

## AVALIAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS DA CIDADE DE GRAJAÚ (MARANHÃO, BRASIL)

Deboranh Suellen Lobo Campos<sup>1</sup>, Cleonilda Ribeiro da Silva<sup>2</sup>, Diego Sousa Campos<sup>3</sup>, Luis Fernando Carvalho-Costa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Genética e Biologia Molecular, Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biologia, Avenida dos Portugueses, São Luís, Maranhão, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Maranhão, Núcleo de Ensino à Distância, Grajaú, Maranhão, Brasil, e-mail: cleonildaribeiro@gmail.com.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Avenida dos Portugueses, São Luís, Maranhão, Brasil, e-mail: lfecc@yahoo.com.br.

### RESUMO

O estado do Maranhão (Nordeste do Brasil), ao contrário dos outros estados nordestinos do Brasil, tem fontes abundantes de água doce, mas que, apesar disso, podem vir a ter problemas de abastecimento no futuro, tendo em vista o aumento das agressões ambientais que estes recursos vem sofrendo. Nossa dependência dos recursos hídricos tende a aumentar no futuro e isso trará problemas para a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental. Assim, é importante conhecer os padrões de uso dos recursos hídricos e suas forças motrizes, a fim de compreender melhor o desafio de conservá-los. Neste estudo, avaliamos a pegada hídrica de estudantes universitários moradores da cidade de Grajaú, no centro-sul do Maranhão, para compreender seus padrões de consumo e sua relação com variáveis como renda, alimentação e comportamento. O cálculo do consumo seguiu o formulário da “calculadora de pegada hídrica” (disponível em <http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/>). A média da pegada hídrica foi de 1584,28 m<sup>3</sup>/ano, dos quais 77,35% foram associados aos hábitos alimentares, 19,05% ao uso doméstico e 3,6% ao consumo de produtos industrializados. Houve também diferença significativa entre as médias dos homens (1737,70 m<sup>3</sup> / ano) e mulheres (1431,2 m<sup>3</sup> / ano). Os principais condicionantes que podem explicar esses resultados são discutidos, colocando-os em perspectiva regional, nacional e global, bem como suas implicações para a conservação dos recursos hídricos na região.

Palavras-chaves: recursos hídricos, consumo de água, bacia do Mearim.

### ABSTRACT

#### WATER FOOTPRINT ASSESSMENT OF COLLEGE STUDENTS FROM THE CITY OF GRAJAÚ (MARANHÃO, BRAZIL)

The state of Maranhão (Northeastern Brazil), unlike the other northeastern states from Brazil, has abundant sources of freshwater, but which nevertheless are likely to have supply problems in the future, given the increase in environmental damage that these resources has been suffering. Our dependence on water resources tends to increase and this will bring problems for food security and environmental sustainability. Thus, knowing the usage patterns of water resources and its driving forces is important in order to have a better understanding of the challenge of conserving them. In this study, we evaluated the water footprint (WF) of a group of college students from the city of Grajaú (central-south of Maranhão) to understand their consumption patterns and its relationship with variables such as income, food and behavior. The calculation followed the “water footprint calculator” (available at <http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/>). In average, Grajaú residents consume 1584.28 m<sup>3</sup>/year, of which 77.35% were associated with feeding habits, 19.05% to the domestic use and 3.6% to the consumption of industrialized goods. Mean WF of men (1737.70 m<sup>3</sup> / year) and women (1431.2 m<sup>3</sup> / year) were significantly different. The main reasons that may explain these results are discussed, putting them in regional, national and global perspective, as well as its implications for conservation of water resources in the region.

Keywords: Water resources, water consumption, Mearim river basin.

## INTRODUÇÃO

A água doce representa apenas 2,5% do volume total de água do planeta, sendo que 70% está estocada em glaciares, em grande parte, inacessíveis (Gleick, 2000). Apesar disso, o aumento populacional, a migração das populações para as zonas urbanas e intensificação das atividades econômicas têm aumentado a demanda por recursos hídricos, fazendo o consumo de água aumentar em todo planeta (Chapagain & Orr, 2009; Wu & Tan, 2012; Erzin & Hoekstra, 2014). Nossa dependência de recursos hídricos tende a aumentar no futuro e isso trará problemas para segurança alimentar e sustentabilidade ambiental (Rosegrant *et al.*, 2009).

Dessa forma, há urgência na aplicação de ferramentas de estudo para o planejamento e destino dos recursos hídricos, principalmente, pelo nível crítico de sua escassez em escala global (Hanasaki *et al.*, 2012; Hoekstra *et al.*, 2012). Uma dessas ferramentas é a avaliação de pegada hídrica (PH), uma medida introduzida, em 2002, para aferir o uso de água doce de forma direta ou indireta pelo consumidor ou produtor de bens e serviços (UNEP, 2012). Hoekstra (2003) desenvolveu essa ferramenta metodológica para mensurar o efeito das atividades humanas sobre o suprimento de água, por meio do cálculo do volume total de água doce utilizada para produção de bens ou serviços consumidos por um indivíduo, comunidade ou setor comercial. Ela compreende três componentes: a água azul é o volume de água retirado de rios, lagos e aquíferos; a água verde é quantidade de água da chuva estocada no solo e usada pelas plantas; e a água cinza corresponde ao impacto da poluição nos recursos hídricos, ou seja, a água doce necessária para diluir a poluição para que a qualidade da água continue acima dos padrões estabelecidos pelas leis (Hoekstra *et al.*, 2011).

Como um indicador de uso da água, a pegada hídrica pretende ilustrar as ligações ocultas entre consumo humano e uso da água, e entre comércio global e manejo de recursos hídricos (Galli *et al.*, 2012; Vanham & Bidoglio, 2013). Sua importância reside no fato de que, ao avaliar a eficiência no uso do recurso hídrico, pode-se influenciar as tendências de consumo e fomentar a implantação de um manejo mais sustentável deste recurso (Vanham & Bidoglio, 2013).

O Estado do Maranhão, ao contrário dos outros estados nordestinos, está classificado entre os considerados muito ricos em recurso hídricos ( $10^4$  m<sup>3</sup>/hab/ano) (ANA, 2012). O balanço quantitativo (demanda *versus* disponibilidade hídrica) na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental (RHANO), que engloba quase todo o Estado (as

outras RHs são as do Parnaíba e Tocantins-Araguaia), para 64% de trechos de rios tem situação confortável ou excelente (ANA, 2015). O consumo médio *per capita* de água no Estado foi de 140,8 L/hab/dia em 2014, abaixo da média nacional (162 L/hab/dia) (SNIS, 2014).

Contudo, aumentam as ameaças aos esses recursos hídricos em face da inadequada fiscalização no cumprimento das leis ambientais brasileiras. A qualidade da água da RHANO sofre pressões, principalmente, devido ao lançamento de lixo e de esgotos domésticos nos corpos d'água sem tratamento prévio (ANA, 2012). Os índices de atendimento por coleta e tratamento de esgoto são baixos (13,3% e 7,1%, respectivamente) (ANA, 2010), o que somado à baixa capacidade de assimilação de cargas orgânicas nesses corpos d'água e aos baixos níveis de saneamento podem tornar crítica a qualidade desses recursos hídricos (ANA, 2012).

A bacia do Mearim é uma das maiores bacias da RHANO, e, além do lançamento de esgotos, sofre com despejo de resíduos sólidos, o que agrava a pressão sobre os recursos hídricos (BRASIL, 2006). Vários de seus cursos de água possuem uma baixa capacidade de assimilação das cargas orgânicas domésticas nos períodos de estiagem, considerados pelo IPO (Índice de Poluição Orgânica-IPO) (ANA, 2012). Entretanto, no trecho onde fica a cidade de Grajaú e à montante, tanto o IPO como o oxigênio dissolvido foram considerados, recentemente, dentro da classe razoável (ANA, 2012).

A cidade de Grajaú, como outras cidades maranhenses, vem passando por um processo de urbanização intenso nas últimas décadas, e este fenômeno demográfico deixa marcas na disponibilidade e qualidade do recurso hídrico (Feng *et al.*, 2015). Dessa forma, é importante conhecer os padrões de uso dos recursos hídricos, bem como suas forças motrizes, para ter um melhor entendimento do desafio de conservar esse recurso e para uma racionalização de seu uso. Assim, este estudo avaliou a pegada hídrica de estudantes universitários da cidade de Grajaú, considerando como a renda, alimentação e comportamentos impactam a forma de utilização dos recursos hídricos.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O município de Grajaú fica na região centro-sul do Maranhão (Figura 1), e tem um PIB (Produto Interno Bruto) de R\$ 313.638.000 (R\$ 5.066,61 PIB *per capita*), para uma população de 67.626 habitantes, dos quais 60% vivem na zona urbana (IBGE, 2010). A renda *per capita* mensal é de R\$

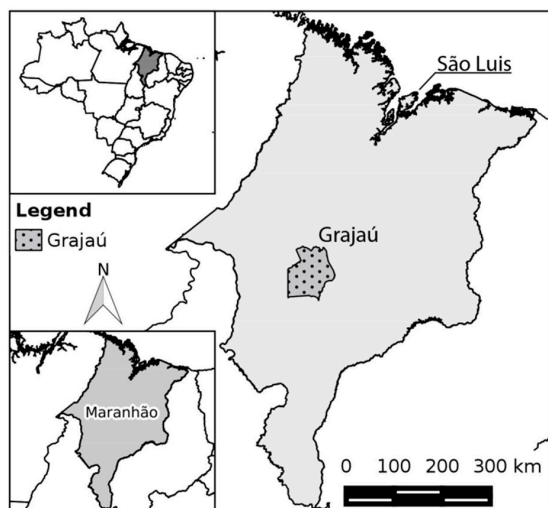


Figura 1. Mapa indicando a localização da área de estudo na cidade de Grajaú, no estado do Maranhão, Brasil. (Fonte: próprios autores).

340,10 (IBGE, 2010).

O índice de desenvolvimento humano (IDH) é de 0,609 (considerado médio), embora 19% da população seja considerada extremamente pobre (PNUD, 2013). Cerca de 30% da população vive com abastecimento de água e serviço de esgoto inadequados e 88% das residências são atendidas por serviço de coleta de lixo, porém não há aterro sanitário no município (IBGE, 2010).

A cidade abriga o segundo pólo de extração de gipsita (mineral usado na indústria gesseira) do Brasil, que produz, por mês, mais de meio milhão de placas de gesso (Medeiros, 2003).

### Coleta de informações para cálculo da pegada hídrica

A avaliação da pegada hídrica (PH) é um método quantitativo multidimensional que vem sendo amplamente empregado para medir a ligação entre os hábitos de consumo e apropriação dos recursos hídricos usados direta ou indiretamente por um produtor ou consumidor (Hoekstra, 2013). Essa relevância pode ser observada no fato de que, apenas em 2014, foram publicados 140 artigos no catálogo do *Web of Science* usando esse método (Hoekstra *et al.*, 2016) como forma de contabilizar o uso da água.

Para fazer a avaliação da pegada hídrica, foram entrevistados 40 estudantes universitários do curso de Licenciatura em Química e Geografia, da Universidade Federal do Maranhão, em Grajaú, em proporção igual de homens e mulheres, escolhidos aleatoriamente. Entre as mulheres, a faixa etária abordada foi de 18-48 anos, com renda mensal entre R\$ 844,00 – 4.200,00. Os homens entrevistados

tinham idades entre 18 e 30 anos, com renda entre R\$ 1.600,00 – 6.800,00. Todos os entrevistados assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes da entrevista.

Os entrevistados responderam a questionários baseados no formulário da “calculadora de pegada hídrica” (disponível em <http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/>) (Hoekstra & Chapagain, 2008), que inclui dados sobre o consumo de alimentos, uso doméstico da água e consumo de bens industriais/industrializados. No cálculo realizado por este método, o consumo de vários tipos de alimentos em quantidade e forma de preparo é levado em conta, de forma a verificar o consumo destes itens para os quais já há estudos prévios de PH associada ao seu processo produtivo, permitindo assim que estes sejam adequadamente ponderados na composição da PH dos indivíduos. Adicionalmente, são questionados os hábitos de uso direto, que incluem o uso doméstico em geral com higiene e limpeza da casa e de bens. Por fim, a renda anual de cada entrevistado é considerada no cálculo da PH como inferência do potencial de acesso a bens industrializados, que também tem uma PH associada. Para isso, a renda precisa ser convertida em dólares, como forma de padronização. Para tanto, foi considerado a cotação de R\$ 3,47 para o dia 14/06/2016. As respostas foram então inseridas na calculadora online para a obtenção dos valores da pegada hídrica individual ( $m^3$ /ano) e dos componentes que mais contribuem para o consumo direto e indireto da água (alimentação, uso doméstico e industrial). Além disso, para avaliar a hipótese de diferença dos valores médios de pegada hídrica entre homens e mulheres, foi realizado um teste-t no programa Minitab 16® ( $\alpha=0,05$ ).

## RESULTADOS

O valor médio de pegada hídrica para a amostra entrevistada foi de 1.584,28  $m^3$ /ano. A maior contribuição foi do consumo de alimentos (77,35%), seguido pelo uso doméstico (19,05%) e industrial (3,6%) da água.

Comparando os valores informados entre mulheres e homens, foi encontrada uma diferença significativa de 17,6% entre as médias de pegada hídrica, com 1.737,70  $m^3$ /ano para os homens e 1.431,2  $m^3$ /ano para mulheres (Figura 2). A contribuição dos componentes da PH dos homens apresentou maior contribuição dos itens alimentares (84%) e uso doméstico (13%), enquanto para as mulheres houve 70% de participação para itens alimentares e 27% para uso doméstico (Figura 2). Em ambos os casos, a participação de itens de origem industrial foi de 3%.

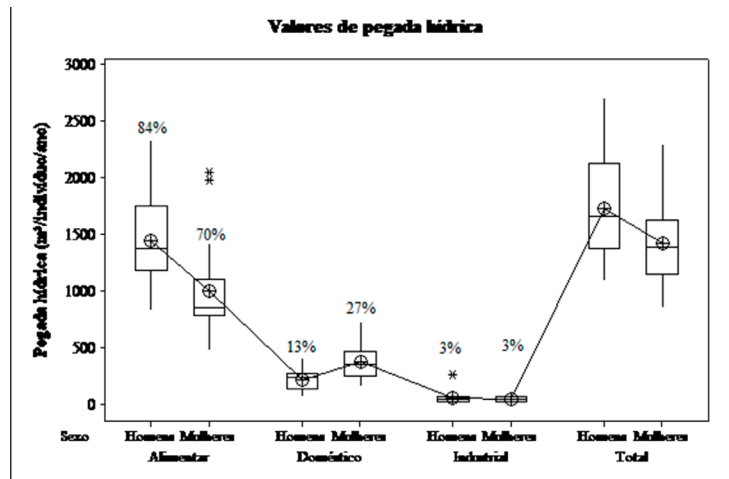


Figura 2. Valores de pegada hídrica da amostra de universitários entrevistada em metros cúbicos per capita por ano. Os boxes estão pareados com os valores obtidos entre mulheres e homens. Os símbolos conectados pelas linhas representam as médias. A representatividade de cada componente na pegada hídrica total dos indivíduos está expressa em porcentagem acima dos boxplots.

## DISCUSSÃO

Quantificar o consumo de água doce pode sensibilizar as pessoas quanto ao seu uso. Contudo, há controvérsias sobre o uso da pegada hídrica como medidor eficaz do consumo de água (ex. Wichelns, 2015; Vanham, 2016), devido ao fato de que ela mede a quantidade de água usada sem uma estimativa dos impactos ambientais associados a ela (Jeswani & Azapagic, 2011). No entanto, a inclusão da pegada hídrica entre as ferramentas de planejamento (Empinotti & Jacobi, 2013) pode ser importante para incentivar o uso responsável da água, já que, frequentemente, os gestores públicos têm uma visão estreita de que a melhor solução para a escassez, ainda que temporária, é aumentar a captação, subestimando a importância da adoção de medidas de gestão eficiente da capacidade já instalada (Rebouças, 2003).

O valor médio total de pegada hídrica da amostra de universitários de Grajaú (1.584,28 m<sup>3</sup>/ano) foi ligeiramente menor do que a média nacional (1780 m<sup>3</sup>/ano) e bem abaixo da mundial (2.728 m<sup>3</sup>/ano) (Arto *et al.*, 2016), mas é quase dobro da média do Maranhão e da Região Nordeste, e maior até do que o da capital do Estado— São Luís— e outras cidades de maior IDH e renda, considerando os escassos dados de que dispomos atualmente para fins de comparação, de acordo com as referências compiladas na Tabela 1. Isso demonstra que, mesmo em uma região de baixa renda *per capita*, o consumo direto e indireto de água pode ser grande. Entretanto, esse consumo está mais concentrado no componente alimentar (especialmente o consumo de carne) e uso doméstico. Além disso, os homens entrevistados

apresentaram uma média de PH mais elevada em comparação às mulheres.

De modo geral, o valor médio da PH obtido neste estudo está dentro da faixa esperada para comunidades de países em desenvolvimento (550 a 3.800 m<sup>3</sup>/ano *per capita*) (Hoekstra & Mekonnen, 2012), mas também poderia entrar na faixa dos países desenvolvidos (1.250 – 2.850 m<sup>3</sup>/ano *per capita*). A respeito disso, Arto *et al.* (2016) apontam que países como Canadá, Austrália, Rússia, Brasil e Estados Unidos são os países com o maior uso *per capita* de recursos hídricos. A despeito de o Maranhão ser uma região com abundância de recursos hídricos, o Estado passa por um processo de urbanização intenso, que exige atenção do poder público sobre a gestão, uma vez que esse processo tem efeitos sobre a demanda por água (Feng *et al.*, 2015). Em Grajaú, cerca de 60% das pessoas vivem em áreas urbanas, o que ajuda a explicar o alto valor médio de pegada hídrica em termos regionais.

A grande diferença entre os valores de PH observados na população entrevistada em Grajaú e os valores informados para o estado do Maranhão e região Nordeste pode ser explicada também por características da amostragem, pois a seleção dos 14 municípios maranhenses para o estudo de Maracajá (2013) foi baseada na representatividade dos indicadores sociais por estado brasileiro, de modo que incluiu pessoas com condições mais aleatórias e em menor número (Maranhão n=14; nosso estudo n=40).

Além disso, no ano de 2013, quando os dados de Maracajá (2013) foram gerados, a cotação do dólar não passou de R\$ 2,50, enquanto, em 2016, a moeda chegou a ser vendida por até R\$ 4,00. A

Tabela 1. Comparação da média de pegada hídrica (m<sup>3</sup>/ano) dos universitários entrevistados em Grajaú com os valores médios da região Nordeste, do estado do Maranhão e de algumas cidades do Maranhão (segundo Maracajá, 2013).

| Unidade Geográfica       | Pegada hídrica média (m <sup>3</sup> /ano) | IDH          | Renda per capita (em reais) | Referência                |
|--------------------------|--|--------------|-----------------------------|---------------------------|
| Mundo                    | 2.728                                      |              |                             | Arto <i>et al.</i> (2016) |
| Brasil                   | 1780                                       | 0,727        |                             | Arto <i>et al.</i> (2016) |
| Região Nordeste          | 805  | 0,659        | -                           | Maracajá (2013)           |
| Maranhão                 | 787  | 0,639        | -                           | Maracajá (2013)           |
| <i>Grajaú</i>            | <i>1584,27</i>                             | <i>0,609</i> | <i>R\$ 340,10</i>           | Presente estudo           |
| São Luís                 | 1429,8                                     | 0,768        | R\$ 653,00                  | Maracajá (2013)           |
| Balsas                   | 1078,9                                     | 0,7          | R\$ 449,00                  |                           |
| Açailândia               | 911,3                                      | 0,7          | R\$ 354,00                  |                           |
| Timon                    | 707,7                                      | 0,7          | R\$ 312,00                  |                           |
| Lago da Pedra            | 695,4                                      | 0,6          | R\$ 240,00                  |                           |
| Sambaíba                 | 694,6                                      | 0,6          | R\$ 235,00                  |                           |
| Maracaçumé               | 694,4                                      | 0,6          | R\$ 232,00                  |                           |
| São Domingos do Maranhão | 692,4                                      | 0,6          | R\$ 222,00                  |                           |
| Tuntum                   | 691,4                                      | 0,6          | R\$ 214,00                  |                           |
| Bom Jardim               | 686,4                                      | 0,5          | R\$ 184,00                  |                           |
| Araíoses                 | 685,4                                      | 0,5          | R\$ 179,00                  |                           |
| Mirador                  | 683,6                                      | 0,6          | R\$ 170,00                  |                           |
| Morros                   | 683,4                                      | 0,6          | R\$ 169,00                  |                           |
| Serrano do Maranhão      | 678,7                                      | 0,6          | R\$ 141,00                  |                           |

cotação usada neste trabalho foi de R\$ 3,47. Portanto, o aumento na cotação do dólar diminuiu a renda dos entrevistados que é colocada na calculadora eletrônica (comparando os anos de 2013 e 2016), mas, mesmo assim, o valor médio de pegada hídrica dos estudantes de Grajaú é maior do que as médias do Maranhão e Nordeste.

Outro fator que pode explicar esse valor de pegada hídrica é a renda média desses estudantes (R\$ 944,10), que é quase três vezes a renda média dos habitantes de Grajaú de acordo com o censo do IBGE 2010 (R\$ 340,10). Sobre esse aspecto, a renda tem relação direta com a pegada hídrica da população porque promove oportunidade de acesso a itens com maior quantidade de água virtual, como alimentos mais processados industrialmente e que possuem maior PH associada (Maracajá *et al.*, 2013; Maracajá & Araújo, 2014), e assim mudanças no padrão de consumo de itens alimentares e de hábitos de uso doméstico (Maia *et al.*, 2012).

Mesmo os estudantes tendo uma renda média superior aos dos outros habitantes de Grajaú, e, conseqüentemente, um maior poder aquisitivo, isto não foi suficiente para afetar a PH de forma significativa no componente industrial. Embora o componente industrial da pegada hídrica seja

calculado com base na renda média dos indivíduos, este foi o de menor importância para o cálculo da PH em Grajaú.

O hábito alimentar foi o mais determinante, semelhante ao encontrado por Maia *et al.* (2012), em que os hábitos alimentares foram os maiores responsáveis pelo consumo da água, seguido do consumo doméstico e do industrial. O aumento do poder aquisitivo da população também é acompanhado por mudanças nos padrões de consumo dos alimentos (Gerbens-Leenes *et al.*, 2010; FAO, 2011). Mundialmente, observa-se uma transição nutricional para uma dieta mais rica em produtos de origem animal (Liu & Savenije, 2008), um fenômeno desafiador para países em desenvolvimento, como o Brasil, cujo demanda por água deve aumentar nos próximos anos.

A diferença nas pegadas hídricas entre homens e mulheres pode ser explicada pelo maior consumo de carne informado pelos homens entrevistados. A cadeia produtiva da carne demanda alta quantidade de água (Mekonnen & Hoekstra, 2010, 2011a; Maia *et al.*, 2012). A agricultura representa 92 % da pegada hídrica global, sendo que 29 % da água usada são direta ou indiretamente destinados à produção animal (Hoekstra & Mekonnen, 2012). Maia *et al.* (2012)



demonstraram este efeito relatando diferenças na pegada hídrica entre vegetarianos de uso moderado e não-vegetarianos de uso não-moderado da ordem de 1.123 m<sup>3</sup>/ano. Maracajá (2013) também mostrou diferenças nas pegadas hídricas entre os gêneros (homens com PH 21% superior à das mulheres), argumentando que, proporcionalmente, os homens consomem mais alimentos, e isso torna sua pegada hídrica mais elevada.

O percentual de participação de uso doméstico da água na PH entre os estudantes é o dobro entre as mulheres, o que, provavelmente, ainda reflete a maior participação delas em afazeres domésticos que demandam bastante uso de água (IBGE, 2014).

### **Implicações para a conservação de recursos hídricos em Grajaú**

A escassez de água é um dos desafios mais urgentes que humanidade enfrentará no século 21 (UNESCO WAPP, 2006). Ela constitui uma forte barreira ao desenvolvimento socioeconômico de um país e seu gerenciamento precisa considerar o ritmo de crescimento e, principalmente, tornar seu uso mais eficiente (Novotny, 2011). A previsão é de maior dificuldade no acesso e piora na qualidade da água disponível às pessoas, de modo que políticas públicas, estratégias de educação e comunicação que valorizem comportamentos de menor pegada hídrica na população e nos setores da agricultura e indústria, certamente, trariam melhores perspectivas para o cenário iminente de escassez de recursos hídricos (Ercin & Hoekstra, 2014).

O Maranhão é, dentre os estados nordestinos, o que menos se identifica com a escassez de recursos hídricos, possuindo uma rede hidrográfica abundante. A cidade de Grajaú faz parte da bacia hidrográfica do Mearim, e é banhada por um dos seus principais tributários (rio Grajaú). Contudo, atividades econômicas como a produção de carvão vegetal, extração de gipsita, produção de gesso e cultivo de cana-de-açúcar põem em risco os corpos d'água da região (Santos & Leal, 2013)

A amostra de estudantes residentes de Grajaú abordada neste estudo apresentou uma pegada hídrica acima da média maranhense e nordestina, mas esta, necessariamente, não pode ser considerada insustentável antes de se fazer uma avaliação precisa da disponibilidade dos recursos hídricos da cidade. Isso porque a sustentabilidade de uma pegada hídrica depende de fatores locais (ex. características hídricas da região), de modo que um alto valor de PH pode ser sustentável em áreas ricas em água doce, e, por outro lado, uma baixa pegada hídrica pode ser insustentável em áreas com escassez de água (Silva *et al.*, 2013). Assim, não é possível afirmar que o nível de pegada hídrica desses residentes de Grajaú seja insustentável. Estudos posteriores que visem analisar essas relações são, portanto, necessários.

## **CONCLUSÃO**

A pegada hídrica da população estudada em Grajaú é alta, quando comparada às médias estadual e regional, mas menor do que a média nacional e mundial. Isso demonstra que mesmo em uma região de IDH mediano, o consumo de água pode ser grande. O consumo de alimentos, especialmente carne, e também o uso doméstico são os principais fatores que influenciam a pegada hídrica dos estudantes universitários moradores de Grajaú, fatores que estão diretamente relacionados à renda. Homens apresentam uma média de consumo de água mais elevada do que as mulheres, especialmente, nos componentes alimentar e doméstico, demonstrando que questões de gênero também devem ser levadas em conta quando se propõe a sensibilizar as pessoas quanto ao uso adequado dos recursos hídricos.

A pegada hídrica de indivíduos pode ser facilmente reduzida com a mudança de hábitos, principalmente na alimentação, que representa a maior parte do valor calculado em nosso estudo. O uso doméstico também pode ser reduzido, por exemplo, usando água de reuso ou por captação de água da chuva ou similar, que podem alcançar 76% de economia, sobretudo, em regiões nas quais a oferta de chuvas é maior e mais regular, como é o caso do Maranhão (Lima *et al.*, 2011).

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Núcleo de Ensino à Distância (NEAD UFMA), ao coordenador do curso de Biologia-Licenciatura (modalidade à distância), Prof. Dr. Nivaldo M. Piorski, e à Prof. Dra. Márcia Molina (Bacharelado em Ciência e Tecnologia/UFMA) pela valiosa contribuição na revisão deste manuscrito.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AGÊNCIA NACIONAL De ÁGUAS – ANA (Brasil). 2012. Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012/ Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012. 264 p.; il. ISBN: 978-85-8210-007.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). 2015. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial. – Brasília.
- ANA. 2010. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água. Brasília.
- ARTO, I., ANDREONI, V., RUEDA-CANTUCHE, J. M., Global use of water resources: A multiregional analysis of water use, water footprint and water trade balance, *Water Resources and Economics* (2016),

<http://dx.doi.org/10.1016/j.wre.2016.04.002>

BRASIL. 2006. Plano nacional de recursos hídricos: cadernos regionais e setoriais. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

CHAPAGAIN, A. K. & ORR, S. 2009. An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: a case of spanish tomatoes. *J. Env. Man.*, 90: 1219–1228, doi:10.1016/j.jenvman.2008.06.006.

EMPINOTTI, V. L. & JACOBI, P. R. 2013. Novas práticas de governança da água? O uso da pegada hídrica e a transformação das relações entre o setor privado, organizações ambientais e agências internacionais de desenvolvimento. *Des. e Meio Amb.*, 27: 23–36. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v27i0.27928>.

ERCIN, A. E. & HOEKSTRA, A. Y. 2014. Water footprint scenarios for 2050: a global analysis. *Env. Intern.*, 64: 71–82, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2013.11.019>.

FAO. 2011. Food Balance Sheet, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. <http://www.fao.org>.

FENG, L., CHEN, B., HAYAT, T., ALSAEDI, A. & AHMAD, B. 2015. The driving force of water footprint under the rapid urbanization process: a structural decomposition analysis for Zhangye city in China. *J. Clean. Prod.* 1–7; doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.047.

GERBENS-LEENES, P. W., NONHEBEL, S., KROL, M. S. 2010. Food consumption patterns and economic growth. Increasing affluence and the use of natural resources, *Appetite* 55(2010)597–608, doi: 10.1016/j.appet.2010.09.013.

GLEICK, P. H. 2000. The changing water paradigm: A look at twenty-first century water resources development. *WaterInternat.*, v.25, p.127-138, doi:10.1080/02508060008686804.

HANASAKI, N., FUJIMORI, S., YAMAMOTO, T., YOSHIKAWA, S., MASAKI, Y., HIJIOKA, Y., KAINUMA, M., KANAMORI, Y., MASUI, T., TAKAHASHI, K. & KANAE, S. 2012. A global water scarcity assessment under shared socio-economic pathways – Part 2: Water availability and scarcity. *Hydrol. and Earth Syst. Sci. Disc.*, 9: 13933–13994, doi:10.5194/hess-17-2393-2013.

HOEKSTRA, A. Y. & Chapagain, A. K. 2008. How Much Water is Used for Producing Our Goods and Services? In: *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources* Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK: 7–17, doi: 10.1002/9780470696224.ch2.

HOEKSTRA, A. Y. & MEKONNEN, M. M. 2012.

The water footprint of humanity. *Proc. of the Nat. Acad. of Sci.*, 109: 3232–3237, doi: 10.1073/pnas.1109936109.

HOEKSTRA, A. Y. 2003. Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Research Report Series No. 12. 239 p.

HOEKSTRA, A. Y., MEKONNEN, M. M., CHAPAGAIN, A. K., MATHEWS, R. E. & RICHTER, B. D. 2012. Global monthly water scarcity: Blue water footprints versus blue water availability. *PLoS ONE*, 7: e32688, 1-9, doi:10.1371/journal.pone.0032688.

HOEKSTRA, A.Y. 2013. The water footprint of modern consumer society. Londres: Routledge. 216 p., doi: 10.1111/jieec.12190.

HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A.K. & ZHANG, G. 2016. Water Footprints and Sustainable Water Allocation. *Sustainability*, 8: 1-6, doi:10.3390/su8010020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2014. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2014.. IBGE. Consultado em 2 de março de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2010. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão Censo Demográfico 2010 Trabalho e rendimento Resultados da amostra.

JESWANI, H. K., AZAPAGIC, A. 2011. Water footprint: methodologies and a case study for assessing the impacts of water use. *J. Clean. Prod.* 19:1288–1299; doi:10.1016/j.jclepro.2011.04.003.

LIMA, J. A. de, M. V. R. DAMBROS, M. A. P. M. de ANTONIO, J. G. JANZEN, & M. MARCHETTO, 2011. Potencial da economia de água potável pelo USO de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. *Eng. Sanit. e Amb.*, 291–298.4

LIU, J., SAVENIJE, H. H. G. 2008. Food consumption patterns and their effect on water requirement in China, *Hydrol. and Earth Syst. Sci.* 12(3)(2008)887–898, doi:10.5194/hess-12-887-2008.

MAIA, H. J. L., S. C. da HORA, J. P. de FREITAS, A. A. P. VIEIRA, & F. E. de FREITAS, 2012. A pegada hídrica e sua relação com os hábitos domésticos, alimentares e consumistas dos indivíduos. *POLÊMICA* 11: 650–660.

MARACAJÁ, K. F. B., & L. E. de ARAÚJO, 2014. Regionalização da Pegada Hídrica do Estado da Paraíba. *REUNIR: Revista de Administração*,

Contabilidade e Sustentabilidade 4: 105–122.

MARACAJÁ, K. F. B., 2013. Nacionalização dos recursos hídricos: um estudo exploratório da pegada hídrica no Brasil. Universidade Federal de Campina Grande.

MARACAJÁ, K. F. B., V. de P. R. da SILVA, J. D. Neto, & L. E. de ARAÚJO, 2013. An analysis of water footprint consumer sant'ana island in Caicó/RN. *POLÊMICA* 12: 488–498.

MEDEIROS, M. S. 2003. Poluição ambiental por exposição à poeira de Gesso: impactos na saúde da população. Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães – CPqAM, Recife, Março/2003.

MEKONNEN, M. M., & a. Y. HOEKSTRA, 2010. A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences* 14: 1259–1276, doi:10.5194/hess-14-1259-2010.

MEKONNEN, M. M., & A. Y. HOEKSTRA, 2011a. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences* 15: 1577–1600, <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/15/1577/2011>, doi:10.5194/hess-15-1577-2011.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE Diretoria de Pesquisas Coordenação de População e Indicadores Sociais Estudos e Pesquisas Informação Demográfica e Socioeconômica número 34 Síntese de Indicadores Sociais Uma análise das condições de vida da população brasileira 2014

NOVOTNY, V., 2011. Water and Energy Footprints of the Cities of the Future. *Water Prac. & Tech.* 5: 1–10, doi:10.2166/wpt.2010.074.

PNUD, IPEA, & FJP, 2013. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Fundação João Pinheiro. , <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>>.

REBOUÇAS, A. da C., 2003. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. *Bahia Análise & Dados* 13: 341–345.

ROSEGRANT, W.R, RINGLER, C. & ZHU, T. 2009. Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 34: 205–222, doi:10.1146/annurev.enviro.030308.090351.

SANTOS, L. C. A. & LEAL, A. C. 2013. Gerenciamento de recursos hídricos no estado do Maranhão – Brasil.. *OBSERVATORIUM: Rev.Elet. Geog.*, v.5, n.13, p. 39–65, jun.

SILVA, V. P. R., ALEIXO, D. O., NETO, J. D., MARACAJÁ, K. F. B. & ARAÚJO, L. E. 2013. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. *Rev. Bras. de Eng. Agr. e Ambi.* v.17, n.1, p.100–105, doi:10.1590/S1415-43662013000100014.

SISTEMA NACIONAL De INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO- SNSA. 2016. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014. Brasília: / MCIDADES. 212 p. : il.

UNESCOWAPP. 2006. Water a shared responsibility. The United Nations, World Water Development Report 2, UN-WATER/WWAP/2006/3. Available at <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001444/144409e.pdf>.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP, 2012. Measuring Water Use in a Green Economy. A Report of the Working Group on Water Efficiency to the International Resource Panel. McGlade, J., Werner, B., Young, M., Matlock, M., Jefferies, D., Sonnemann, G., Aldaya, M., Pfister, S., Berger, M., Farrell, C., Hyde, K., Wackernagel, M., Hoekstra, A., Mathews, R., Liu, J., Ercin, E., Weber, J.L., Alfieri, A., Martinez-Lagunes, R., Edens, B., Schulte, P., von Wirén-Lehr, S., Gee, D., [http://www.unep.org/resourcepanel-old/Portals/24102/Measuring\\_Water.pdf](http://www.unep.org/resourcepanel-old/Portals/24102/Measuring_Water.pdf).

VANHAM, D. & BIDOGLIO, G. A review on the indicator water footprint for the EU28. *Ecol. Ind.* 26 (2013) 61–75, doi:10.1016/j.ecolind.2012.10.021.

VANHAM, D. 2016. Does the water footprint concept provide relevant information to address the water–food–energy–ecosystem nexus? *Ecosyst. Serv.* 17: 298–307, doi:10.1016/j.ecoser.2015.08.003.

WICHELNS, D. 2015. Virtual water and waterfootprints do not provide helpful insight regarding international trade or water scarcity *Ecological Indicators* 52 (2015) 277–283, doi:10.1016/j.ecolind.2014.12.013.

WU, P., & M. TAN, 2012. Challenges for sustainable urbanization: a case study of water shortage and water environment changes in Shandong, China. *Proc. Env. Sci.* 13: 919–927, doi:10.1016/j.proenv.2012.01.085.

0000-0002-9590-1797 <http://orcid.org/0000-0002-9590-1797>