

PEGADA HÍDRICA EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE ENSINO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.14.23.I-012>

Isabelle Cristine Patricio dos Santos (*), Jean Leite Tavares, Gleydson de Oliveira Cavalcanti, Ahiram Brunni Cartaxo de Castro

* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – e-mail: isabelle.patricio@ifrn.edu.br

RESUMO

A escassez e a poluição de água doce no mundo são reconhecidas como temas de grande relevância na literatura, tendo em vista os significativos impactos resultantes para a humanidade. Por essa razão, emergiu na comunidade científica indicadores do tipo “pegada” com o objetivo de aumentar a conscientização pública sobre como as sociedades exercem pressões sobre o meio ambiente. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) estima-se que 97,5% da água do planeta está concentrada nos oceanos e não é adequada ao consumo e nem a irrigação. Desses 2,5% de água doce, 69% está concentrada nas geleiras, 30% nos aquíferos subterrâneos e 1% nos rios, por isso a necessidade de utilização racional da água. As instituições de ensino têm impacto considerável no meio ambiente por meio de atividades diretas e indiretas – as primeiras incluem o uso de salas de aula, laboratórios, escritórios e alimentação e as últimas incluem deslocamentos e consumo de alimentos e bebidas no trabalho por alunos e funcionários. Além disso, há uma consciência crescente do papel significativo que essas instituições têm a desempenhar por meio de suas atividades de educação e pesquisa na contribuição para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Organização – ODS’s das Nações Unidas - ONU. Por estas razões foi feita uma revisão de literatura orientada para sintetizar a produção científica sobre Pegada Hídrica no contexto de instituições de ensino públicas, a partir da Base Scopus, para levantar indicadores de quantificação do consumo de água. Também foi utilizado um estudo de caso em uma instituição federal de ensino para melhor compreensão dos conceitos e da temática abordada neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: pegada hídrica, ensino superior, educação, universidade, ensino médio.

INTRODUÇÃO

A temática da Pegada Hídrica - PH vem ganhando relevância como tema estratégico para os estudos em sustentabilidade ambiental e responsabilidade social corporativa, devido ao risco iminente de uma crise de água doce no mundo.

Segundo Vaidya, Shrestha e Ghimire (2021), a água é uma fonte fundamental na qual o desenvolvimento humano, industrial e econômico dependem. Uma população global crescente e uma mudança econômica em direção a padrões de consumo mais intensivos de água doce, características da atual sociedade, de acordo com Rithe e Roser (2018), aumentou o uso de água em quase seis vezes desde os anos 90. De acordo com Dal-Farra et al. (2015), a partir do Relatório Mundial de Desenvolvimento da Água das Nações Unidas, publicado em 2014, informaram que a demanda global de água (para a retirada nas fontes) deverá aumentar cerca de 55% até 2050. São reflexos principalmente do aumento populacional no mundo e dos padrões de consumo da sociedade (MARACAJÁ et al., 2012).

A água pode ser usada diretamente pelas populações para o consumo próprio, nas atividades domésticas, de higiene, alimentação, entre outras. Indiretamente, a água pode ser incorporada em produtos e *commodities*, entre outros. Segundo Chavarría-Solera et al. (2020), apenas uma pequena porção do total de água no planeta é potável, aproximadamente 2,5%, por isso é necessária uma consciência a nível mundial da quantidade que se aproveita deste bem e buscar alternativas para fazer um melhor uso do recurso.

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) estima-se que 97,5% da água do planeta está concentrada nos oceanos e não é adequada ao consumo e nem a irrigação. Desses 2,5% de água doce, 69% está concentrada nas geleiras, 30% nos aquíferos subterrâneos e 1% nos rios, por isso a necessidade de utilização racional da água.

A partir desse contexto surgiu a Avaliação de Pegada Hídrica – APH que consiste na análise de várias técnicas e práticas, planos de políticas e mecanismos de governança que vem contribuindo para a sustentabilidade, eficiência e equidade das pegadas hídricas (Bong, Malk & Noor, 2018).

As Instituições de Ensino – IES - têm impactos consideráveis no meio ambiente, pois existem mais de 20.531 delas em todo o mundo (CENTER FOR WORLD UNIVERSITY RANKINGS, 2023). Segundo Lukman, Tiwary e Azapagic (2009), as IEs geram impactos ambientais por meio de atividades diretas e indiretas – as primeiras incluem o uso de salas de aula, laboratórios, escritórios e alimentação e as últimas incluem deslocamentos e consumo de alimentos e bebidas no trabalho por alunos e funcionários. Avaliar os impactos ambientais das IEs não é uma tarefa trivial devido à complexidade e diversidade de suas operações. No entanto, considera-se importante estimá-los de forma a identificar opções mais sustentáveis para reduzir as suas pegadas hídricas.

Apesar do impacto significativo no uso de recursos naturais associado às IEs em todo o mundo, também há uma consciência crescente do papel significativo que essas instituições têm a desempenhar por meio de suas atividades de educação e pesquisa na contribuição para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Organização – ODS's das Nações Unidas - ONU.

Do ponto de vista da relevância institucional, esta investigação no setor educacional estimula a reflexão sobre a necessidade de reduzir a pressão exercida pelos indivíduos sobre esse serviço ecossistêmico, uma vez que é o local onde são formados muitos dos protagonistas do progresso da sociedade (ARBOLEDA TABARES et al., 2022).

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida a partir de uma revisão da literatura e um estudo de caso. A revisão de literatura contribui para o desenvolvimento conceitual e temático de diferentes domínios e estão entre os métodos mais utilizados para o desenvolvimento e maturação de uma área do conhecimento. A base de dados utilizada para esta pesquisa foi a Scopus, que na categoria de Ciências Ambientais, é um dos maiores bancos de dados de resumos e citações da literatura revisada por pares.

Foram utilizados os seguintes critérios de busca na moldura analítica da base Scopus: "water footprint" and university or education or "higher education" or "high school", nos títulos dos artigos em toda a série histórica até o dia 31 de agosto de 2023. A partir desta amostra inicial foram utilizados os seguintes filtros: por tipo de documento *article*, em estado de publicação final; e o idioma inglês, para o refinamento dos resultados. A seleção dos trabalhos foi feita mediante a leitura dos resumos dos artigos. Dessa busca, resultaram 10 (dez) trabalhos para esta revisão de literatura, classificados no Quadro 1 conforme o seu fator de impacto (H-index).

Quadro 1: Corpus da pesquisa classificado por impacto do periódico

Nº	Título	Autor/ ano	Journal	H-index	Lócus	País do lócus
1.	<i>Quantification of interlinked environmental footprints on a sustainable university campus: A nexus analysis perspective</i>	Gu et al. (2019)	<i>Applied Energy</i>	264	<i>Keele University</i>	Inglaterra
2.	<i>Towards greening a university campus: The case of the University of Maribor, Slovenia</i>	Lukman, Tiwary e Azapagic (2009)	<i>Resources, Conservation and Recycling</i>	170	<i>University of Maribor</i>	Slovênia
3.	<i>Virtual Water as a Metric for Institutional Sustainability</i>	Natykak et al. (2017)	<i>Sustainability</i>	136	<i>University of Virginia</i>	Estados Unidos
4.	<i>Comprehensive Water Footprint of a University Campus in Colombia: Impact of Wastewater Treatment Modeling</i>	Osorio-Tejada, Varón-Hoyos e Morales-Pinzón (2022)	<i>Water, Air, and Soil Pollution</i>	127	<i>Technological University of Pereira</i>	Colômbia
5.	<i>The Energy Related Water Footprint Accounting of A Public Organization: The Case of A Public University in Thailand</i>	Kandananond (2019)	<i>Energy Procedia</i>	127	<i>Public University in Thailand</i>	Tailândia
6.	<i>The Water Footprint as an educational strategy for the responsible consumption of water at the Santiago de Cali University</i>	Arboleda Tabares et al. (2022)	<i>Estudios Pedagogicos</i>	25	<i>Santiago de Cali University</i>	Colômbia
7.	<i>Menu of sustainability: evaluation of water footprint in a university dining restaurant</i>	Strasburg e Jahno (2015)	<i>Revista Ambiente e Água</i>	19	<i>Federal University of Rio Grande do Sul</i>	Brasil
8.	<i>Water footprint assessment of food-water-energy systems at Kathmandu University, Nepal</i>	Vaidya, Shrestha e Ghimire (2021)	<i>Current Research in Environmental Sustainability</i>	10	<i>Kathmandu University</i>	Nepal

9.	<i>Food and sustainability at university restaurants: analysis of water footprint and consumer opinion</i>	Kilian, Triches e Ruiz (2021)	<i>Sustentabilidad e em Debate</i>	7	<i>Federal University of Rio Grande do Sul</i>	Brasil
10.	<i>Measurement of blue water footprint in Universidad Nacional in Costa Rica from 2012 to 2016</i>	Chavarría-Solera et al. (2020)	<i>Uniciencia</i>	6	<i>Universidad Nacional in Costa Rica</i>	Costa Rica

Além da revisão de literatura, para melhor entendimento das fórmulas e indicadores utilizados neste trabalho, foi utilizado um estudo de caso em uma instituição federal de ensino.

Para os cálculos da pegada hídrica foi utilizada a metodologia estabelecida no manual da *Water Footprint Network* – criado em 2009 com o objetivo de estabelecer um padrão global para avaliação da pegada hídrica. Como no manual da WFN não existe modelo para instituições de ensino, de forma análoga, para este trabalho, o modelo de pegada hídrica a ser considerado será o de uma empresa, nonexo água-alimento, baseado na revisão de literatura com foco na Pegada Hídrica Azul e Cinza.

Os dados utilizados foram do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN, o qual conta com 21 campi no estado do Rio Grande do Norte e 2.834 servidores técnico-administrativos e 1.681 docentes conforme dados da Plataforma Nilo Peçanha. O foco da pesquisa será no Campus Natal-Central do IFRN.

O prédio onde funciona o campus foi inaugurado em 11 de março de 1967, quando a então Escola Industrial de Natal foi transferida para o prédio atual do campus. Situado na esquina das Avenidas Senador Salgado Filho e Nevaldo Rocha, no bairro do Tirol, localizado em um terreno de 90.000m², com 42.848 m², sendo 9.324 m² de área administrativa, 11.710 m² de área pedagógica (salas de aula e laboratórios) e 24.169 m² de área esportiva. Atualmente, para atender a demanda, a instituição conta com o abastecimento de água da rede da CAERN e mais dois poços: o poço 01, próximo a cantina que serve para abastecer banheiros, copas e laboratórios e o poço 02, localizado próximo ao campo de futebol, responsável pela irrigação de áreas verdes do campus – o poço 02 não será considerado no estudo por não haver medição da água utilizada. O efluente do campus é lançado na rede coletora em 02 pontos: Esgoto 01 e Esgoto 02.

Em termos de alimentação, a instituição também conta com um refeitório e uma cantina com restaurantes os quais requerem grandes quantidades de alimentos contribuindo para o consumo direto e indireto da água.

Para o cálculo da Pegada Hídrica do campus, foram utilizadas as equações abaixo, baseadas no Manual da WFN e nos artigos da revisão de literatura. Tem-se então:

$$PH_{cnat,total} = PH_{cnat,oper} + PH_{cnat,adic} \quad \text{[Volume]} \quad \text{Equação (1)}$$

$$PH_{cnat,oper} = PH_{cnat,azul,oper} + PH_{cnat,verde,oper} + PH_{cnat,cinza,oper} \quad \text{[Volume]} \quad \text{Equação(2)}$$

$$PH_{cnat,adic} = PH_{cnat,azul,adic} + PH_{cnat,verde,adic} + PH_{cnat,cinza,adic} \quad \text{[Volume]} \quad \text{Equação(3)}$$

Onde:

$PH_{cnat,total}$ = Pegada hídrica total do Campus Natal Central;

$PH_{cnat,oper}$ = Pegada hídrica operacional do Campus Natal Central ou pegada hídrica direta, a qual corresponde ao volume de água doce consumida ou poluída relativa às operações do campus, que é igual a soma das pegadas hídricas operacionais azul, verde e cinza.

$PH_{cnat,adic}$ = Pegada Hídrica relacionada as atividades de manutenção do campus e aos bens e serviços gerais consumidos pela instituição, demonstrada como a soma das pegadas hídricas adicionais azul, verde e cinza. Para esta pegada hídrica será considerada a água contida nos alimentos servidos no refeitório.

Abaixo segue um fluxograma com demonstração de aplicação das equações para o Campus Natal Central.

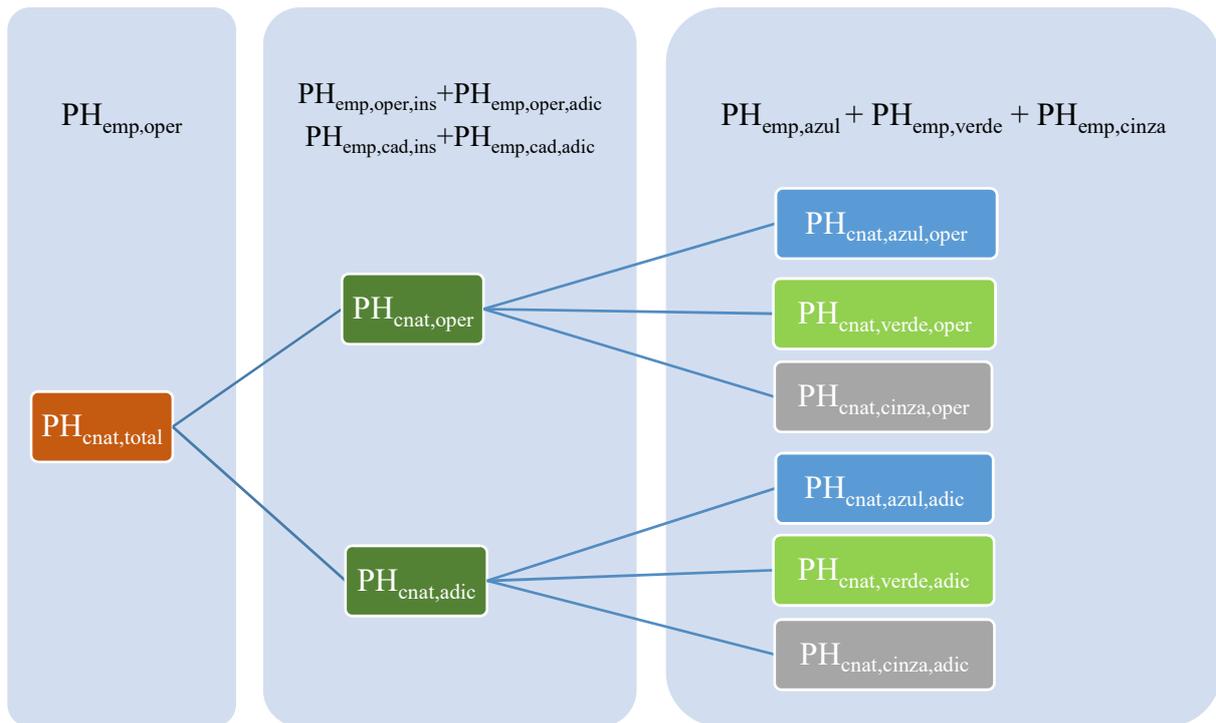


Figura 1 – Demonstrativo do cálculo da pegada hídrica do campus Natal-Central. Fonte: Elaboração própria

Foram consideradas como pegada hídrica azul as fontes de abastecimento – água vinda dos poços e abastecimento da CAERN.

A água resultante das chuvas no campus, neste caso, o bosque do campus Natal Central e o Campo de Futebol, além das áreas verdes do campus, entra no cálculo como pegada hídrica verde, no entanto para fins deste estudo a pegada hídrica verde referente às chuvas no campus não foi considerada por não se ter acesso aos dados de evapotranspiração; foi considerada somente a pegada hídrica verde referente a alimentação no campus Natal Central.

Para a pegada hídrica cinza, só será considerada a carga de efluente lançado na rede, baseado no volume de efluente lançado na rede coletora, uma vez que o campus não utiliza a prática de reuso e, no caso da pegada hídrica cinza, a água de reuso impacta no valor final, já que, nessa prática, parte do esgoto gerado retorna e tem seus contaminantes removidos pelo tratamento.

Tem-se abaixo as equações para cálculo das pegadas hídricas azul, verde e cinza:

$$PH_{cnat,azul,oper} = (Q_{dem} - Q_{efl}) * t \quad [\text{Volume}] \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

$PH_{cnat,azul,oper}$ = pegada hídrica operacional azul;

Q_{dem} = Vazão demandada em unidade de volume por tempo;

Q_{efl} = Vazão do efluente lançado na rede coletora.

Como a pegada hídrica é em unidade de volume, as vazões obtidas são multiplicadas por unidade de tempo para conversão dimensional. Para o caso específico do objeto de estudo, no qual os dados utilizados referem-se ao ano de 2019 e são coletados nas faturas de água da instituição (CAERN, 2019), tem-se os valores em unidade de volume não necessitando, para fins de cálculo, dos valores de vazão.

A equação para cálculo da pegada hídrica verde é dada por:

$$PH_{cnat,verde,oper} = (V_{prec} - EVT_{\text{áreas verdes}}) * t \quad (\text{mm}) \quad \text{equação (5)}$$

Onde:

$PH_{cnat,verde,oper}$ = Pegada hídrica verde do campus Natal Central;

V_{prec} = Volume precipitado em mm;

$EVT_{\text{área verde}}$ = evapotranspiração nas áreas verdes + bosque + campo de futebol em mm/mês;

t = tempo estimado.

A pegada hídrica cinza para os casos onde o efluente é lançado no corpo receptor, é calculada levando-se em consideração a carga de contaminante gerada e lançada na rede coletora e não o volume de efluente, então tem-se:

$$PH_{emp,cinza,oper} = \left(\frac{Car_{lan}}{C_{m\acute{a}x} - C_0} \right) * t \quad \text{equação (6)}$$

Onde:

$PH_{emp,cinza,oper}$ = pegada hídrica operacional cinza do para os casos onde o efluente é lançado no corpo receptor;

Car_{lan} = Carga de contaminante efetivamente lançada na unidade de massa/tempo;

$C_{m\acute{a}x}$ = concentração máxima permitida do contaminante no ponto de lançamento (massa/volume);

C_0 = concentração inicial do contaminante no ponto de lançamento (massa/volume);

t = período analisado.

Para o caso do Campus Natal Central, a pegada hídrica cinza será obtida a partir da vazão do efluente lançada na rede coletora, a qual será obtida com medições no local, portanto:

$$PH_{cnat,cinza,oper} = Q_{efl} \quad \text{equação (7)}$$

Ainda necessita-se determinar a pegada hídrica adicional, onde considera-se o consumo de água relativo à irrigação, uso da água em cozinhas, limpeza ou lavagem de roupas (Hoekstra et al. 2011). Para fins desta pesquisa, a pegada hídrica adicional a ser considerada é a pegada hídrica azul relativa à irrigação para manutenção das áreas verde e campo de futebol, que será dada por:

$$PH_{cnat,azul,adic} = V_{rega} * N_{regas} \quad \text{equação (8)}$$

Onde:

$PH_{cnat,azul,adic}$ = pegada hídrica azul adicional do campus, está associada a irrigação pois grande parte da água do poço 01 é utilizada para fins de irrigação;

V_{rega} = é o volume de água estimado para as regas, o qual será calculado em função da vazão da água e do tempo gasto para cada rega;

N_{regas} = é o número de regas por um dado período.

Para o cálculo da pegada hídrica do IFRN - CNAT, levou-se em consideração os dados de 2019 – por ser o ano anterior ao da pandemia – para alimentação dos alunos no ano de 2019 (nexo – alimentação), os dados de abastecimento de água (nexo – água) e os dados dos efluentes, os quais correspondem a pegada hídrica cinza.

No nexo alimentação foram coletados o número mensal de refeições dos alunos e os gêneros alimentícios. Para cada alimento foi contabilizada a pegada hídrica verde, azul e cinza de acordo com a calculadora do site da WFN.

RESULTADOS OBTIDOS

Após realizada a busca por estudos na base Scopus foram identificados 10 artigos sobre Pegada Hídrica em instituições públicas de ensino, conforme Quadro 1. Estes trabalhos, tem como *locus* instituições europeias (2), asiáticas (2), americanas do Norte (2) e, a maioria, da América do Sul (4), sendo: a *Technological University of Pereira*, *Santiago de Cali University* e a *Federal University of Rio Grande do Sul*. A maioria dos *journals* (6) nos quais estão os artigos estão indexados são classificados no status "A" do Qualis Capes Brasil, com destaque para o *Applied Energy*; *Resources, Conservation and Recycling* e o *Sustainability* (A1). A maioria dos trabalhos (7) foi publicado nos últimos 5 (cinco) anos e o trabalho mais antigo data de 2009 (*Towards greening a university campus: The case of the University of Maribor, Slovenia*).

Por meio do *corpus* selecionado foram levantados os objetivos dos trabalhos, os indicadores de PH utilizados nos estudos e os principais resultados encontrados pelos autores, com foco para indicadores de quantificação do consumo de água nas instituições públicas de ensino. Gu et al. (2019) e Vaidya, Shrestha e Ghimire (2021) reforçaram que a maioria das pesquisas que analisam a interação entre onexo do água-alimento-energia têm se concentrado em um processo de produção específico, com pouca pesquisa em escala comunitária, como IEs e *campi*. Razão pela qual se torna relevante avaliar a PH durante as operações das instituições de ensino e desenvolver indicadores que possam ser usados em escala comunitária.

Segundo Lukman, Tiwary e Azapagic (2009), as IEs geram impactos ambientais por meio de atividades diretas e indiretas – as primeiras incluem o uso de salas de aula, laboratórios, escritórios e alimentação e as últimas incluem deslocamentos e consumo de alimentos e bebidas no trabalho por alunos e funcionários. Avaliar os impactos ambientais das IEs não é uma tarefa trivial devido à complexidade e diversidade de suas operações. No entanto, considera-se importante estimá-los de forma a identificar opções mais sustentáveis para reduzir as suas pegadas hídricas.

No Brasil, foram identificados dois estudos, sendo os trabalhos de Kilian, Triches e Ruiz (2021), de parceria entre as Universidades Federais de Fronteira do Sul e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Nele, os autores analisaram comparativamente a sustentabilidade de cardápios desenvolvidos por dois restaurantes universitários (UR) do Estado do Paraná utilizando como parâmetros a pegada hídrica (PH) e a opinião dos comensais. O outro trabalho identificado foi o de Strasburg e Jahno (2015), onde os autores buscaram quantificar a Pegada Hídrica na composição de cardápios do restaurante universitário da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

De acordo com Natyzak (2017), as IEs podem ser líderes no desenvolvimento de políticas ou projetos (internos) de sustentabilidade que são subsequentemente adotadas por outras instituições. Da mesma forma, ao liderar iniciativas que avaliam e possivelmente minimizam seus impactos ambientais, as IEs devem se tornar modelos no desenvolvimento de estratégias para monitorar e reduzir suas pegadas, entre elas a hídrica, enquanto educam a sociedade sobre os impactos ambientais das decisões dos consumidores. Fazendo assim, conforme Lukman, Tiwary e Azapagic (2009), as IEs passarão a “ensinar o que pregam”, ser laboratórios de aprendizado e divulgadoras das melhores práticas para o público e outras instituições públicas.

Segundo Gu et al. (2019), as IEs são organizações substanciais equivalentes à escala de pequenas e médias cidades em termos de número de comunidades e tamanho físico, e sua complexa combinação de serviços e funções, incluindo educação, atividades de alimentação, instalações de saúde e recreativas, bem como, sua infraestrutura considerável (GU et al., 2019), constituem “laboratórios vivos” ideais para se estudar impactos ambientais, interações e soluções; especialmente em países em desenvolvimento com problemas ambientais prementes como é o Brasil. Portanto, os impactos ambientais das IEs não podem ser ignorados.

Segundo Vaidya, Shrestha e Ghimire (2021), ao longo dos anos, houve algumas instituições que desenvolveram e seguiram planos de ação para promover iniciativas de sustentabilidade com sucesso, enquanto outras iniciativas de sustentabilidade deixaram de ter continuidade por falta de apoio no campus onde foram implementadas. Para os autores o que falta nestas instituições é uma orientação clara sobre exatamente o que deve ser uma IEs sustentável. Ao criar um modelo, a partir da perspectiva da PH, pretende-se preencher essa lacuna, que é de uma ferramenta para uma compreensão quantitativa da PH das operações diretas e indiretas de uma IEs, permitindo assim a melhoria de estratégias para futuros desenvolvimentos e avaliações sustentáveis do campus.

Com relação ao estudo de caso em questão, os valores para as pegadas hídricas calculadas com base no ano de 2019 estão demonstrados nas tabelas 01, 02 e 03 a seguir.

Tabela 01 – Quantidade de água consumida no campus Natal-Central por mês. Fonte: faturas da CAERN, 2019

2019	QUANTIDADE DE ÁGUA CONSUMIDA POR MÊS EM m ³												
FONTE	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Consumo Anual (m ³)
CAERN	103	62	193	150	498	197	571	469	432	273	406	234	3.588,00
Poço 01 - ÁGUA	5811	5494	5066	3130	3413	1465	2978	1078	1484	737	3879	1520	36.055,00
TOTAL	5914	5556	5259	3280	3911	1662	3549	1547	1916	1010	4285	1754	39.643,00
PH_{cnat, azul, oper}	5914	5556	5259	3280	3911	1662	3549	1547	1916	1010	4285	1754	39.643,00

Na tabela 01 estão os dados para o cálculo da $PH_{\text{cnat, azul, oper}}$, utilizando os valores relativos ao consumo de água mensal da companhia de abastecimento (CAERN) e do poço 01, onde havia um medidor no ano de 2019, resultando no valor de 39.643m³ para esse ano.

Tabela 02 – Total de refeições mensais no ano de 2019 (Fonte: Refeitório IFRN. Elaboração própria em 2023).

2019	Total de refeições mensal (Almoço + Jantar)													
Refeitório	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
	0	7758	10525	1375	2	14723	8	3	7	8	0	7	7431	126.712,00
Phcnat, azul, oper														253.424 m³
Phcnat, azul, adic														29.952 m³
Phcnat, verde, adic														470.683 m³
Phcnat, cinza, adic														28.291 m³

Na tabela 02 estão demonstrados os dados referentes a PH direta – $PH_{\text{cnat, azul, oper}}$ – e PH indireta – $PH_{\text{cnat, azul, adic}}$; $PH_{\text{cnat, verde, adic}}$ e $PH_{\text{cnat, cinza, adic}}$ – os quais foram feitos levando-se em consideração o número de refeições – almoço e jantar – no ano de 2019 e os tipos de alimentos consumidos pelos alunos. Com os dados dos gêneros alimentícios no site da WFN consegue-se o consumo de água para cada alimento e o percentual relativo à pegada hídrica verde, azul e cinza. De posse desses valores e o número de refeições, chegou-se as pegadas hídricas descritas acima, cujos resultados são: $PH_{\text{cnat, azul, adic}} = 29.952\text{m}^3$; $PH_{\text{cnat, verde, adic}} = 470.683,22\text{m}^3$ e $PH_{\text{cnat, cinza, adic}} = 28.291\text{m}^3$. A pegada hídrica direta $PH_{\text{cnat, azul, oper}}$ resultou em 234.424m³.

Tabela 03 - Quantidade de efluente lançado na rede coletora no ano de 2019 (Fonte: faturas da CAERN IFRN. Elaboração própria em 2023).

2019	QUANTIDADE DE EFLUENTE LANÇADO NA REDE COLETORA EM m ³												
LOCAL	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Efluente Anual
Esgoto 01		4604	2844	2913	3159	3615	2886	2749	5236	4853	6240	6381	45480
Phcnat, cinza, oper													45480

Na tabela 03 estão os volumes de efluente lançado na rede coletora para o ano de 2019. Neste ano o campus ainda não dispunha de um medidor de vazão para medição do real volume de efluente lançado, portanto a CAERN considerava

todo o volume de água medido igual ao volume de esgoto, resultando em uma pegada hídrica cinza de 45.480m³ para o esgoto 01 – Avenida Senador Salgado Filho.

CONCLUSÕES

Este estudo atendeu ao seu propósito por possibilitar a realização de estudos acerca da temática proposta, com base na análise dos artigos encontrados. A análise apontou que os estudos nesse campo de pesquisa são recentes. Também foi mostrado o interesse dos pesquisadores frente às necessidades de melhorias na gestão do uso da água das organizações. Além disso, cada vez mais as questões ambientais associadas ao uso de recursos hídricos fazem parte das discussões no nível das instituições de ensino.

Entende-se que este estudo fornecerá uma perspectiva sobre Pegada Hídrica no contexto de instituições de ensino públicas, pois levantará indicadores para a quantificação do consumo de água nelas. Assim, poderá auxiliar no aperfeiçoamento dos processos de gestão de recursos hídricos de instituições, bem como no desenvolvimento de novos estudos. Os pontos fortes deste estudo estão no processo metodológico utilizado, na qualidade dos estudos selecionados para análise e na extensão em que as informações desses estudos podem ser integradas.

Finalmente, recomenda-se a realização de estudos adicionais visando a identificação de indicadores e a avaliação de metodologias envolvidas nos processos de avaliação da pegada hídrica, especialmente considerando outras tipologias de instituições ou organizações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARBOLEDA TABARES, D. A. et al. La Huella Hídrica como estrategia educativa para el consumo responsable del agua en la Universidad Santiago de Cali. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, v. 48, n. 2, p. 131-158, 2022.
2. BONG, P. X. H.; MALEK, M. A.; NOOR, Z. Z. A review on water footprint assessment and Water-Food-Energy Nexus for electronic and food products. *International Journal of Engineering and Technology*, 2018.
3. CHAVARRÍA-SOLERA, Fabián et al. Medición de la huella hídrica azul de la Universidad Nacional en Costa Rica, del 2012 al 2016. *Uniciencia*, v. 34, n. 1, p. 189-203, 2020.
4. Dal-Farra, R. A. et al. (2015). Reflection: Water footprint calculator, education and systemic thought with high school Brazilian students (2015) 6th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics, IMCIC 2015 and 6th International Conference on Society and Information Technologies, ICSIT 2015 – Proceedings. Orlando. 2, pp. 140-143.
5. GU, Y. et al. Quantification of interlinked environmental footprints on a sustainable university campus: A nexus analysis perspective. *Applied Energy*, v. 246, p. 65-76, 2019.
6. HOEKSTRA, A. Y., et al. (2011) – “Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global”. Water Footprint Network.
7. KANDANANOND, K. The energy related water footprint accounting of a public organization: The case of a public University in Thailand. *Energy Procedia*, v. 156, p. 149-153, 2019.
8. KILIAN, L.; TRICHES, R. M.; RUIZ, E. N. F. Food and sustainability at university restaurants: analysis of water footprint and consumer opinion. *Sustainability in Debate*, v. 12, n. 2, p. 79-89, 2021.
9. LUKMAN, R.; TIWARY, A; AZAPAGIC, A. Towards greening a university campus: The case of the University of Maribor, Slovenia. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 53, n. 11, p. 639-644, 2009.
10. MARACAJÁ K. F., da Silva, V. de P. R., Neto, J. D., & Araújo, L. E. de. (2012). Pegada hídrica como indicador de sustentabilidade ambiental. *REUNIR Revista De Administração Contabilidade E Sustentabilidade*, 2(2), 113-125.
11. NATYZAK, Jennifer L. et al. Virtual water as a metric for institutional sustainability. *Sustainability: The Journal of Record*, v. 10, n. 4, p. 237-245, 2017.
12. OSORIO-TEJADA, J. L.; VARÓN-HOYOS, M.; MORALES-PINZÓN, T. Comprehensive Water Footprint of a University Campus in Colombia: Impact of Wastewater Treatment Modeling. *Water, Air, & Soil Pollution*, v. 233, n. 5, p. 174, 2022.
13. STRASBURG, V. J.; JAHNO, V. D. Menu of sustainability: evaluation of water footprint in a university dining restaurant. *Ambiente e Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 10, n. 4, p. 903-914, 2015.
14. VAIDYA, B.; SHRESTHA, S.; GHIMIRE, A. Water footprint assessment of food-water-energy systems at Kathmandu University, Nepal. *Current Research in Environmental Sustainability*, v. 3, p. 100044, 2021.