

PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

**REVISTA DE GEOGRAFIA
(UFPE)**

www.ufpe.br/revistageografia

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

A PEGADA HÍDRICA DAS EXPORTAÇÕES AGRÍCOLAS DE PERNAMBUCO

Sérgio Rodrigues Rocha¹, Ticiano Marinho de Carvalho Studart²

1 - Doutorando em Engenharia de Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza, Ceará, Brasil, email: srrocha90@hotmail.com

2 - Professora Doutora, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza, Ceará, Brasil, email: ticiano@ufc.br

Artigo recebido em 05/03/2013 e aceito em 21/12/2014

RESUMO

Muitos países com escassez de recursos hídricos importam uma quantidade crescente de alimentos. Essa aquisição de produtos é, praticamente, equivalente à importação de água, que, de outra forma, seria demandada para a produção dos alimentos nos países compradores. O comércio mundial de alimentos pode poupar recursos hídricos, por intermédio de transferências de água virtual de países muito produtivos, em termos de utilização de água, para outros menos produtivos. A metodologia da pegada hídrica quantifica o volume total de água doce necessário à cadeia de produção, em diversos locais do mundo, dos bens e serviços consumidos por uma pessoa, uma região ou um país; sendo um indicador de apropriação dos usos diretos e indiretos desse recurso natural. Este trabalho calcula a pegada hídrica de produtos selecionados da pauta de exportação, de 1997 a 2010, do setor agrícola do estado de Pernambuco. O resultado obtido é muito expressivo (13,5 bilhões de metros cúbicos) para Pernambuco, que se localiza no semiárido brasileiro. Sob o ponto de vista da gestão de águas, a redução da pegada hídrica desse estado brasileiro, que apresenta graves problemas de escassez de água, pode ser conseguida por meio da utilização de novas técnicas agrícolas, que demandem menos recurso hídrico por quilograma produzido; bem como provoquem menos poluição ambiental.

Palavras-chave: pegada hídrica; gestão de recursos hídricos; água virtual; exportação agrícola; Pernambuco.

THE WATER FOOTPRINT OF AGRICULTURAL EXPORTS OF PERNAMBUCO

ABSTRACT

Many countries with water shortages import increasing quantities of food. This acquisition product is virtually equivalent to import water, which otherwise, would be used for the production of foods in countries buyers. The world food trade can save water resources, through virtual water transfers from countries very productive, in terms of water use, to other less productive. The water footprint methodology quantifies the total volume of fresh water needed for the production chain, in various locations around the world, of the goods and services consumed by a person, a region or a country, being an indicator of ownership of this uses direct and indirect of this natural resource. This study calculates the water footprint of products selected from the list of exports, from 1997 to 2010, of the agricultural sector of the state of Pernambuco. The result is very significant (13.5 billion cubic meters) to Pernambuco, located in the Brazilian semi-arid. From the point of view of water management, reducing the water footprint of the Brazilian state, which presents serious problems of water scarcity, can be achieved through the use of new agricultural techniques that require less water resource per kilogram produced; as well as cause less environmental pollution.

Keywords: water footprint; water resource management; virtual water; agricultural exports; Pernambuco.

INTRODUÇÃO

A água é, de acordo com Castro (2012), de primordial relevância para a existência da vida no Planeta. Não apenas por ser imprescindível às hidratações de todos os animais; mas, também, pelo seu grande valor para a efetivação de atividades na agricultura e indústria, assim como para a manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas.

Os três fatores principais que contribuíram para a grande expansão da infraestrutura de recursos hídricos no século passado foram: o crescimento da população; a modificação nos padrões de vida, inclusive quanto à dieta; e a ampliação da agricultura irrigada. Hodiernamente, esses fatores continuam contribuindo em demasia. No período compreendido entre os anos de 1901 e 2000, a população mundial cresceu de 1.600 milhões para 6.000 milhões de pessoas e as terras irrigadas aumentaram de cinquenta milhões de hectares para 267 milhões de hectares. Esses e outros fatores levaram a um acréscimo de retiradas de água doce no século passado, em relação ao mesmo período anterior, em todo o mundo, em, aproximadamente, sete vezes. Caso as propensões atuais continuem, os problemas quanto ao acesso à água tornar-se-ão mais graves e a escassez aumentará significativamente (Gleick, 2000).

Espera-se que o crescimento populacional, o desenvolvimento econômico, a urbanização, as modificações nas dietas e as mudanças climáticas provoquem o aumento das demandas futuras de recursos hídricos para a produção alimentícia (Fader *et al.*, 2011).

De acordo com Suweis, Rinaldo e Maritan (2012), o crescimento populacional é, geralmente, limitado pela quantidade de produção de alimentos; que, por sua vez, depende do acesso à água.

Em decorrência de retiradas crescentes de recursos hídricos, na opinião de Perry (2007), deve aumentar o uso da água de consumo; que se refere, em um determinado período e em uma determinada bacia hidrográfica, à água que, após seu uso, não está mais disponível para outras finalidades, por ter sido, também, evaporada. Atualmente, segundo Shiklomanov (2000), o setor agrícola é responsável por, aproximadamente, 66% das retiradas de recursos hídricos e por 85% do consumo mundial de água azul. No futuro, a participação da agricultura deve diminuir, em comparação a outros usos, como consequência do provável crescimento das utilizações públicas e industriais.

Até recentemente, as questões de disponibilidade, gestão e uso de águas foram consideradas sob o enfoque de uma bacia hidrográfica local ou, no máximo, em um contexto nacional. O entendimento de que os recursos hídricos são suscetíveis a variações mundiais tem

induzido pesquisadores a advogar a importância da colocação dos problemas de água doce para que sejam discutidos, e resolvidos, em um contexto global (Hoekstra; Mekonnen, 2012).

Como todo uso de água pelo homem está, em última instância, ligado ao consumo final, é interessante saber o dispêndio específico de água e a poluição provocada pela produção dos bens de consumo, especialmente daqueles que são de uso intensivo de água, como é o caso de diversos gêneros alimentícios (Ercin; Aldaya; Hoekstra, 2012). As conexões entre a água e a alimentação estão recebendo, cada vez mais, atenção dos especialistas da área alimentícia, que começam a ter preocupações quanto à disponibilidade de recursos hídricos para a produção agrícola (Gleick, 2000).

Uma forma de medição desse consumo é por intermédio da “pegada hídrica” – conhecida alternativamente como “pegada de água” ou “teor de água virtual” – de um produto, que fornece um quadro para análise da ligação entre o consumo humano e a apropriação global de água doce. Esse indicador, expresso em volume de água por unidade de produto, usualmente em metros cúbicos por tonelada – ou litros por quilograma –, é a soma das pegadas hídricas de todos os passos do processo de produção de um produto. As pegadas de água em áreas geograficamente delimitadas – tais como: regiões, nações, zonas de captação ou bacias hidrográficas – são equivalentes à soma das pegadas hídricas de todos os processos que ocorrem nessas áreas (Mekonnen; Hoekstra, 2011).

A pegada hídrica é um indicador de apropriação direta e indireta de água doce, que inclui, na visão de Mekonnen e Hoekstra (2011), tanto a utilização da água de consumo (as pegadas de água verde e azul) quanto o uso de água para assimilar a carga de poluição, ou seja, expresso como uma exigência de recurso hídrico de diluição (a pegada de água cinza). Vale ressaltar que a pegada hídrica cinza é um conceito relativamente novo introduzido nos estudos de usos da água – sua inclusão é plenamente justificada quando se considera a importância da poluição como uma das causas de escassez de água.

Ademais, a poluição dos recursos hídricos, juntamente com outros fatores, representa, segundo Vörösmarty *et al.* (2010), uma ameaça para a segurança mundial da água doce e da biodiversidade dos rios. Aproximadamente 80% da população global encontra-se exposta a níveis elevados de ameaças à segurança da água. A poluição dos recursos de água doce não só representa, segundo Mekonnen e Hoekstra (2011), uma ameaça à sustentabilidade ambiental e saúde pública, mas também provoca o aumento da competição por recursos hídricos.

As contas nacionais de uso de água são, normalmente, limitadas à contabilização de recursos hídricos retirados para os setores doméstico, agrícola e industrial. No entanto, não fornecem informações inerentes às necessidades reais de água das pessoas em relação aos seus

consumos. Os indicadores de pegada hídrica e de comércio de água virtual são bastante úteis, pois constituem uma nova concepção para a quantificação das contas nacionais de uso de recursos hídricos (Bulsink; Hoekstra; Booij, 2010).

Compreender e calcular a pegada hídrica de um país é muito importante para a confecção de sua Política Nacional de Desenvolvimento. Para um determinado país, as contas nacionais convencionais de uso de água estão restritas a estatísticas relativas a retiradas de recursos hídricos dentro de seu próprio território. Já as contas nacionais de pegada hídrica estendem esses dados estatísticos, incluindo quantitativos de água da chuva usados, volumes de recursos hídricos utilizados para assimilação de resíduos, quantidades de água usadas em outros países para a produção de mercadorias importadas e volumes de recursos hídricos utilizados dentro do país para a produção de mercadorias destinadas à exportação (Hoekstra; Mekonnen, 2012).

O comércio mundial é, na opinião de Dalin *et al.* (2012), um modo de transferência de recursos hídricos de uma região para outra. Os países exportadores de gêneros alimentícios são, de acordo com o pensamento de Yang *et al.* (2006), fontes de água virtual.

Esta pesquisa tem por objetivos quantificar a pegada hídrica das exportações do estado brasileiro de Pernambuco, a partir de produtos relevantes de sua pauta agrícola, e examinar os resultados sob a visão da gestão de recursos hídricos.

GESTÃO DE ÁGUAS

A gestão de recursos hídricos é o processo que trata das informações e decisões relativas ao fluxo, ao uso, ao estoque e à conservação da água, de maneira a garantir sua provisão, de acordo com os padrões de sustentabilidade, para as gerações atual e futuras.

O Brasil possui a maior reserva mundial de água doce. Entretanto, essa larga disponibilidade encobriu, por um longo período, as questões de escassez hídrica em algumas regiões, como é o caso do Nordeste. Em consequência disso, o governo vem gerenciando as águas nacionais, nas últimas décadas, de maneira mais racional e eficiente, com a finalidade de evitar casos de crises de abastecimento e de poluição de seus mananciais (Castro, 2012).

Além disso, em decorrência da abundância de recursos hídricos, em grande parte do território do País e por muito tempo, a água foi gratuita e utilizada sem a fixação de critérios rígidos (Castro, 2012). Muitos produtos exportáveis são vendidos a preços que não incluem, adequadamente, os custos dos recursos hídricos usados em suas cadeias de produção. Os preços praticados para os recursos hídricos no Brasil são, quando comparados aos de outros países, relativamente baixos. O estabelecimento de preços adequados para os usos agrícola, doméstico

e industrial, de recursos hídricos, pode fomentar a utilização eficiente e sustentável da água, propiciando bastante poupança desse bem natural.

Com a finalidade de elaborar planos nacionais de recursos hídricos, para o suprimento de suas necessidades de água, os governos têm adotado, geralmente, uma perspectiva nacional; ao procurar meios para satisfação dos usuários, sem, no entanto, questionar-lhes o volume total de demandas. Mesmo que os governos considerem alternativas para a diminuição das necessidades de recursos hídricos, além daquelas para o acréscimo das ofertas, eles mantêm, normalmente, uma perspectiva puramente nacional de utilização de água – sendo que os agricultores, as indústrias e os serviços públicos de abastecimento de água potável são os principais usuários – e não consideram a dimensão mundial dos padrões de demanda. Todos os países usam recursos hídricos em excesso para a produção de *commodities* exportáveis. Entrementes, poucos governos, expressamente, consideram alternativas para poupar água por intermédio da importação de produtos que demandam a utilização intensiva de recurso hídrico, para serem produzidos em seus territórios (Hoekstra; Mekonnen, 2012).

Tem sido argumentado que a gestão de águas deve estender sua abrangência e adicionar, em suas quantificações e análises de uso de recursos hídricos, as perspectivas do consumidor e do comércio. A abordagem do consumidor considera que o padrão de consumo é um fator importantíssimo na gestão de águas, pois determina o volume de recurso hídrico demandado por um determinado consumidor. Já a perspectiva comercial considera que as transações de produtos, que demandam o uso intensivo de água para serem produzidos, aliviam a pressão exercida sobre a escassez de água nos locais que importam esses produtos e aumentam a pressão sobre os recursos hídricos nos territórios exportadores (Bulsink; Hoekstra; Booij, 2010).

Os governos não têm, quando examinam a utilização da água unicamente em seu próprio território, uma visão completa do nível de sustentabilidade do consumo interno. Diversos países têm avaliado sua pegada hídrica sem considerar que os produtos importados provocam escassez de água ou poluição nos países exportadores. A compreensão do grau de dependência de recursos hídricos, oriundos de outros países, é muito relevante para um governo nacional, não somente quanto à avaliação de sua política ambiental, mas, outrossim, quanto à análise da segurança alimentar de seus habitantes (Hoekstra; Mekonnen, 2012).

Além disso, ao se quantificar a capacidade de produção de alimentos comercializados pelas nações, com base em cálculos de água virtual disponível, percebe-se a existência de um desequilíbrio global dos recursos hídricos. As taxas atuais de exportação não serão mantidas e, conseqüentemente, a sustentabilidade, em longo prazo, do sistema de comércio de alimentos

como um todo. Países ricos em águas provavelmente devem reduzir, em breve, a quantidade de água virtual que exportam; deixando, assim, dependentes de importação aquelas regiões sem recursos hídricos suficientes para abastecer suas populações. Para mitigar o impacto potencial desse possível cenário, as seguintes medidas devem ser adotadas: os países ricos em águas podem manter em disponibilidade, por meio de interações cooperativas, uma pequena fração de sua produção de alimentos para exportação; as pessoas devem ser conscientizadas para que modifiquem seus padrões de vida, visando ao alcance do consumo sustentável; os governos e as empresas devem investir em pesquisas para a obtenção de substanciais inovações tecnológicas, com o fim de que sejam aplicadas na produção de alimentos, para uma população cada vez maior (Suweis; Rinaldo; Maritan, 2012).

EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA NO COMÉRCIO MUNDIAL DE ALIMENTOS

O comércio de água virtual refere-se à transferência de recurso hídrico, de forma virtual, de um local para outro, como resultado de transações comerciais de produtos (Bulsink; Hoekstra; Booij, 2010).

Na literatura sobre água virtual, de acordo com Yang *et al.* (2006), a quantidade de água necessária para produzir uma unidade de cultura é medida em m³/tonelada. Já o valor inverso dessa medida representa, em tonelada/m³, a produtividade de água da cultura.

Em muitos países com escassez de água, uma quantidade crescente de alimentos está sendo importada visando ao atendimento das demandas internas. Para esses países, a importação de alimentos é, praticamente, equivalente à importação de água, que, de outra maneira, seria necessária para a produção dos alimentos em seus territórios (Yang *et al.*, 2006).

O comércio internacional de alimentos pode economizar recursos hídricos por meio das transferências de água virtual de países muito produtivos, em termos de uso de água, para outros menos produtivos. Como consequência disso, tem-se uma menor utilização de recurso hídrico por cultura (Dalin *et al.*, 2012).

As discussões sobre água virtual concentram-se, especialmente, nas questões inerentes às *commodities* agrícolas, que têm notável participação no consumo total de recursos hídricos (Yang *et al.*, 2006).

Em decorrência da carência crescente de recursos hídricos, em muitas áreas do globo, o comércio de água virtual desponta como um instrumento de política e um meio empírico, que tem recebido bastante atenção, nos últimos anos, para o atingimento do equilíbrio das provisões locais, nacionais e global de recursos hídricos. A água virtual ‘flui’, sobretudo, dos países de alta produtividade para os países de baixo rendimento de recurso hídrico, gerando uma

economia mundial quanto à utilização da água na agricultura. Fluxos em uma direção oposta conduzem a uma perda global de recursos hídricos. Por poupança de água entende-se, segundo Yang *et al.* (2006), o volume de recurso hídrico que, de outra forma, seria necessário caso o alimento fosse cultivado localmente. Vale enfatizar que o volume de economia de recurso hídrico pode variar, dependendo do nível de produtividade de água por cultura, de país para país – ou de região para região, dentro de uma mesma nação.

Não obstante que unicamente transferências de água virtual sejam improváveis para resolver as desigualdades mundiais, quanto à utilização de recursos hídricos, elas podem abrandar, segundo Dalin *et al.* (2012), em diversas circunstâncias, o problema da carência hídrica. As transferências de água virtual, agregadas ao comércio de gêneros alimentícios, têm sido empregadas para economizar água na agricultura; sendo, por conseguinte, um instrumento bastante valioso, que deve ser cada vez mais praticado. Os problemas de carência hídrica podem ser minimizados por intermédio do acréscimo na eficiência econômica de utilização de recursos hídricos, com a acomodação dos comércios regionais e global de alimentos às distribuições geográficas, quanto à fartura ou escassez desse bem natural. Em vista disso, os países ou as regiões, com carência de água, podem ampliar a segurança alimentar de seus moradores por intermédio da importação de gêneros alimentícios que demandam o uso intensivo de recurso hídrico para suas produções.

ÁGUA VIRTUAL

O conceito de água virtual foi concebido, em 1993, pelo britânico John Anthony (Tony) Allan, detentor do título de Professor Emérito da Cátedra de Geografia da *King's College London*, ao estudar a possibilidade da importação de água virtual, em oposição à substância química (água real), como um meio para solução parcial dos problemas de carência de recursos hídricos na região do Oriente Médio. Tony Allan denominou de água virtual o recurso hídrico incorporado na importação de alimentos (Yang *et al.*, 2006), ou seja, que vem embebido nas cadeias produtivas dos gêneros alimentícios. Ele imaginou a água virtual como uma ferramenta a ser usada na direção da liberação da pressão exercida sobre os escassos recursos hídricos internos disponíveis (Hoekstra, 2009) no Oriente Médio.

Bulsink, Hoekstra e Booij (2010) asseveram que a água virtual refere-se ao volume de água doce incorporado em um produto, ou seja, à quantidade de água consumida ou poluída, em todas as fases de produção.

Allan idealizou a água virtual como um instrumento econômico e uma forma alternativa de medir, por meio do comércio mundial, a distribuição global de água. Ademais, a inovação

apresentada por essa concepção foi o fato de que não se restringiu somente ao comércio de água em si; mas, sim, às transações de mercadorias que apresentam recursos hídricos “escondidos” em suas cadeias produtivas (Schendel *et al.*, 2007).

PEGADA HÍDRICA

A concepção de pegada de água foi introduzida por Hoekstra, em 2003, sendo, posteriormente, reestruturada por Hoekstra e Chapagain, em 2008 (Mekonnen; Hoekstra, 2011).

A pegada hídrica é um indicador de apropriação de consumo de água, que inclui as utilizações diretas e indiretas desse recurso natural, sendo conceituado como o volume total de água doce necessário à produção, em diversos locais do mundo e ao longo de todas as cadeias de produção, dos bens e serviços consumidos por uma pessoa ou comunidade (Wang *et al.*, 2012).

Na visão de Bulsink, Hoekstra e Booij (2010), a pegada hídrica mostra o uso da água pelos habitantes de um país, ou de uma região, em relação aos seus padrões de consumo. A pegada hídrica pode ser dividida em duas partes: dentro do país ou da região (pegada interna); e fora do país ou da região (pegada externa).

Para a determinação da pegada de água, de um produto, devem ser considerados três componentes: verde, azul e cinza. A pegada verde relaciona-se à água da chuva consumida ou evapotranspirada pela cultura (Schendel *et al.*, 2007; Mekonnen; Hoekstra, 2011). O componente azul da pegada refere-se ao volume consumido ou evapotranspirado de águas superficiais e subterrâneas, como consequência da produção de um bem. Enquanto a pegada hídrica cinza é o volume de água doce que é demandado para assimilação da carga de poluição presente, conforme padrões ambientais de qualidade de recursos hídricos (Mekonnen; Hoekstra, 2011).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estado de Pernambuco, que se localiza na porção centro-leste da Região Nordeste do Brasil e possui uma superfície de 98.148,323km², foi selecionado como área de pesquisa deste trabalho. O território pernambucano está inserido, em sua maior porção, na zona do semiárido. De acordo com o Censo Demográfico de 2010, o estado possui uma população de 8.796.448 habitantes, com densidade demográfica de 89,63 moradores por quilômetro quadrado (IBGE, 2013).

Pernambuco detém 4,6% de toda a população brasileira, sendo a sétima unidade da federação mais populosa. Os habitantes das zonas urbanas correspondem a 80,2% de toda a população estadual (Governo do Estado de Pernambuco, 2013).

As coordenadas geográficas de Pernambuco são: entre 7°15'45'' e 9°28'18'' de latitude sul e entre 34°48'35'' e 41°19'54'' de longitude oeste (IBGE, 2013).

Além disso, o estado de Pernambuco é banhado pelo Oceano Atlântico, tendo divisas com os estados da Paraíba, do Ceará, de Alagoas, da Bahia e do Piauí. Pernambuco está dividido em 185 municípios, tendo a cidade de Recife como sua capital. O arquipélago de Fernando de Noronha, que dista 500km da costa, também é parte de seu território. Mesmo sendo, em extensão territorial, um dos menores estados brasileiros, Pernambuco possui paisagens diversificadas e bem demarcadas, tais como: planaltos, serras, semiaridez no interior, brejos e praias. A maioria do relevo é linear, sendo de planície litorânea, com alguns pontos, principalmente em Recife, ao nível do mar. À proporção que se adentra para o interior, apresenta picos montanhosos que ultrapassam 1.000m de altitude (Governo do Estado de Pernambuco, 2013).

A Zona da Mata, que representa 11% da superfície estadual, localiza-se na faixa litorânea. É a região pernambucana mais desenvolvida e com maior densidade populacional; sendo marcada, geomorfologicamente, por formações onduladas (Governo do Estado de Pernambuco, 2013).

O Agreste, que engloba 19% da área do estado, apresenta altitude média de 400m, ultrapassando os 1.000m nos pontos mais elevados. É uma região intermediária entre o Sertão e a Zona da Mata, em que predominam condições de semiaridez – embora mais amenas do que as verificadas no Sertão. Em termos geológicos, a estrutura que se destaca é a cristalina, que é responsável, juntamente com o clima semiárido, por formações abruptas (pediplanos e pedimentos) (Governo do Estado de Pernambuco, 2013).

O Sertão, que representa 70% da superfície do estado, apresenta cotas altimétricas decrescentes na direção do Rio São Francisco, constituindo, em relação ao Planalto da Borborema, uma área de depressão relativa. É uma região que ocupa as porções central e ocidental de Pernambuco, sendo caracterizada pelo clima semiárido. Em termos geomorfológicos, as formações que predominam são os inselbergues, as serras e as chapadas. Estas últimas estão presentes em áreas sedimentares (Governo do Estado de Pernambuco, 2013).

A temperatura média de Recife é de 25°C, com máximas de 32°C. Já nas cidades interioranas, nos meses de maio e julho, no inverno, as temperaturas podem baixar

demasiadamente, podendo alcançar 8°C, como são os casos de Triunfo, no Sertão, e Garanhuns, no Agreste. Pernambuco possui uma vegetação muito diversificada, com manguezais, matas e cerrados, além da maciça presença da caatinga, sobretudo no Sertão (Governo do Estado de Pernambuco, 2013).

De acordo com Castro (2012), os brasileiros possuem 12% de todos os recursos hídricos disponíveis no Planeta. A Região Norte apresenta ampla disponibilidade de água e pouca demanda, em decorrência da baixa densidade demográfica. Por outro lado, a Região Nordeste, que detém, somente, 3% de toda a disponibilidade hídrica do Brasil, apresenta características adversas: baixa precipitação, elevada evapotranspiração, formação cristalina e baixo desenvolvimento econômico e social. A escassez de recursos hídricos em vastas áreas do semiárido, na maior parte do ano, compromete consideravelmente as condições de vida dos nordestinos.

O estado de Pernambuco é, segundo cálculos de Rebouças (2006), dotado de, somente, 0,164% de todo o potencial hídrico do País. A hidrografia pernambucana (Figura 1) apresenta duas vertentes: bacias que escoam para o Rio São Francisco, constituindo os rios interiores (Garças, Pontal, Brígida, Pajeú, Moxotó, Terra Nova e Ipanema, além de rios de Grupos Interiores); e bacias que escoam para o Oceano Atlântico, formando os rios litorâneos (Ipojuca, Goiana, Sirinhaém, Una, Capibaribe e Mundaú, além de rios de Grupos Litorâneos) (APAC, 2013).

O Rio São Francisco exerce um papel relevante quanto ao desenvolvimento do Sertão, uma vez que propicia o abastecimento de recursos hídricos às regiões secas (Governo do Estado de Pernambuco, 2013).

O Plano de Recursos Hídricos de Pernambuco, de 1998, dividiu o estado em 29 Unidades de Planejamento, sendo treze Bacias Hidrográficas, seis Grupos de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos (GL1 a GL6), nove Grupos de Bacias de Pequenos Rios Interiores (GI1 a GI9) e uma Bacia de Pequenos Rios componentes da rede de drenagem de Fernando de Noronha. Vale destacar que a bacia GI1 drena suas águas para dois destinos: Oceano Atlântico (Rio Paraíba) e Rio São Francisco (Riacho Traipu) (APAC, 2013).

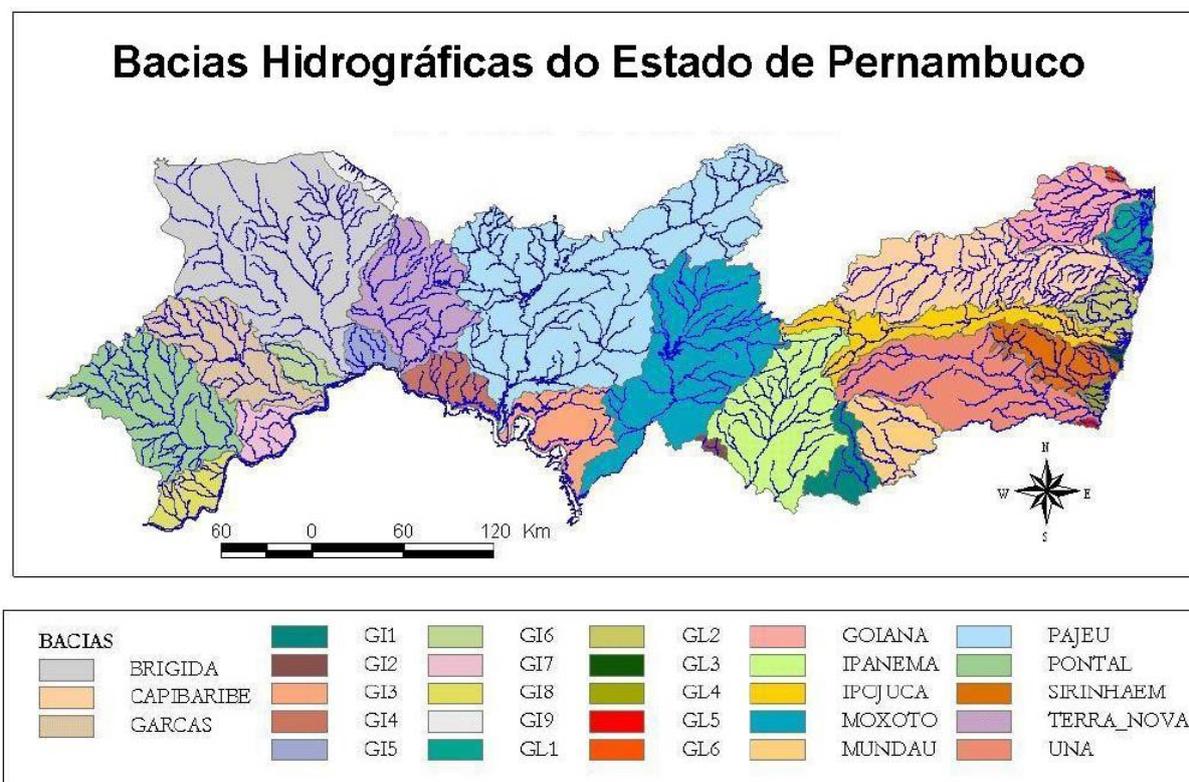
Na hidrografia pernambucana, ocorre uma grande presença de rios – sobretudo na Região Metropolitana de Recife, que conta com quatorze municípios (Governo do Estado de Pernambuco, 2013).

A maioria das grandes bacias hidrográficas pernambucanas situa-se, totalmente, dentro dos limites estaduais, com exceção das bacias dos Rios Mundaú, Una, Moxotó e Ipanema, que possuem frações de suas áreas de drenagem em Alagoas. Além dessas, existem pequenas bacias

compartilhadas com os estados de Alagoas (GL5), da Paraíba (GL6) e do Ceará (GI9) (APAC, 2013).

Existem, igualmente, diversas barragens para contenção de enchentes e abastecimento de água potável, tais como: Carpina, Tapacurá e Jucazinho (Governo do Estado de Pernambuco, 2013).

Figura 1: Mapa hidrográfico de Pernambuco



Fonte: SRHE (2013).

Dados pesquisados

Os dados das exportações do estado de Pernambuco foram obtidos da Secretaria de Comércio Exterior (Secex), do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), por intermédio do Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior (AliceWeb) – que é atualizado mensalmente, tendo por base os dados do Sistema Integrado de Comércio Exterior (Siscomex) do Brasil. Os valores exportados são apresentados em: dólar (US\$) dos Estados Unidos da América do Norte, na condição de venda *Free on Board* (FOB); e em quilograma (kg) líquido. Para a classificação de mercadorias, o AliceWeb adota, desde 1996, a Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM). As exportações correspondem às mercadorias produzidas por Pernambuco e embarcadas, sem retorno previsto, para o exterior. O país de destino é aquele conhecido, quando do despacho aduaneiro, como o último país para o qual as mercadorias são exportadas (MDIC, 2013).

Os estudos realizados por Mekonnen e Hoekstra (2010) serviram de base para obtenção do padrão de consumo da pegada hídrica por produto, em litros por quilograma, para as condições de produção do estado de Pernambuco.

Produtos selecionados

Esta pesquisa apresenta 23 dos principais produtos agrícolas que mais se destacaram, constituindo uma amostra bastante representativa, pois engloba, conforme o MDIC (2013), 46,77% de toda a pauta de exportação de Pernambuco, avaliada em dólares, de 1997 a 2010 (Tabela 1).

Tabela 1: Produtos selecionados da pauta de exportação agrícola de Pernambuco, de 1997 a 2010

NCM	Produto	Valor (US\$)	%
17011100	Açúcar de cana, em bruto	1.610.451.592	19,6856
17019900	Outros açúcares de cana, beterraba, sacarose pura	1.147.720.566	14,0293
08061000	Uvas frescas	568.453.199	6,9486
08045020	Mangas frescas ou secas	214.223.903	2,6186
08045000	Goiabas, mangas e mangostões, frescos ou secos	119.589.230	1,4618
20098000	Sucos de outras frutas, produtos hortícolas	86.144.314	1,0530
07149000	Outras raízes, tubérculos, frescos	24.040.041	0,2939
15079011	Óleo de soja, refinado	22.010.186	0,2690
08119000	Outras frutas congeladas não cozidas, cozidas	12.494.626	0,1527
08129000	Outras frutas conservadas em água salgada	6.307.881	0,0771
08071900	Melões frescos	4.348.931	0,0532
07099090	Outros produtos hortícolas, frescos ou refrigerados	2.103.952	0,0257
07031019	Outras cebolas frescas ou refrigeradas	1.234.232	0,0151
12010090	Outros grãos de soja, mesmo triturados	1.000.085	0,0122
17031000	Melaços de cana	945.554	0,0116
20091100	Sucos de laranjas, congelados, não fermentados	940.447	0,0115
23021000	Sêmeas, farelos e outros resíduos, de milho	869.053	0,0106
08055000	Limões e limas, frescos ou secos	805.744	0,0098
07096000	Pimentões e pimentas, frescos ou refrigerados	616.770	0,0075
08043000	Abacaxis frescos ou secos	406.675	0,0050
08013200	Castanha de caju, fresca ou seca, sem casca	363.558	0,0044
09041100	Pimenta "piper", seca	276.682	0,0034
07141000	Raízes de mandioca, frescas, refrigeradas ou secas	252.835	0,0031
Subtotal		3.825.600.056	46,7627
Outros produtos		4.355.273.770	53,2373
Total		8.180.873.826	100,0000

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do MDIC (2013).

Metodologia de quantificação da pegada hídrica de uma cultura

A pegada de água verde, de todo o processo de crescimento de uma cultura, é calculada por intermédio da Equação 1 (Hoekstra *et al.*, 2011).

$$WF_{green} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{green}}{Y} \quad (1)$$

Em que: WF_{green} representa a pegada de água verde (em m³/t); 10 é o fator de conversão da profundidade de recurso hídrico (em milímetros) para volume de água por superfície (em m³/ha); ET_{green} é a evapotranspiração de água verde; \sum é o somatório da ET_{green} , desde o dia do plantio até o dia da colheita (em dias); $d=1$ é a data do plantio; lgp (*length of growing period*) corresponde ao período de crescimento (em dias); e Y é a produtividade ou rendimento da cultura (em t/ha).

A pegada hídrica azul, do processo de crescimento de uma cultura, é calculada por meio da Equação 2 (Hoekstra *et al.*, 2011).

$$WF_{blue} = \frac{10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{blue}}{Y} \quad (2)$$

Em que: WF_{blue} representa a pegada hídrica azul (em m³/t); 10 é o fator de conversão da profundidade de água (em milímetros) para volume de recurso hídrico por área (em m³/ha); ET_{blue} é a evapotranspiração de água azul; \sum é o somatório da ET_{blue} , desde o dia do plantio até o dia da colheita (em dias); $d=1$ é a data do plantio; lgp é o tempo de crescimento (em dias); e Y é o rendimento da cultura (em t/ha).

A Equação 3 possibilita, para o processo de crescimento de uma cultura, a quantificação da pegada de água cinza (Hoekstra *et al.*, 2011).

$$WF_{grey} = \frac{(\alpha \times AR) / (c_{max} - c_{nat})}{Y} \quad (3)$$

Em que: WF_{grey} representa a pegada de água cinza (em m³/t); α é a fração de lixiviação; AR é a taxa de aplicação de pesticidas, fertilizantes ou inseticidas (em kg/ha); c_{max} é a concentração máxima admissível (em kg/m³); c_{nat} é a concentração natural química (em kg/m³); e Y é a produtividade da cultura (em t/ha).

A Equação 4 é utilizada para a quantificação da pegada de água total – que é igual à soma dos componentes verde, azul e cinza – do processo de crescimento de uma cultura (Hoekstra *et al.*, 2011).

$$WF_{total} = WF_{green} + WF_{blue} + WF_{grey} \quad (4)$$

A quantificação definitiva da pegada de água de um produto, em litros, é feita por meio da multiplicação do padrão de consumo da pegada hídrica, em litros por quilograma, pela quantidade exportada, em quilogramas líquidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise da Tabela 2, o volume de água necessário para a produção de um quilograma de castanha de caju, fresca ou seca, sem casca, produto de maior padrão de consumo de pegada hídrica por quilograma produzido, é 21.169,79% maior do que o volume demandado para a produção de um quilograma de abacaxi, fresco ou seco, produto de menor padrão de consumo de pegada hídrica por quilograma produzido.

Tabela 2: Padrão de consumo da pegada hídrica de produtos selecionados da pauta de exportação agrícola de Pernambuco, de 1997 a 2010

Produto	Litros/kg	Número-índice (%)
Castanha de caju, fresca ou seca, sem casca	40.838	21.269,79167
Outros produtos hortícolas, frescos ou refrigerados	9.736	5.070,83333
Óleo de soja, refinado	4.032	2.100,00000
Pimentões e pimentas, frescos ou refrigerados	2.765	1.440,10417
Pimenta "piper", seca	2.452	1.277,08333
Outros grãos de soja, mesmo triturados	2.063	1.074,47917
Sêmeas, farelos e outros resíduos, de milho	1.919	999,47917
Outros açúcares de cana, beterraba, sacarose pura	1.395	726,56250
Açúcar de cana, em bruto	1.305	679,68750
Outras frutas conservadas em água salgada	1.193	621,35417
Outras frutas congeladas não cozidas, cozidas	1.193	621,35417
Mangas frescas ou secas	1.116	581,25000
Goiabas, mangas e mangostões, frescos ou secos	1.116	581,25000
Sucos de laranjas, congelados, não fermentados	936	487,50000
Sucos de outras frutas, produtos hortícolas	812	422,91667
Limões e limas, frescos ou secos	685	356,77083
Uvas frescas	506	263,54167
Outas raízes, tubérculos, frescos	482	251,04167
Raízes de mandioca, frescas, refrigeradas ou secas	455	236,97917
Melaços de cana	412	214,58333
Outras cebolas frescas ou refrigeradas	402	209,37500
Melões frescos	249	129,68750
Abacaxis frescos ou secos	192	100,00000

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do MDIC (2013) e de Mekonnen e Hoekstra (2010).

A média aritmética anual da pegada hídrica foi de 967.776.958m³ (Tabela 3).

De acordo com a Tabela 4, o “açúcar de cana, em bruto” e os “outros açúcares de cana, beterraba, sacarose pura” lideram as exportações, no período de quatorze anos, com média aritmética anual de 904.418.254m³ de pegada de água.

Rússia, Estados Unidos e Nigéria foram, conforme informações constantes da Tabela 5, os principais compradores dos produtos selecionados, para fins desta pesquisa, respondendo por 49,08% de toda a pegada hídrica de Pernambuco.

Tabela 3: Pegada hídrica de produtos selecionados da pauta de exportação agrícola de Pernambuco, por ano, de 1997 a 2010

Ano	Pegada hídrica			Variação anual (%)	
	Volume (m ³)	%	% acumulada	Simple	Acumulada
1997	940.865.881	6,94	6,94		
1998	925.201.501	6,83	13,77	-1,66	-1,66
1999	781.369.752	5,77	19,54	-15,55	-16,95
2000	484.432.222	3,58	23,12	-38,00	-48,51
2001	922.301.816	6,81	29,92	90,39	-1,97
2002	856.158.530	6,32	36,24	-7,17	-9,00
2003	733.320.490	5,41	41,65	-14,35	-22,06
2004	1.169.237.325	8,63	50,28	59,44	24,27
2005	1.088.333.695	8,03	58,32	-6,92	15,67
2006	881.588.225	6,51	64,82	-19,00	-6,30
2007	961.240.650	7,09	71,92	9,04	2,17
2008	1.289.116.302	9,51	81,43	34,11	37,01
2009	1.198.860.676	8,85	90,28	-7,00	27,42
2010	1.316.850.353	9,72	100,00	9,84	39,96
Total	13.548.877.418	100,00			

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do MDIC (2013) e de Mekonnen e Hoekstra (2010).

A Rússia, que é rica em potencial hídrico e com moderado nível de uso (Tabela 6), foi responsável pela maior pegada hídrica do período estudado (Tabela 5). Dessa forma, essa nação poupou água virtual, adquirindo-a, indiretamente, de Pernambuco. Vale lembrar que a Sibéria, que pertence à Rússia, foi classificada, conforme consta da Tabela 6, como muito rica e com muito alto nível de uso de recursos hídricos.

A Tunísia foi o quarto maior importador de água virtual (Tabela 5). Esse país, que é muito pobre de potencial hídrico e com nível baixo de uso de água (Tabela 6), economizou recurso hídrico, comprando-o virtualmente dos pernambucanos.

Enquanto a Síria, que possui suficiente potencial hídrico e nível moderado de uso de água (Tabela 6), foi o quinto maior comprador de água virtual dos pernambucanos (Tabela 5). A pegada hídrica da cadeia produtiva da *commodity* açúcar de cana, em bruto, produto que mais consumiu água virtual, decresceu 4,20% (Figura 2), de janeiro de 1997 (133.413.313m³) a dezembro de 2010 (127.805.692m³).

A Rússia e os Estados Unidos da América foram responsáveis, de acordo com a Tabela 7, por 5.172.952.953m³ da pegada hídrica da *commodity* açúcar de cana, em bruto – que foi exportada para 46 países –, o que corresponde a 68,97% da pauta dessa mercadoria.

Tabela 4: Pegada hídrica de produtos selecionados da pauta de exportação agrícola de Pernambuco, por produto, de 1997 a 2010

Produto	Volume (m ³)	%	Acumulado (m ³)	% acum.
Açúcar de cana, em bruto	7.499.668.855	55,353	7.499.668.855	55,353
Açúcares de cana, beterraba	5.162.186.699	38,100	12.661.855.554	93,453
Mangas frescas ou secas	308.388.702	2,276	12.970.244.255	95,729
Goiabas, mangas e mangostões	237.487.956	1,753	13.207.732.211	97,482
Uvas frescas	147.369.465	1,088	13.355.101.676	98,570
Óleo de soja, refinado	89.657.633	0,662	13.444.759.308	99,232
Produtos hortícolas	21.574.411	0,159	13.466.333.720	99,391
Sucos de frutas, produtos hortícolas	21.427.957	0,158	13.487.761.677	99,549
Frutas congeladas não cozidas/coz.	13.399.215	0,099	13.501.160.892	99,648
Raízes e tubérculos	12.172.276	0,090	13.513.333.168	99,738
Grãos de soja, triturados	8.864.030	0,065	13.522.197.199	99,803
Frutas conservadas em água salgada	5.874.231	0,043	13.528.071.429	99,846
Melaços de cana	5.858.166	0,043	13.533.929.596	99,890
Sêneas, farelos e resíduos, de milho	4.620.998	0,034	13.538.550.594	99,924
Melões frescos	2.886.132	0,021	13.541.436.725	99,945
Cebolas frescas ou refrigeradas	2.709.641	0,020	13.544.146.366	99,965
Castanha de caju, sem casca	1.800.098	0,013	13.545.946.464	99,978
Pimentões e pimentas	1.310.922	0,010	13.547.257.387	99,988
Limões e limas, frescos ou secos	650.038	0,005	13.547.907.424	99,993
Sucos de laranjas, não fermentados	482.461	0,004	13.548.389.885	99,996
Pimenta "piper", seca	177.226	0,001	13.548.567.111	99,998
Abacaxis frescos ou secos	166.340	0,001	13.548.733.451	99,999
Raízes de mandioca	143.967	0,001	13.548.877.418	100,000
Total	13.548.877.418	100,000		

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do MDIC (2013) e de Mekonnen e Hoekstra (2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em consequência do cálculo realizado por este estudo, nos quatorze anos pesquisados e para os produtos selecionados, a pegada hídrica corresponde a 26,88 vezes o volume máximo de armazenamento do Açude Engenheiro Francisco Saboia (Poço da Cruz) – maior reservatório de Pernambuco –, que é, conforme a SRHE (2013), de 504.000.000m³ de água.

Como esse valor da pegada de água para exportação foi muito expressivo – o que torna os recursos hídricos de Pernambuco, cada vez mais, raros –, os gestores da área de águas devem analisar o quadro exposto, por este estudo, para tomar decisões com a finalidade de diminuir a quantidade de recurso hídrico utilizada nas cadeias de produção das *commodities* exportáveis. Esse estado nordestino apresenta grandes problemas de escassez hídrica, em decorrência de estar localizado no Polígono das Secas.

Tabela 5: Pegada hídrica de produtos selecionados da pauta de exportação agrícola de Pernambuco, por país de destino, de 1997 a 2010

País	Volume (m ³)	%	País	Volume (m ³)	%
Rússia	3.955.956.742	29,20	Somália	59.375.250	0,44
EUA	1.425.605.676	10,52	Angola	54.843.540	0,40
Nigéria	1.268.152.496	9,36	Mauritânia	54.181.103	0,40
Tunísia	619.810.566	4,57	Chile	53.239.265	0,39
Síria	609.719.348	4,50	Sudão	52.312.500	0,39
Venezuela	484.169.280	3,57	Japão	51.740.337	0,38
Gana	424.284.379	3,13	Marrocos	51.461.347	0,38
Holanda	370.098.532	2,73	Rep. Dominicana	49.583.160	0,37
Líbia	354.618.180	2,62	Guiné	48.127.500	0,36
Portugal	327.477.684	2,42	Albânia	46.189.845	0,34
Iraque	296.972.831	2,19	Líbano	43.954.642	0,32
Argélia	285.300.985	2,11	México	41.678.415	0,31
Bulgária	194.293.860	1,43	Israel	39.799.465	0,29
Irã	194.106.285	1,43	África do Sul	39.447.042	0,29
Canadá	186.132.393	1,37	Macedônia	38.974.500	0,29
Egito	166.436.857	1,23	Etiópia	38.815.875	0,29
Croácia	147.554.202	1,09	Costa do Marfim	36.374.625	0,27
Espanha	133.748.875	0,99	Cuba	32.140.800	0,24
Reino Unido	106.026.419	0,78	Haiti	32.135.940	0,24
Turquia	92.498.265	0,68	Filipinas	30.875.535	0,23
Iêmen	91.371.105	0,67	Grécia	30.282.840	0,22
Índia	85.773.861	0,63	Sri Lanka	30.093.390	0,22
Geórgia	80.213.490	0,59	Emir. Árab. Unid.	28.792.497	0,21
Romênia	75.783.151	0,56	Coréia do Sul	27.405.000	0,20
Trin. e Tobago	69.507.855	0,51	Lituânia	27.001.395	0,20
Gâmbia	67.040.352	0,49	Outros países	397.397.939	2,93
Subtotal	12.112.653.670	89,40	Total	13.548.877.418	100,00

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do MDIC (2013) e de Mekonnen e Hoekstra (2010).

Outro ponto importante, que deve ser levado em consideração pelas autoridades governamentais, para a manutenção da sustentabilidade da vida na Terra, é que a agricultura para exportação também ocasiona a poluição dos mananciais.

A redução da pegada hídrica de uma cultura pode ser alcançada por meio da adoção de técnicas produtivas que utilizem menos água, por quilograma produzido, ou pela substituição de culturas que apresentam alto padrão de consumo por outras de menor demanda de recurso hídrico e, também, de maior valor agregado, em termos econômicos (Castro, 2012).

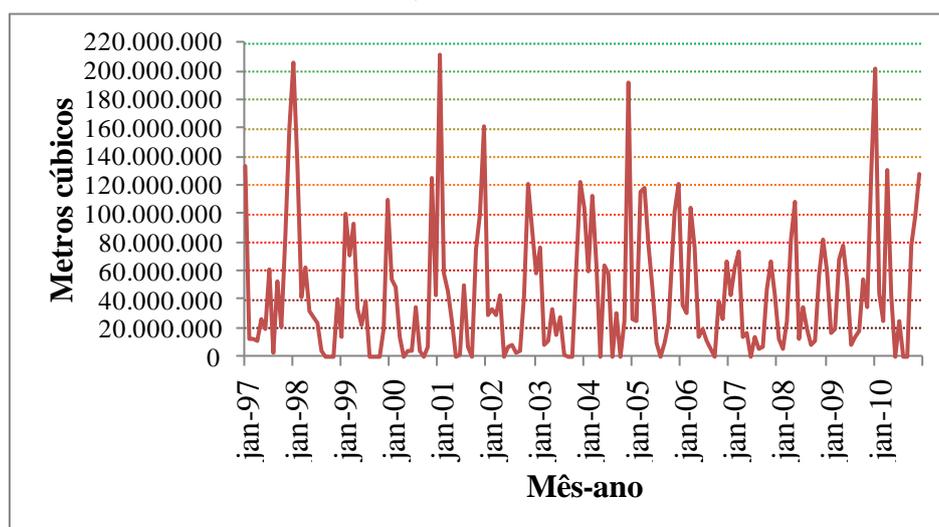
Outra forma de diminuição da pegada de água é por intermédio do aumento de preço do recurso hídrico destinado à agricultura, o que pode provocar a redução da demanda e a consequente utilização mais sustentável e eficiente desse bem natural.

Tabela 6: Disponibilidade Hídrica (D.H.) e Nível de Uso (N.U.), medidos em m³/habitante/ano, de diversos

D.H. N.U.	Muito pobre <500	Pobre 500–1000	Região 1000–2000	Suficiente 2000–10000	Rico 10000–100000	Muito rico >100000
Muito baixo <100	Bahamas, Cingapura, Malta.	Quênia.	Burkina Faso, Etiópia.	Costa do Marfim, Gana, Nigéria, Tanzânia.	Angola, Camarões, Chade, Congo, Indonésia, Vietnã, Zaire.	Gabão, Papua.
Baixo 100–500	Argélia, Emirados Árabes, Gaza, Iêmen, Israel, Jordânia, Catar, Tunísia.	Cabo Verde.	África do Sul, Haiti, Líbano, Marrocos, Omã, Polónia, Rep. Tcheca, Senegal, Somália, Zimbábue.	Belarus, China.	Áustria, Bangladesh, Bolívia, BRASIL, Colômbia, Mali, Suécia, Venezuela.	Guiana Francesa, Islândia.
Moderado 500–1000	Arábia Saudita, Líbia.		Bélgica, Chipre, Ucrânia.	Alemanha, Cuba, Espanha, França, Holanda, Índia, Itália, Japão, México, Peru, Síria, Sudão, Suíça, Inglaterra, Turquia.	Abânia, Iugoslávia, Malásia, Nova Zelândia, Rússia.	
Alto 1000–2000		Egito.	Paquistão.	Afganistão Bulgária, EUA, Filipinas, Irã.	Argentina, Austrália, Canadá, Chile, Madagascar.	
Muito alto >2000		EUA (Baixo Colorado).		Azerbaijão, Cazaquistão, Iraque, Uzbequistão.	Turquistão, EUA (Colorado).	Sibéria (Rússia), Suriname.

Fonte: Margat (1998 *apud* REBOUÇAS, 2006).

Figura 2: Pegada hídrica da commodity açúcar de cana, em bruto, da pauta de exportação de Pernambuco, por mês, de 1997 a 2010



Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do MDIC (2013) e de Mekonnen e Hoekstra (2010).

Tabela 7: Pegada hídrica do açúcar de cana, em bruto, da pauta de exportação de Pernambuco, por país de destino, de 1997 a 2010

País	Volume (m ³)	%	País	Volume (m ³)	%
Rússia	3.944.989.706	52,60	Jamaica	20.518.515	0,2736
EUA	1.227.963.247	16,37	Somália	19.966.500	0,2662
Tunísia	351.757.131	4,69	Sri Lanka	19.614.150	0,2615
Portugal	301.259.991	4,02	Macedônia	19.444.500	0,2593
Bulgária	194.143.200	2,59	Uruguai	19.183.500	0,2558
Canadá	160.319.665	2,14	Líbia	17.748.000	0,2367
Venezuela	145.750.230	1,94	Haiti	12.368.790	0,1649
Argélia	135.960.655	1,81	Reino Unido	10.981.079	0,1464
Croácia	118.909.272	1,59	Congo	10.440.000	0,1392
Espanha	93.413.457	1,25	Angola	9.788.675	0,1305
Irã	91.806.750	1,22	Itália	8.482.500	0,1131
Romênia	75.783.151	1,01	Belarus	8.021.952	0,1070
Trin. e Tobago	68.542.515	0,91	Congo	7.177.500	0,0957
Egito	51.070.357	0,68	Quênia	5.872.500	0,0783
Síria	50.555.778	0,67	Holanda	5.460.120	0,0728
Japão	49.590.000	0,66	Nigéria	2.227.661	0,0297
Rep. Dominic.	41.760.000	0,56	Suriname	1.572.525	0,0210
Marrocos	38.450.461	0,51	Santa Lúcia	1.363.725	0,0182
Índia	36.036.531	0,48	Equador	1.286.730	0,0172
Geórgia	35.626.500	0,48	Tanzânia	391.500	0,0052
Grécia	29.529.540	0,39	Ant. e Barbuda	276.660	0,0037
Coréia do Sul	27.405.000	0,37	Suécia	68.408	0,0009
Lituânia	26.756.298	0,36	Israel	33.930	0,0005
Subtotal	7.297.379.435	97,30	Total	7.499.668.855	100,0000

Fonte: Elaboração do autor, a partir de dados do MDIC (2013) e de Mekonnen e Hoekstra (2010).

REFERÊNCIAS

- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima. Bacias hidrográficas. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5>. Acesso em: 5 mar. 2013.
- 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, European Geosciences Union*, v. 14, n. 1, p. 119-128, jan. 2010.
- CASTRO, C. N. Gestão das águas: experiências internacional e brasileira. Textos para discussão, n. 1477. Brasília: IPEA, 2012.
- DALIN, C.; KONAR, M.; HANASAKI, N.; RINALDO, A.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. Evolution of the global virtual water trade network. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) of the United States of America, EUA*, v. 109, n. 16, p. 5989-5994, abr. 2012.
- ERCIN, A. E.; ALDAYA, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The water footprint of soy milk and soy burger and equivalent animal products. *Ecological Indicators*, n. 18, p. 392-402, Elsevier, dez. 2012.
- FADER, M.; GERTEN, D.; THAMMER, M.; HEINKE, J.; LOTZE-CAMPEN, H., LUCHT, W.; CRAMER, W. Internal and external green-blue agricultural water footprints of nations, and related water and land savings through trade. *Hydrology and Earth System Sciences, European Geosciences Union*, v. 15, n. 5, p. 1641-1660, maio 2011.
- GLEICK, P. H. The changing water paradigm: a look at twenty-first century water resources development. *Water International, International Water Resources Association*, v. 25, n. 1, p. 127-138, mar. 2000.
- GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Geografia de Pernambuco. Disponível em: <<http://www.pe.gov.br/conheca/geografia/>>. Acesso em: 27 fev. 2013.
- HOEKSTRA, A. Y. Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. *Ecological Economics, Elsevier*, n. 68, p. 1963-1974, 2009.
- HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. The water footprint assessment manual: setting the global standard. London/Washington: Earthscan, 2011.
- HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M. The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) of the United States of America, EUA*, v. 109, n. 9, p. 3232-3237, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estados@. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pe>>. Acesso em: 28 fev. 2013.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products: appendices. *Value of Water Research Report Series, Delft, Holanda, UNESCO-IHE*, v. 2, n. 47, dez. 2010.

_____. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, European Geosciences Union, v. 15, n. 5, p. 1577-1600, maio 2011.

MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Comércio Exterior. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/index.php?area=5>>. Acesso em: 22 fev. 2013.

PERRY, C. Efficient irrigation; inefficient communication; flawed recommendations. *Irrigation and Drainage*, v. 56, p. 367-378, 2007.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B. B.; TUNDISI, J. G. (Org.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

SCHENDEL, E. K.; MACDONALD, J. R.; SCHREIER, H.; LAVKULICH, L. M. Virtual water: a framework for comparative regional resource assessment. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, Imperial College Press, v. 9, n. 3, p. 341-355, 2007.

SHIKLOMANOV, I. A. Appraisal and assessment of world water resources. *Water International*, v. 25, n. 1, p. 11-32, mar. 2000.

SRHE. Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos. Governo do Estado de Pernambuco. Bacia hidrográfica. Disponível em: <http://www.srhe.pe.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=400:bacia-hidrografica&catid=42:documentos&Itemid=75>. Acesso em: 22 fev. 2013.

SUWEIS, S.; RINALDO, A.; MARITAN, A.; D'ODORICO, P. Water-controlled wealth of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) of the United States of America*, Early Edition, EUA, jan. 2012.

VÖRÖSMARTY, C. J.; MCINTYRE, P. B.; GESSNER, M. O.; DUDGEON, D.; PRUSEVICH, A.; GREEN, P.; GLIDDEN, S.; BUNN, S. E., SULLIVAN, C. A.; LIERMANN, C. R.; DAVIES, P. M. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, New York, v. 467, p. 555-561, set. 2010.

WANG, L.; LIU, J.; SUN, G.; WEI, X.; LIU, S.; DONG, Q. Preface "Water, climate, and vegetation: ecohydrology in a changing world". *Hydrology and Earth System Sciences*, European Geosciences Union, v. 16, n. 12, p. 4633-4636, dez. 2012.

YANG, H.; WANG, L.; ABBASPOUR, K. C.; ZEHNDER, A. J. B. Virtual water trade: an assessment of water use efficiency in the international food trade. *Hydrology and Earth System Sciences*, European Geosciences Union, v. 10, n. 3, p. 443-454, jun. 2006.