

## **Pegada Hídrica como indicador de sustentabilidade: análise dos principais produtos agrícolas exportados pelo estado do Ceará**

Rodolfo José Sabiá (Universidade Regional do Cariri - URCA)

e-mail: rodolfo.sabia@urca.br

Thais Aparecida Ribeiro Clementino (Universidade Regional do Cariri - URCA)

e-mail: thais19ribeiro@gmail.com

Caio Vinicius de Araujo Ferreira Gomes (Universidade Regional do Cariri - URCA)

e-mail: caiovinciusa2@gmail.com

### **Resumo**

O uso de indicadores de sustentabilidade foi gradativamente ganhando o seu espaço para a gestão dos recursos hídricos das nações. A pegada hídrica é uma ferramenta abrangente para a avaliação da sustentabilidade no uso da água, pois quantifica o volume de água utilizado para a produção dos produtos de um determinado país, estado ou região geográfica. Dessa maneira, é possível avaliar se o consumo da água não excede os limites máximos de água doce disponíveis. O Brasil contempla 12% de reservas mundiais de água doce distribuídas de forma não uniforme nas regiões brasileiras. Nessa perspectiva, o trabalho aborda a aplicabilidade da pegada hídrica verde, azul e cinza no consumo de água direta e indireta embutida nos principais produtos agrícolas exportados pelo estado do Ceará em 2019, por se tratar de uma região localizada em um contexto de baixa disponibilidade hídrica e que o uso de indicadores de sustentabilidade auxilia no melhor gerenciamento da água disponível.

**Palavras-Chaves:** Pegada Hídrica; Sustentabilidade; Ceará; Agricultura

### **1. Introdução**

No contexto mundial, sabe-se que a água é o recurso natural indispensável para a sobrevivência dos seres vivos, ramificando esse conceito geral quando se considera a dependência também para o desenvolvimento comercial e econômico das nações através da água. A distribuição de água doce mundial se caracteriza de forma irregular para os seis continentes do planeta. De acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA (2013), o Brasil tem aproximadamente 12% do volume total de água doce disponível no mundo, representando assim, uma generosa reserva de água. Entretanto, a distribuição desse volume de água doce não é uniforme, se concentrando a maior parte desse volume na região norte do país e com o volume mínimo para a região nordeste brasileira, com aproximadamente 3% do total de água disponível no país.

Com o crescimento populacional no Brasil, o consumo de água aumenta, assim como pela demanda comercial da água, nos processos de produção dos diversos setores comerciais. Dessa maneira, faz-se necessário o uso de ferramentas e indicadores de sustentabilidade que auxiliem na melhor gerência dos recursos hídricos disponíveis para a nação.

As bacias localizadas em regiões de baixa disponibilidade hídrica (por exemplo, semiárido) e grande consumo (próximas aos grandes centros urbanos) passam por situações de escassez e de estresse hídrico, o que torna imprescindível que intensas atividades de planejamento e gestão dos recursos hídricos sejam desenvolvidas (Beux e Júnior, 2013).

A partir da preocupação com o uso e apropriação de água nos diversos processos produtivos e consumo humano, a pegada hídrica surge como um indicador de relação entre o consumo humano e o uso da água direta e indireta. Dessa maneira, o melhor entendimento e preocupação com o indicador pegada hídrica serve como auxílio para o melhor gerenciamento dos recursos hídricos, pois indicará todo o volume de água indireta (oculto) presente nos mais diversos produtos. Nessa perspectiva, o trabalho tem por objetivo analisar e contabilizar a pegada hídrica dos principais produtos agrícolas exportados pelo estado do Ceará no ano de 2019. O motivo de escolha de utilizar apenas os produtos de origem primária se deu devido o setor da agricultura ser a categoria que mais consome água direta e indireta nos processos de plantio e cultivo.

## **2. Referencial teórico**

### **2.1 Conceito de pegada hídrica e sua importância**

As atividades humanas consomem e poluem uma grande quantidade de água. Em uma escala global, a maior parte do uso da água ocorre na produção agrícola, mas há também volumes substanciais de água consumida e poluída pelos setores industriais e domésticos (WWAP, 2009). Tem-se prestado pouca atenção ao fato de que, no final, o total de consumo de água e geração de poluição está relacionado com o quê e quanto certas comunidades consomem e à estrutura da economia global que fornece os diversos bens de consumo e serviços (HOEKSTRA et al., 2011).

No início de 1990 o conceito de pegada ecológica (PE) foi introduzido como medida da apropriação humana das áreas biologicamente produtivas por William Rees e Mathis Wackernagel (Rees, 1992; 1996; Wackernagel et al., 2004). Cerca de dez anos depois Hoekstra & Huang (2002) lançaram um conceito similar denominada pegada hídrica (PH) para medir a

apropriação humana da água doce no globo. Muito embora ambos os conceitos tenham raízes e métodos de medição diferentes, em alguns aspectos os dois conceitos os têm em comum pois traduzem o uso de recursos naturais pela humanidade (Hoekstra, 2009). A PE expressa o uso de espaço (hectares) enquanto a PH mede o uso total de recursos de água doce (em metros cúbicos por ano) (SILVA et al., 2013).

A pegada hídrica é um indicador do uso da água que considera não apenas o seu uso direto por um consumidor ou produtor, mas, também, seu uso indireto. A pegada hídrica pode ser considerada como um indicador abrangente da apropriação de recursos hídricos, vis a vis ao conceito tradicional e restrito de captação de água. A pegada hídrica de um produto é o volume de água utilizado para produzi-lo, medida ao longo de toda cadeia produtiva (HOEKSTRA et al., 2011).

A avaliação da pegada hídrica é uma ferramenta analítica que pode auxiliar na compreensão sobre como atividades e produtos interagem com a escassez e a poluição da água e seus impactos relacionados e o que pode ser feito para assegurar que atividades e produtos não contribuam para o uso não sustentável dos recursos hídricos (HOEKSTRA et al., 2011).

## **2.2 Pegada hídrica azul, verde e cinza**

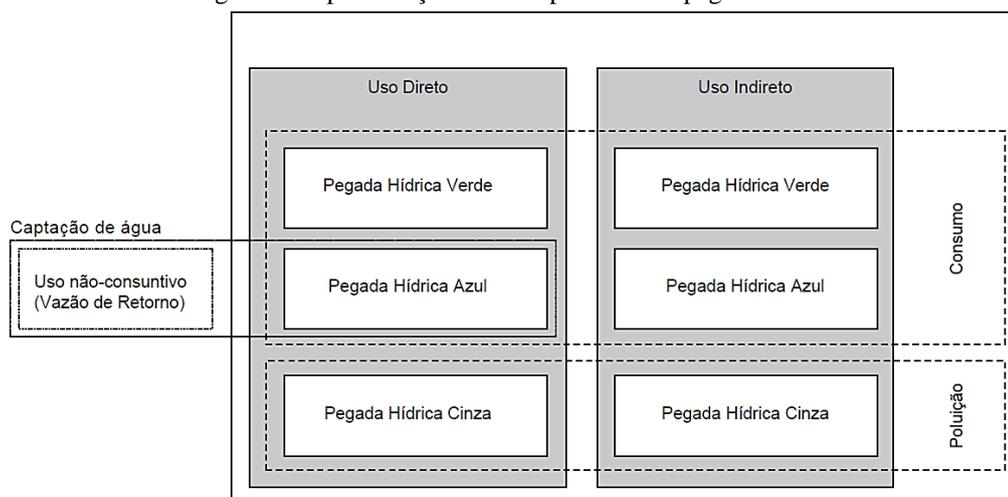
Segundo Hoekstra (2011), a pegada hídrica azul é um indicador do uso consuntivo da chamada água azul; em outras palavras, a água doce superficial ou subterrânea. O termo “uso consuntivo da água” pode se referir a quatro casos distintos: quando a água evapora, quando a água é incorporada ao produto, quando a água não retorna à mesma bacia hidrográfica, mas sim escoar para outra bacia ou para o oceano e quando a água não retorna no mesmo período; por exemplo, quando é retirada em um período de seca e retorna em um período de chuvas.

A pegada hídrica verde é um indicador do uso da água verde por parte do homem. A água verde refere-se à precipitação no continente que não escoar ou não repõe a água subterrânea, mas é armazenada no solo ou permanece temporariamente na superfície do solo ou na vegetação. Eventualmente, essa parte da precipitação evapora ou é transpirada pelas plantas. A água verde pode ser produtiva para o desenvolvimento das culturas (mas nem toda água verde pode ser absorvida pelas culturas, pois sempre haverá evaporação de água do solo e porque nem todas as áreas e nem todos os períodos do ano são adequados para o crescimento de culturas). A

pegada hídrica verde é o volume da água da chuva consumido durante o processo de produção (HOEKSTRA et al., 2011).

Por fim, a pegada hídrica cinza se refere ao volume de água necessário para assimilar efluentes, ou seja, o volume de água necessário para diluir os poluentes de modo que a qualidade da água em seu estado natural seja mantida acima dos padrões mínimos de qualidade da água aceitáveis (HOEKSTRA et al., 2011).

Figura 1: Representação dos componentes da pegada hídrica



Fonte: Hoekstra et al. (2011)

### 2.3 Aplicação da pegada hídrica

Durante um período de tempo, seja ele anual, semestral ou mensal, as diversas nações irão consumir direta e indiretamente um volume de água necessário para as diversas atividades de uso doméstico, comercial e industrial que será retirada do volume de água doce disponível no país. Assim, o uso do indicador pegada hídrica auxilia a contabilizar o volume de água retirado de sua reserva de água doce, ou seja, o volume de água retirado de suas respectivas bacias hidrográficas. Segundo Hoekstra et al. (2011), comparar a pegada hídrica calculada com a disponibilidade efetiva de água doce é parte da avaliação de sustentabilidade da pegada hídrica.

A pegada hídrica dentro de uma área geográfica é definida como sendo o consumo total de água doce e de poluição dentro dos limites espaciais da área. É crucial definir claramente os limites da área considerada. A área pode ser uma área de drenagem, uma bacia hidrográfica, um estado, um país ou qualquer outra unidade espacial administrativa ou hidrológica. A pegada hídrica dentro de uma área delimitada geograficamente é calculada através da soma das pegadas hídricas de processo de todos os processos que utilizam água na área (HOEKSTRA et al., 2011).

Da perspectiva da proteção dos recursos hídricos dentro de uma determinada área - principalmente quando a área apresenta escassez de água - é interessante saber qual a quantidade de água utilizada na área para a produção de produtos de exportação e a quantidade de água importada na forma virtual (na forma de produtos de uso intensivo de água), para que não seja necessário produzi-los dentro da área. Em outras palavras é interessante conhecer o “balanço de água virtual” de uma área (HOEKSTRA et al., 2011).

### 3. Materiais e métodos

#### 3.1 Exportação do estado do Ceará

O estado do Ceará, localizado no Nordeste Brasileiro, apresentou um total de US\$ 2,26 bilhões em exportações e US\$2,36 bilhões em importações de acordo com o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços - MDIC no ano de 2019. Os produtos exportados e importados por todos os estados do Brasil são divididos em produtos básicos, manufaturados e semimanufaturados. A plataforma MDIC é um órgão integrante do governo que divulga e quantifica todos os produtos importados e exportados pelo Brasil de forma online. Dessa maneira, como o foco do trabalho é sobre avaliação do fluxo de água virtual e pegada hídrica dos principais produtos agrícolas exportados pelo estado do Ceará, foram-se retiradas todas as informações relevantes sobre os produtos de origem primária exportados pelo estado no ano de 2019, disponibilizados pela plataforma.

Nessa perspectiva, os principais produtos importados e exportados pelo Ceará foram separados em ordem decrescente de acordo com a quantidade, em toneladas, extraindo-se um total de sete (7) produtos básicos exportados.

Tabela 1: Principais produtos básicos exportados pelo Ceará em 2019

<i>Colocação</i>	<i>Produtos básicos</i>	<i>Participação nacional</i>	<i>Quantidade (toneladas)</i>
1°	Castanha de caju	82,40%	13.941,07
3°	Melões frescos	25,90%	65.175,20
8°	Bananas frescas ou secas	33,30%	26.439,06
11°	Goiabas, mangas e mangostões frescos	0,70%	1.554,88
12°	Milho em grãos	0,014%	6.055,57
14°	Mamões (papaias) frescos	1,22%	528,28
16°	Mate	0,33%	117,96

Fonte: Adaptado do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC (2020)

A triagem para se obter apenas os sete produtos básicos se deu por conta de o presente estudo estar focado apenas na pegada hídrica dos produtos de origem primária, não se adentrando nas demais categorias de produtos, havendo, entretanto, todos os demais produtos básicos, manufaturados e semimanufaturados exportados e importados pelo estado com seus respectivos volumes em massa e participação na economia nacional.

### 3.2 Pegada hídrica dos produtos agrícolas

O setor da agricultura é o maior consumidor de água, apresentando pegadas hídricas significativamente relevantes e analisar os produtos de origem agrícola é importante para quantificar os fluxos de água direta e indireta contidas nesses produtos. Nesse contexto, a pegada hídrica verde, azul e cinza estão embutidas no cálculo de cada produto agrícola exportado pelo estado do Ceará. Os dados da pegada hídrica de cada produto foram utilizados pelos dados calculados por Mekonnen e Hoekstra (2011), representando os valores da pegada hídrica por produto, como indicado abaixo:

Tabela 2: Pegada hídrica do produto

<i>Produtos</i>	<i>Pegada hídrica do produto (m<sup>3</sup>/t)</i>
<i>Castanha de caju</i>	14.218
<i>Melão</i>	235
<i>Banana</i>	790
<i>Goiabas, mangas e mangostões</i>	1.800
<i>Milho em grãos</i>	1.222
<i>Mamões (papaías)</i>	460
<i>Mate</i>	288

Fonte: Adaptado de Hoekstra et al. (2011)

De maneira clara e objetiva, a pegada hídrica de um processo de cultivo de uma determinada cultura será dada pelo somatório do volume de água azul, verde e cinza utilizado no processo de desenvolvimento da cultura. Logo:

$$PH_{PROC} = PH_{VERDE} + PH_{AZUL} + PH_{CINZA} [volume/massa], Hoekstra et al., 2011$$

### 3.3 Cálculo da pegada hídrica de exportação

O cálculo da pegada hídrica presente no trabalho representa o volume de água contida nos produtos agrícolas exportados pelo estado do Ceará e sua unidade é dada em metros cúbicos (m<sup>3</sup>). Como o período analisado foi de um ano, podemos indicar que a pegada hídrica de exportação será representada pelo volume de água exportada direta e indiretamente pelo estado

do Ceará em um período de um ano (m<sup>3</sup>/ano). A fórmula abaixo indica a equação para o seu cálculo:

$$PH_{EXPORTAÇÃO} = PH_{PROD} \times Qtd_{PROD}$$

Onde:

- $PH_{EXPORTAÇÃO}$  = pegada hídrica de exportação, em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);
- $Qtd_{PROD}$  = volume em massa do produto exportado, em toneladas (t);
- $PH_{PROD}$  = pegada hídrica do produto, em m<sup>3</sup>/t (Hoekstra et al., 2011).

É importante ressaltar que na etapa do cálculo da pegada hídrica de exportação todo o volume de água foi retirado se suas respectivas bacias hidrográficas para suprir a total demanda de água embutida em todos os produtos exportados pelo estado em análise. Outro ponto a ser observado é de que o cálculo da pegada hídrica é analisado para o estado do Ceará, classificando-a assim, como a pegada hídrica de uma área delimitada geograficamente.

#### 4. Resultados

As pegadas hídricas calculadas dos produtos agrícolas exportados pelo estado do Ceará representaram um volume de 244.892.892,1 m<sup>3</sup> ao longo do ano de 2019, ver tabela 3.

Tabela 3: Pegada hídrica dos produtos agrícolas exportados pelo Ceará em 2019

<i>Produtos básicos</i>	<i>Pegada hídrica de exportação (m<sup>3</sup>/ano)</i>
<i>Castanha de caju</i>	198.214.200,4
<i>Melões frescos</i>	15.316.172,07
<i>Bananas frescas ou secas</i>	20.886.855,67
<i>Goiabas, mangas e mangostões frescos</i>	2.798.783,82
<i>Milho em grãos</i>	7.399.901,33
<i>Mamões (papias) frescos</i>	243.007,40
<i>Mate</i>	33.971,39

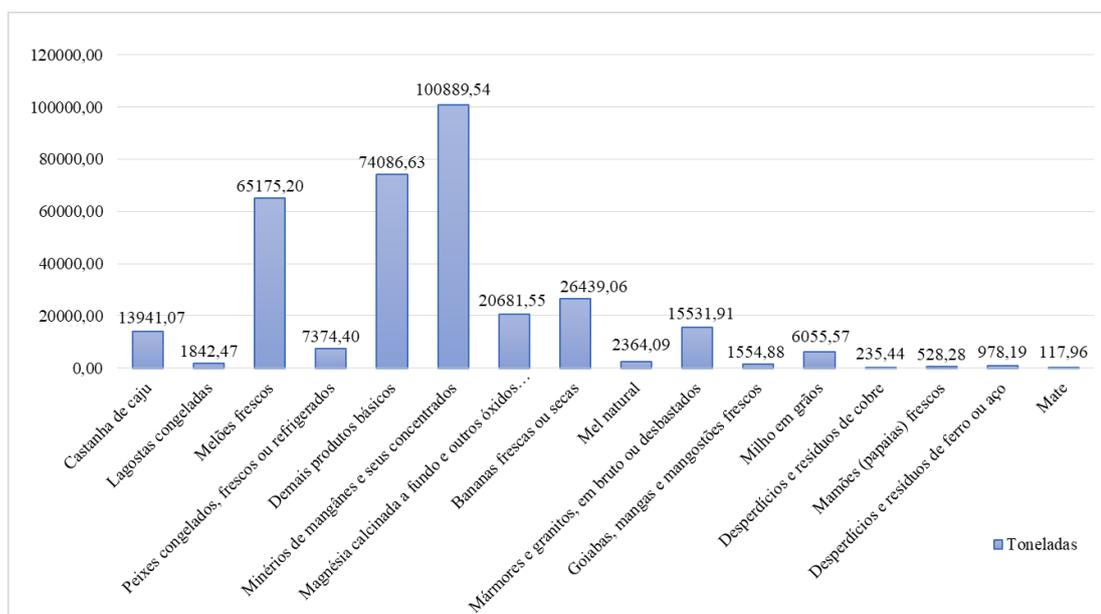
Fonte: Adaptado de Hoekstra (2011) e Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC (2020)

A castanha de caju foi o principal produto exportado pelo estado do Ceará em 2019, representando uma participação nacional de 82,4% em exportações desse produto, obtendo-se também a maior pegada hídrica calculada dentre os sete produtos analisados.

Outro ponto a ser demonstrado é que as pegadas hídricas dos sete produtos de origem agrícolas calculados no presente trabalho representam 33,7% do volume total exportado em produtos

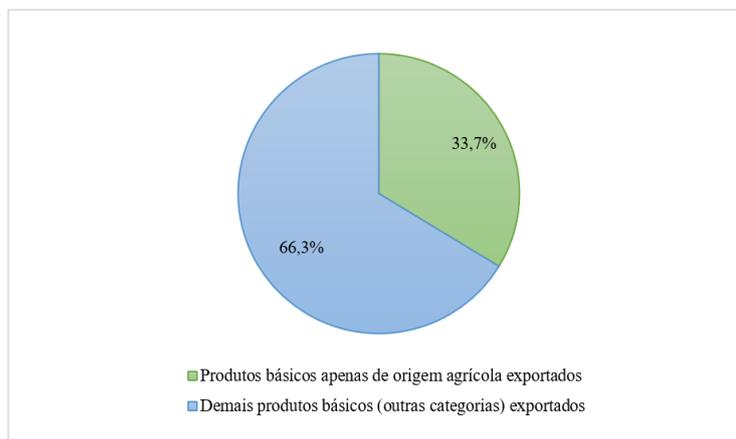
básicos, em toneladas, do estado do Ceará. Nessa perspectiva, os 66,3% restantes representam os demais produtos básicos de origem animal, mineral ou que passou por etapas de processamento mais incorporadas, fora da categoria de desenvolvimento de culturas, plantio e cultivo, ver gráfico 1 e 2.

Gráfico 1: Volume, em toneladas, dos principais produtos básicos exportados pelo Ceará, em 2019



Fonte: Adaptado do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC (2020)

Gráfico 2: Relação do volume (em toneladas) dos produtos agrícolas em relação ao total de produtos básicos exportados pelo Ceará, em 2019



Fonte: Adaptado do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC (2020)

Do ponto de vista do setor da agricultura é possível observar que com um volume total de 244.892.892,1 m<sup>3</sup>/ano de água incorporada nos produtos agrícolas, é importante demonstrar a relevância do cálculo da pegada hídrica verde, azul e cinza embutida nesses produtos, já que a contabilização de água indireta passa despercebida e muitas vezes não entendida pela

sociedade, excluindo o volume de água considerável consumida por esses produtos analisados. É importante ressaltar que todo o volume de água incorporados nos produtos agrícolas permanecerá dentro do ciclo da água e sempre retornará para algum lugar.

## 5. Conclusões

A água doce é um recurso escasso e sua distribuição é limitada, necessitando de ferramentas que auxiliem na melhor avaliação de sustentabilidade. A pegada hídrica demonstra ser uma medida de avaliar e quantificar a conexão entre o consumo de água e a disponibilidade e escassez dos recursos hídricos. Dessa maneira, é perceptível que a contabilização da pegada hídrica de produtos de origem agrícola revela em termos volumétricos a quantidade de água oculta presente nos produtos analisados ao longo do trabalho. Os sete principais produtos de origem agrícola exportados pelo estado do Ceará no ano de 2019 evidenciam os 244.892.892,1 m<sup>3</sup> de água oculta incorporados nesses produtos ao longo de um ano, indicando um volume de água considerável que deve ser mensurado e estudado para auxiliar na melhor gestão dos recursos hídricos do estado e no desenvolvimento de medidas que reduzam a quantidade de água utilizada nas culturas, por exemplo.

De acordo com os dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (2020), o volume atual das doze bacias hidrográficas do estado indica um total de aproximadamente 14,3% de sua capacidade total, evidenciando a necessidade de indicadores e ferramentas que auxiliem a demonstrar os impactos de escassez hídricas e alternativas para avaliação da sustentabilidade no estado, concluindo-se assim, que o indicador pegada hídrica é uma dentre outras ferramentas necessárias para o controle e gerenciamento do volume de água disponível no estado do Ceará.

## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas – ANA. **Quantidade de água**, 2013. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020.

BEUX, F.C.; JÚNIOR, A.A.O. **A pegada hídrica e o consumo de água não tarifado do aglomerado subnormal da rocinha**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves / RS, Brasil.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. **Portal Hidrológico do Ceará – Reservatórios**, 2020. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br/>>. Acesso em: 30 de janeiro de 2020.

Hoekstra, A. Y. **Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis**. Ecological Economics, v.68, p.1963-1974, 2009.

HOEKSTRA, Arjen Y.; CHAPAGAIN, Ashok; ALDAYA, Maite M.; MEKONNEN, Mesfin Mergia. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global**. Earthscan, p. 216, 2011.

Hoekstra, A. Y.; Huang, 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. Institute for Water Education. Holanda: UNESCO-IHE, 2002. 66p.

MEKONNEN, Mesfin Mergia; HOEKSTRA, Arjen Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, n. 5, p. 1577–1600, 2011.

Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços - MDIC. **Comex Vis: Visualizações de Comércio Exterior**, 2020. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/comex-vis>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2020.

Rees, W. E. **Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out**. Environment and Urbanization, v.4, p.121-130, 1992.

Rees, W. E. **Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability**. Population and Environment, v.17, p.195- 215, 1996.

SILVA, V.P.R.; ALEIXO, D.O.; NETO, 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. Campina Grande, PB, UAEA/UFCEG.

Wackernagel, M.; Monfreda, C.; Erb, K. H.; Haberl, H.; Schulz, N. B. **Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961–1999: Comparing the conventional approach to an actual land area approach**. Land Use Policy, v.21, p.261-269, 2004.

WWAP (World Water Assessment Programme) (2009) **The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World**, WWAP, UNESCO Publishing, Paris, and Earthscan, London WWF (2008) Living Planet Report 2008, WWF International, Gland, Switzerland.