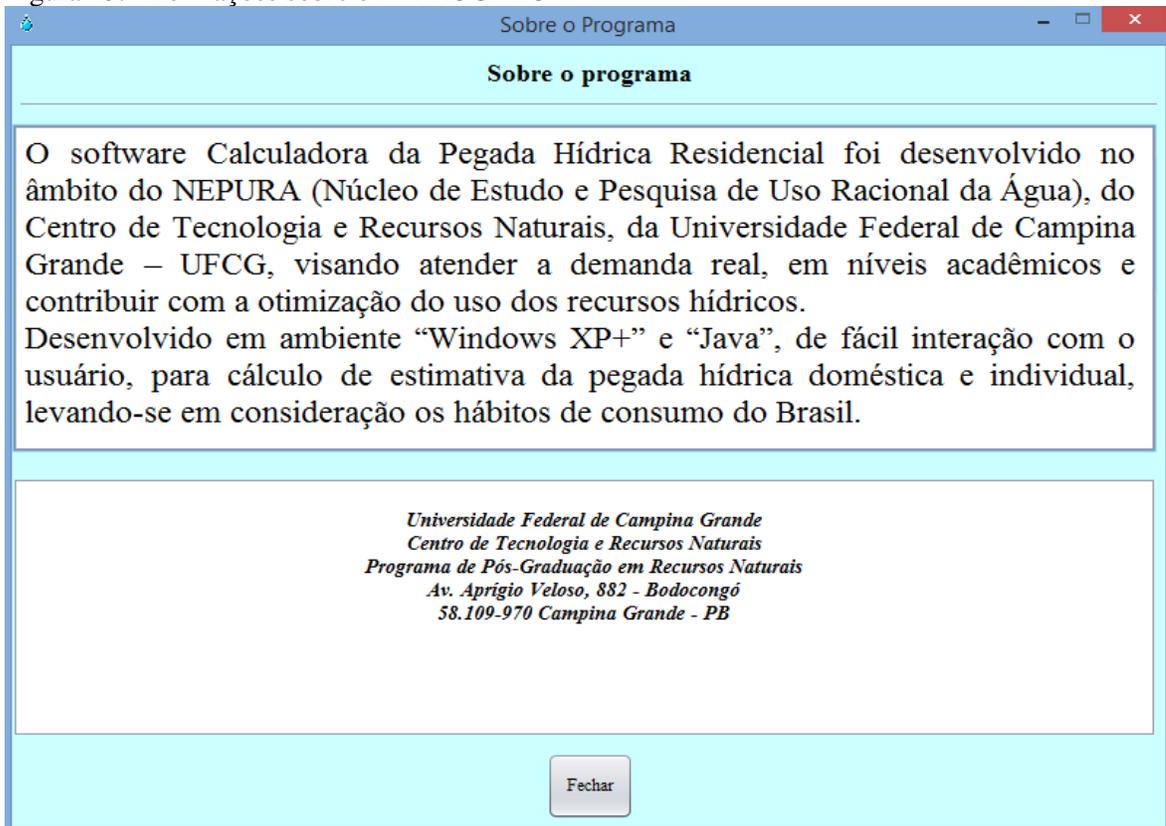


Figura 24. Detalhes sobre a calculadora da pegada hídrica residencial

4.2. Aplicações da HIDROCALC

Os valores estimados das pegadas hídricas utilizando a Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC) foram comparados com aqueles da Calculadora da Water Footprint Network (WFN), Calculadora da GRACE's Water Footprint (WFC) e a Calculadora de Água da BBC NEWS (BBC) para as diferentes dietas alimentares, cujos resultados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Estimativa da pegada hídrica utilizando a Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC), a Calculadora da Water Footprint Network (WFN), a Calculadora da GRACE's Water Footprint (WFC) e a Calculadora de Água da BBC NEWS (BBC) para as diferentes dietas alimentares

Dieta Alimentar	HIDROCALC (m ³ ano ⁻¹)	WFN (m ³ ano ⁻¹)	WFC (m ³ ano ⁻¹)	BBC (m ³ ano ⁻¹)
Vegetariano	689	653	851	45
Vegetariano	823	893	1089	56
Vegetariano	847	881	1361	61
Vegetariano	712	682	914	49
Vegetariano	733	756	1127	67
Baixo Consumidor	757	778	1214	47
Baixo Consumidor	813	851	1302	51
Baixo Consumidor	1124	1023	1381	63
Baixo Consumidor	1038	958	1297	70
Baixo Consumidor	1265	1212	1458	67
Alto Consumidor	997	1013	1234	44
Alto Consumidor	1141	965	1358	53
Alto Consumidor	1371	1348	1594	40
Alto Consumidor	987	891	1273	39
Alto Consumidor	1330	1404	1781	47

Verifica-se que a estimativa da pegada hídrica utilizando o HIDROCALC apresenta uma diferença de 2,2% quando comparada com estimativa baseada na WFN. Segundo Maracajá(2013), a calculadora da WFN apresenta estimativas satisfatórias da pegada hídrica de indivíduos brasileiros. Por outro lado, a estimativa da pegada hídrica utilizando o HIDROCALC apresenta uma diferença de -23,9% quando comparada com estimativa baseada na WFC. Acredita-se que a alta diferença é devido a WFC ser baseada nos padrões de consumo dos Estados Unidos (EUA), que é caracterizado pelo alto padrões de consumo quando comparados com os padrões brasileiros. Já a diferença de 1739,60% constada entre a HIDROCALC e a BBC, é devido ao número reduzido de dados de entrada solicitada na referida calculadora, que é necessário apenas o consumo direto de água.

As Figuras 25, 26 e 27 exibem as regressões lineares entre as pegadas hídricas baseadas na dieta alimentar estimadas pelas calculadoras HIDROCALC E WFN, HIDROCALC E WFC e HIDROCALC E BBC, respectivamente. Constata-se forte correlação entre as pegadas hídricas estimadas pelas calculadoras HIDROCALC e WFN com coeficiente de determinação de 0,906 (Figura 25).

A comparação entre as calculadoras HIDROCALC e WFC é exibida na Figura 26. Os valores de PH obtidos pelo HIDROCALC se correlacionam bem com aqueles obtidos pelo WFC, apresentando coeficiente de determinação de 0,758, que também são estatisticamente significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t-Student. Por outro lado, a relação entre as pegadas hídricas estimadas pelas calculadoras HIDROCALC e BBC (Figura 26) evidencia que não existe relação alguma, ou seja, correlação nula. Isso se deve ao fato da estimativa da pegada hídrica pela calculadora da BBC ser muito resumida, com dados de entrada de consumo direto de água na residência, tais como: caso possua automóvel quantas vezes o veículo é lavado semanalmente.

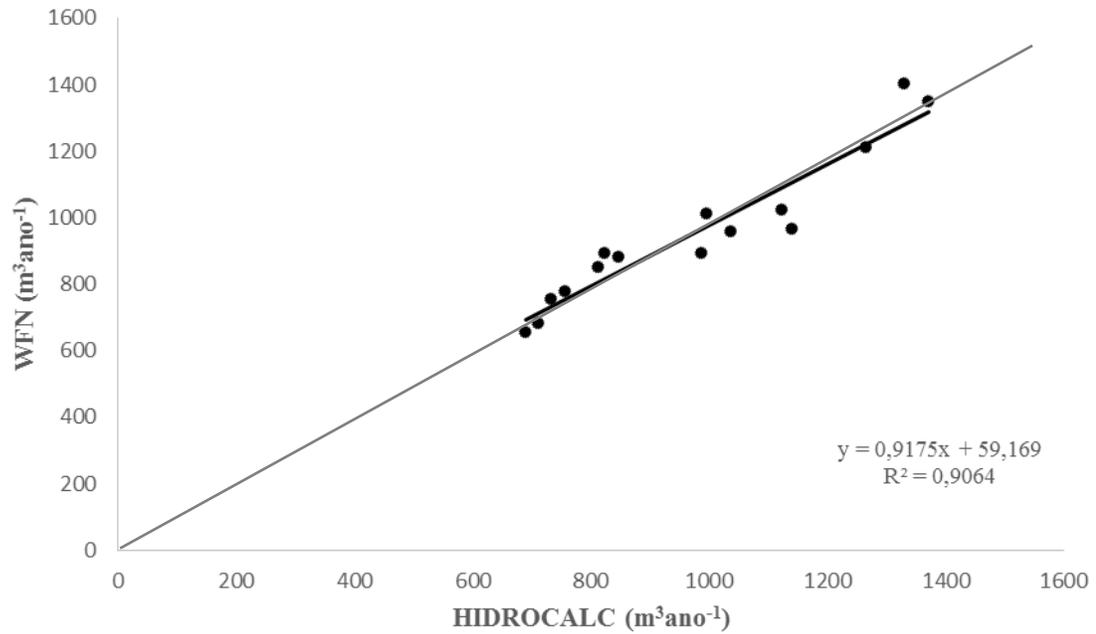


Figura 25. Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E Water Footprint Network (WFN), com base na variável dieta alimentar

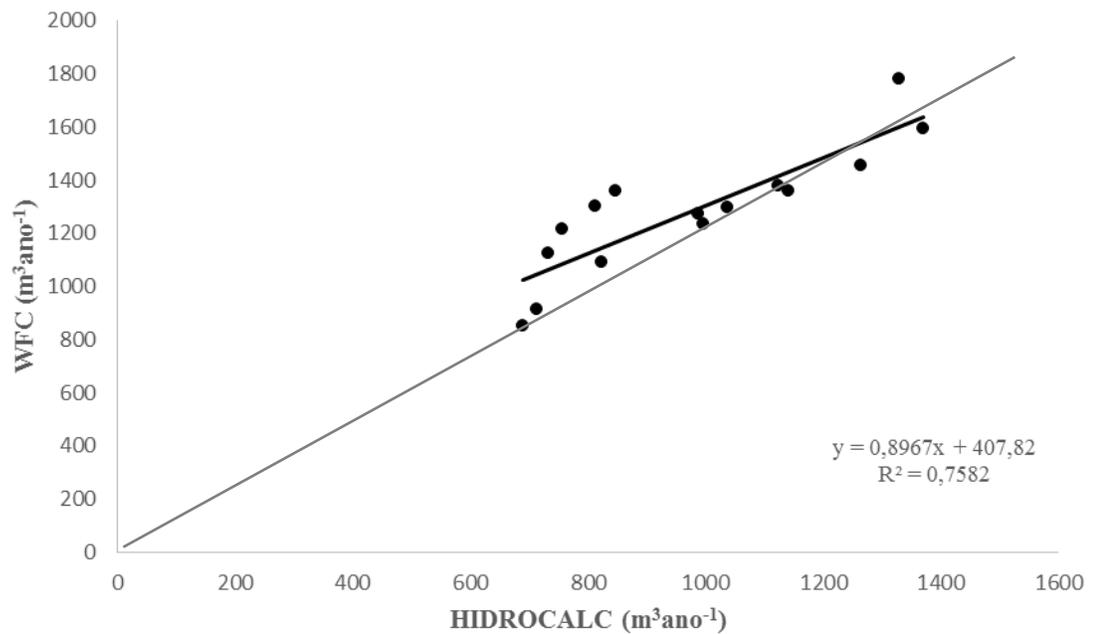


Figura 26. Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E GRACE's Water Footprint (WFC) com base na variável dieta alimentar

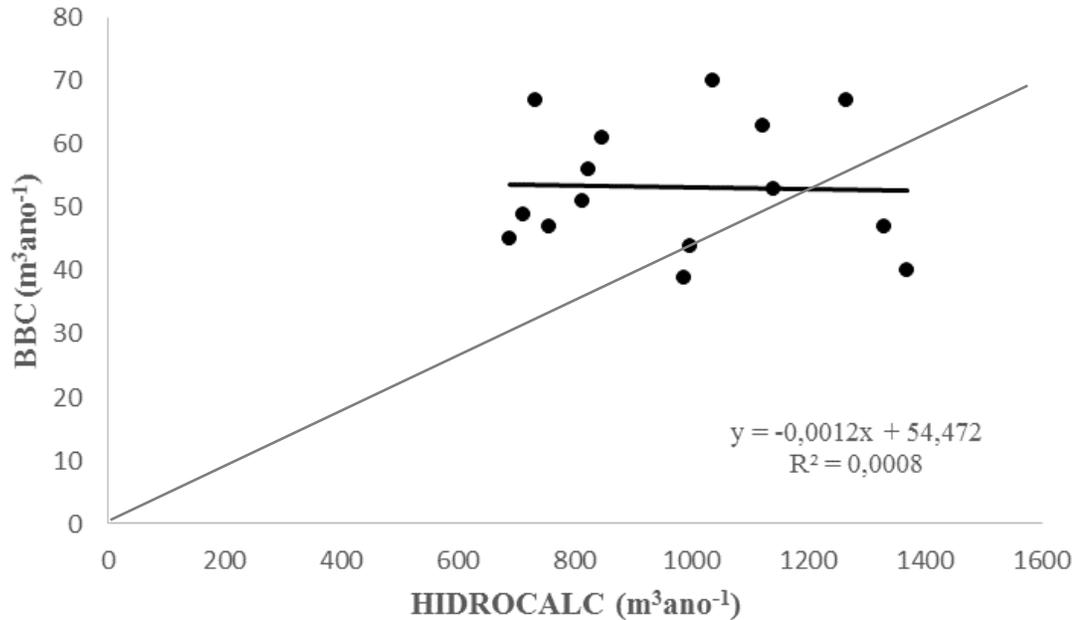


Figura 27. Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E BBC News com base na variável dieta alimentar

Os valores estimados das pegadas hídricas, utilizando a Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC), a Calculadora da Water Footprint Network (WFN), a Calculadora da GRACE's Water Footprint (WFC) e a Calculadora de Água da BBC News (BBC) para as diferentes classes sociais, encontram-se na Tabela 3.

Observa-se que a estimativa da pegada hídrica utilizando o HIDROCALC apresenta uma diferença de -6,55% quando comparada com estimativa baseada na WFN. Entretanto, a estimativa da pegada hídrica utilizando o HIDROCALC apresenta uma diferença de -18,83% quando comparada com estimativa baseada na WFC. Conforme verificado na variável dieta alimentar, imagina-se que a grande diferença é devido a WFC ser baseada nos padrões de consumo norte americano. A altíssima diferença de 1842,62% constada entre a HIDROCALC e a BBC, mais uma vez, é atribuído ao número resumido de dados de entrada solicitada na referida calculadora.

As Figuras 28, 29 e 30 exibem as regressões lineares entre as pegadas hídricas para a variável classe social estimadas pelas calculadoras HIDROCALC E WFN, HIDROCALC E WFC e HIDROCALC E BBC, respectivamente. Verifica-se uma

correlação quase perfeita entre as pegadas hídricas estimadas pelas calculadoras HIDROCALC E WFN com coeficiente de determinação de 0,938 (Figura 28).

Tabela 3. Estimativa da pegada hídrica utilizando a Calculadora da Pegada Hídrica Residencial (HIDROCALC), a Calculadora da Water Footprint Network (WFN), a Calculadora da GRACE's Water Footprint (WFC) e a Calculadora de Água da BBC News (BBC) para as diferentes classes sociais

Classe Social	HIDROCALC (m ³ ano ⁻¹)	WFN (m ³ ano ⁻¹)	WFC (m ³ ano ⁻¹)	BBC (m ³ ano ⁻¹)
A	1456	1786	1887	58
A	1543	1865	2034	65
A	1332	1467	1330	52
B	1491	1587	1983	61
B	1250	1388	1492	71
B	1411	1502	1607	69
C	1465	1435	1443	63
C	1387	1448	1487	61
C	1348	1503	1509	65
D	865	767	1276	63
D	798	743	1245	55
D	834	904	1107	59
E	834	889	1196	54
E	785	804	1097	49
E	976	932	1201	64

A comparação entre as calculadoras HIDROCALC e WFC é exibida na Figura 29. Os valores obtidos de PH e pelo HIDROCALC se correlacionam moderadamente àqueles obtidos pelo WFC, com coeficiente de determinação de 0,713, que também são estatisticamente significativos ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t-Student. Por outro lado, a relação entre as pegadas hídricas estimadas pelas calculadoras HIDROCALC e BBC, exibida na Figura 30, evidencia um coeficiente de determinação baixo (0,22). Verifica-se novamente na análise dessa variável que a baixa correlação se deve ao fato da estimativa da pegada hídrica pela calculadora da BBC ser muito breve, com dados de entrada apenas de consumo direto de água na residência.

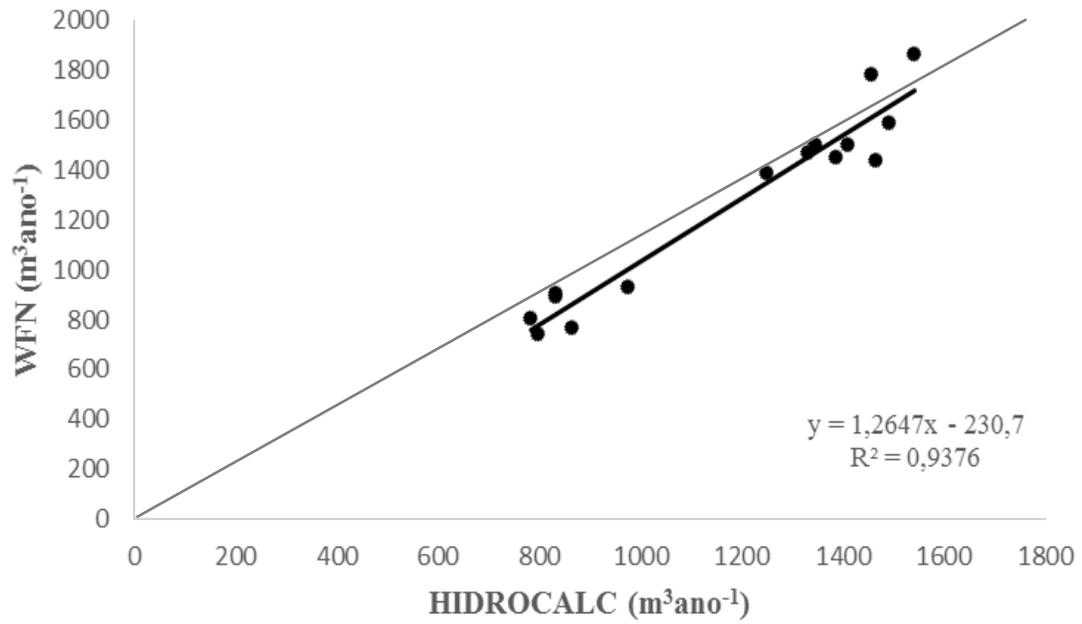


Figura 28. Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E Water Footprint Network (WFN), baseado na variável classe social

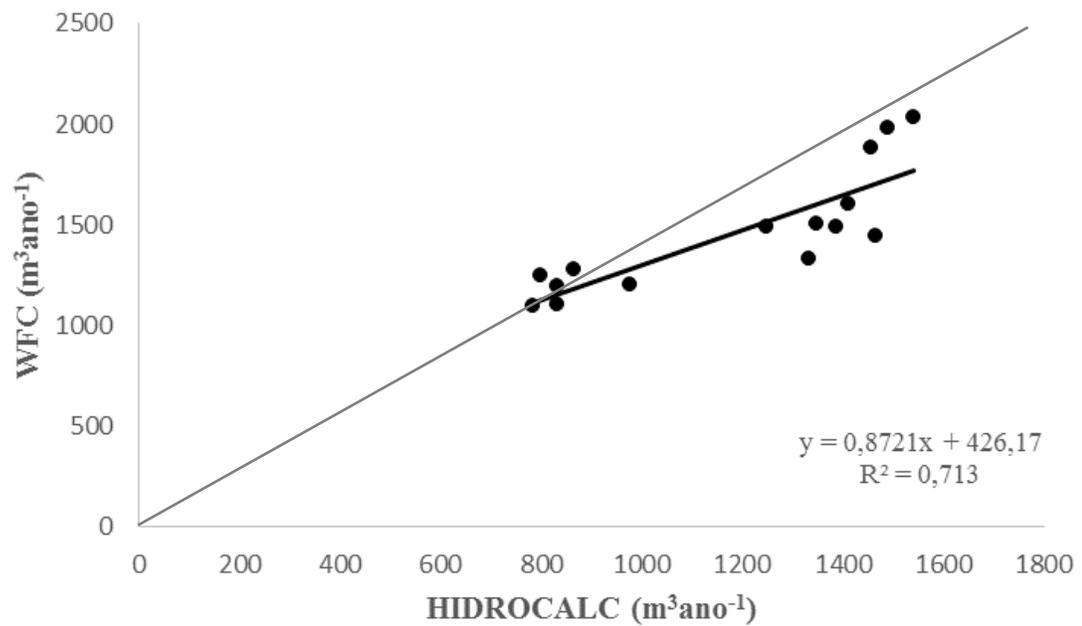


Figura 29. Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E GRACE's Water Footprint (WFC) baseado na variável classe social

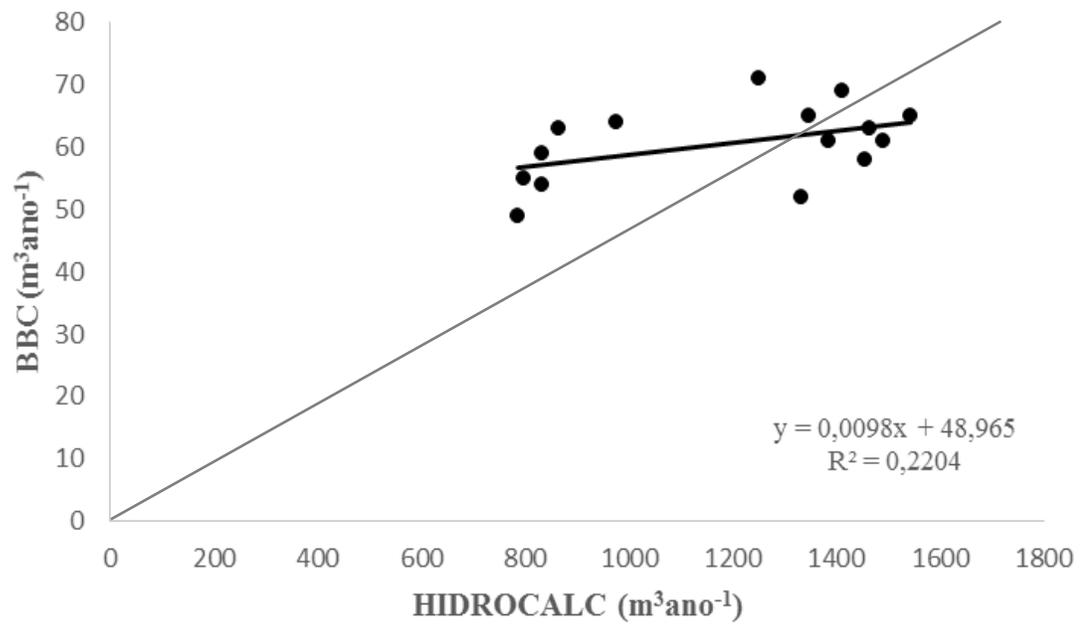


Figura 30. Relação entre os valores da Pegada Hídrica obtidos com HIDROCALC E BBC News baseado na variável classe social

5. CONCLUSÕES

Os resultados das análises do cálculo de estimativa da pegada hídrica residencial utilizando o HIDROCALC permitem concluir o seguinte:

1. O programa computacional HIDROCALC apresenta-se com grande aplicabilidade no monitoramento da pegada hídrica residencial;
2. O HIDROCALC fornece subsídios para novas estratégias de gestão dos recursos hídricos, como instrumento de valor para gestão ambiental.
3. O HIDROCALC possibilita estimativas confiáveis e contínuas da pegada hídrica e pode ser utilizado no monitoramento local e regional do uso consuntivo de água em escalas diária, mensal e anual.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em <<http://www.aesa.pb.gov.br/>> Acesso em 29 de julho de 2013.

ALBUQUERQUE, H. J. T. R. “Sustentabilidade Socioambiental”. *Água e Meio Ambiente Subterrâneo*. Jun/jul, 2011. (3)pp.

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

ALLAN, J. A. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydropolitical futures would be impossible. In: *Priorities for water resources allocation and management*, ODA, London, 1993. pp 13-16.

ARAÚJO. A. Entrevista com Albano Araújo sobre Pegada Hídrica. Você sabe o que é Pegada Hídrica? Entrevistadores: The Nature Conservancy - TNC BRASIL. Entrevista disponível em <http://portugues.tnc.org/comunicacao-midia/destaques/pegada-hidrica.xml>. Acesso em 20 agosto de 2013

ARRUDA, M. B. *Biomass e Ecossistemas Brasileiros*. Edições IBAMA 2001.

CARMO, R. L.; Ojima, A. L. M. O.; Ojima, R.; Nascimento, . Água virtual e desenvolvimento sustentável: o Brasil como grande exportador de recursos hídricos". In: Congreso de La Asociación Latinoamericana de Sociología. XXV., 2005, Porto Alegre.

CHAPAGAIN, A.K.; Hoekstra, A.Y. The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. *Ecological Economics Elsevier*. 749–758 pp. 2011.

CHAPAGAIN, A.K.; HOEKSTRA, A.Y. Water footprints of nations. *Value of Water Research Report Series. UNESCO-IHE*, v.2, n. 16, nov., 240p., 2004.

FERNANDEZ, J. A. B. & MENDIONDO, E. M. Água Virtual na Gestão de Águas Urbanas sob Cenários de Adaptação . In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XIX., 2009, Maceió. *Anais...* Nov. 2011, 5-6 pp.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. Pegada hídrica e a governança do uso da água no setor industrial. São Paulo, 2011. Disponível em: www.fiesp.com.br/arquivos/.../pegada_hidrica_setor_industrial.pdf. Acesso em 19 agosto de 2013.

GFN - Global Footprint Network. Footprint Calculator. Disponível em <<http://www.footprintnetwork.org/pt/index.php/GFN/page/calculators/>>. Acesso em 12 agosto de 2013.

GUIMARÃES, P. B. V.; XAVIER, Y. M. A. A regulamentação da água virtual nos sistemas ambientais. 2008. 702-716 pp.

HOESKTRA, A. Y., HUNG, P. Q. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of Water Research Report series No. 11, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands*, 2002.

HOEKSTRA, A. Y.; ed. Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. (UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands) *Value of Water Research Report Series No. 12*, 2003. .

HOEKSTRA, A.Y. HUNG, P. Q. Globalisation of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade. *Glob Environ Change* 15:45–56. 2005.

HOEKSTRA, A. Y., CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. In *Water Integrated Assessment of Water Resources and Global Change*, 2007.

HOEKSTRA, A.; CHAPAGAIN, A.; ALDAYA, M.; MEKONNEN, M. *Water Footprint Manual. Setting the Global Standard*. WaterFootprint Network, 2011.

HOEKSTRA, A. Y. MEKONNEN, M. M. The water footprint of humanity. Department of Water Engineering and Management, University of Twente. P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands. *PNAS*.. vol. 109 no. 9. 2012.

HOEKSTRA, A.Y.; MEKONNEN, M.M. The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.2012.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. *Ecological Economics*, v.64, p.143-151, 2007

LUCENA, K. P.; TRIGUEIRO, H. O.; LUCENA, J. S.; MACHADO, E. M.N. Determinação da pegada hídrica de alunos do ensino médio do município de Pombal – PB. Terra: [livro eletrônico]: Qualidade de Vida, Mobilidade e Segurança nas Cidades / Giovanni Seabra (organizador). – João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2013.

MARACAJÁ, K. F. B. Nacionalização dos Recursos Hídricos: Um Estudo Exploratório da Pegada Hídrica no Brasil. UFCG. Tese. 105 p. 2013.

MARACAJÁ, K. F. B.; Silva, V. P. R.; NETO, J. D.; ARAÚJO, L.E. Pegada Hídrica como Indicador de Sustentabilidade Ambiental. *REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade – Vol. 2, nº 2 – Edição Especial Rio +20, Jun.*, p.113-125, 2012.

MARZULLO, R. C. M.; FRANCKE, I.; MATAI, P. H. L. S. Pegada hídrica da água tratada: necessidade de água para a obtenção de água. In: *Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida em Produtos e Serviços*, 2, 2010, Florianópolis. 19-24 pp.

MEKONNEN, M.M. and HOEKSTRA, A.Y. National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption, *Value of Water Research Report Series No. 50*, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands, 2011.

OLIVEIRA, H. T.; LUCENA, K. P.; LUCENA, J. S.; PEREIRA, K. MACHADO, E. M. N. Estimativa do indicador de sustentabilidade ambiental pegada ecológica na cidade de Pombal – PB. Conferência Internacional Em Gestão Ambiental Colaborativa – Cigac, 1. Sousa – PB, 2012.

SILVA, V. P. R.; ALEIXO, D. de O.; J. D.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L.E. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.17, n.1, p.100-105, 2013.

SEIXAS, V. S. C. Análise da pegada hídrica de um conjunto de produtos agrícolas. Dissertação. Lisboa. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. 2011.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI - enfrentando a escassez. São Carlos: Rima, 2003.

WACKERNAGEL, M., RESS, W. Our ecological footprint: Reducing human impact on the Earth. New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada, 1996.