

*Eixo D - Gestão de bacia hidrográfica para melhoria da qualidade da água*

## ESTIMATIVA DA PEGADA HÍDRICA NO CAMPUS DA UNICAMP

### **André de Souza Justo**

*Discente Curso Engenharia Agrícola pela Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP. E-mail: [a230409@dac.unicamp.br](mailto:a230409@dac.unicamp.br)*

### **Profa. Dra. Bárbara J. Teruel**

*Professor Livre Docente. Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP. E-mail: [barbara.teruel@feagri.unicamp.br](mailto:barbara.teruel@feagri.unicamp.br)*

### **Prof. Dr. Hildo Guillard Junior**

*Professor Assistente. Faculdade de Engenharia de São João da Boa Vista – UNESP / Email: [h.guillard@unesp.br](mailto:h.guillard@unesp.br)*

### **ABSTRACT**

*The water footprint is qualitative and quantitative indicator of water use, which can be defined as the total volume of water used, direct and indirect (water consumption that is measured, and that implicit in the production of goods and services). The index provides managers with a measurable indicator for decision-making in the management of water resources. The research sought to calculate the water footprint of the Barão Geraldo campus, University of Campinas (Unicamp) development a platform, fed with data on water consumption, quantity of meals, and other items, provided by the responsible sector in Unicamp. From the access to the water footprint indices and estimates, technological actions and aimed at sustainability actions can be implemented, incorporating the pillars environmental, social and governance factors into water management.*

**KEY WORDS:** *Water management. Living Laboratory. Universities campus*

## **1. INTRODUÇÃO**

O conceito da pegada hídrica foi introduzido como um indicador qualitativo e quantitativo de consumo de água para a humanidade, sendo definido como o volume total de água utilizado, direto (consumido no dia a dia) e indireto (consumo implícito na produção de bens e serviços). Tal índice fornece aos gestores um indicador mensurável para tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos (HOEKSTRA, *et al.* 2011).

Especificamente em campus universitários, conhecer a pegada hídrica pode auxiliar na educação ambiental, e desenvolvimento de projetos e ações que incentivem a comunidade ao uso racional deste recurso. Nesse contexto se insere este projeto, fazendo parte de objetivos da Agenda 2030 (ORGANIZACOES DE NAÇÕES UNIDAS, 2015) e de ações do projeto institucional, Campus Sustentável Unicamp, que se desenvolve como Laboratório Vivo (SILVA, *et al.*; 2022). A pesquisa aqui relatada buscou estimar a pegada hídrica do campus de Barão Geraldo, desenvolvendo uma plataforma *web* de monitoramento, alimentada com os dados de consumo de água, de refeições, e outros itens, fornecidos pela Prefeitura do Campus de Barão Geraldo.

A partir de dados fornecidos pela Prefeitura do campus de Barão Geraldo, foram realizados os cálculos da pegada hídrica, permitindo entender melhor como a água é utilizada no campus.

## 2. METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho foi dividido em duas etapas: 1- Estimativa da Pegada Hídrica (PH); 2- Desenvolvimento de uma plataforma web de monitoramento IoT. Para o escopo de Pegada Hídrica (PH), foi aplicada a metodologia de cálculo proposta por Hoekstra et al. (2011). A metodologia considera as medições de volumes de entradas e saídas de água (fluxo bidirecional) de uma entidade medida (ex: prédio de um restaurante). Ainda, o fluxo (entrada e saída) de uma entidade medida é dividido em três categorias: azul, verde e cinza (FALKENMARK & ROCKSTRÖM, 2004; HOEKSTRA & CHAPAGAIN, 2008):

- A Pegada Hídrica Verde: volume de águas pluviais armazenadas temporariamente no solo ou superfície (Ex: Água proveniente da Chuva e poços artesianos).
- A Pegada Hídrica Azul: indicador do consumo de água utilizada oriunda de rios e lagos (ex: água proveniente da Sanasa). Esta água é medida por hidrômetros.
- A Pegada Hídrica Cinza: representa a quantidade utilizada de água poluída associada ao processo de produção, descarga de sanitários, limpeza e etc.

A pegada hídrica de um produto consiste na soma das pegadas hídricas das etapas do processo ocorridas na manufatura deste produto (considerando toda a cadeia produtiva e de suprimento). A pegada hídrica de um consumidor equivale a soma das pegadas hídricas de todos os produtos consumidos por ele. Para a estimativa da pegada hídrica do campus foram consideradas a pegada azul e cinza, já que não há dados de coleta de água de chuva na Unicamp.

Para a estimativa da pegada hídrica teve-se acesso ao banco de dados (período de 01/01/2019 a 31/05/2022), proveniente das seguintes fontes:

- 1- Relatório de consumo mensal dos hidrômetros disponíveis em cada unidade do campus referente ao período citado acima fornecido pela Divisão de Água e Energia da Prefeitura do campus universitário da Unicamp. (Total: 11.202 registros).
- 2- Relatório de registros de entradas de consumidores coletadas através de catracas eletrônicas instalados em dois restaurantes da Unicamp: RU (Restaurante Universitário) e RS (Restaurante Saturnino) durante o período citado fornecido pela Divisão de Alimentação da Prefeitura do campus universitário (Total: 10.018 registros).
- 3- Relatório de população de cada unidade durante o período citado fornecido pela Diretoria Executiva de Planejamento Integrado da (DEPI) da Prefeitura do campus (Total: 6.696 registros)

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da base de dados coletadas, foram escolhidas apenas três entidades administrativas de setores diferentes do campus como escopo desta pesquisa para efeitos de discussão dos resultados:

**Tabela 1-** Unidades selecionadas

Entidade	Setor	Padrões mundiais de Referência de destinação hídrica aplicada		
		Incorporação	Evaporação	Descarte
RU – Restaurante Universitário	Alimentação	25%	5%	70%
RS – Restaurante Saturnino	Alimentação	25%	5%	70%
IMECC – I Metade Prédio Principal	Ensino	5%	0%	95%

Para entendimento sobre o padrão mundial de referência de destinação hídrica, a componente de evaporação faz parte do cálculo da pegada hídrica azul pois uma parte significativa do fluxo de evaporação é conservada (reservada) para a natureza, ou seja, é retornada para rios e lagos através de chuvas. Ela sempre é contabilizada como PH Azul. Portanto podemos perceber que as entidades de alimentação (RU e RS) possuem taxa de evaporação maior do que outros setores da universidade devido os processos de cozimentos de alimentos.

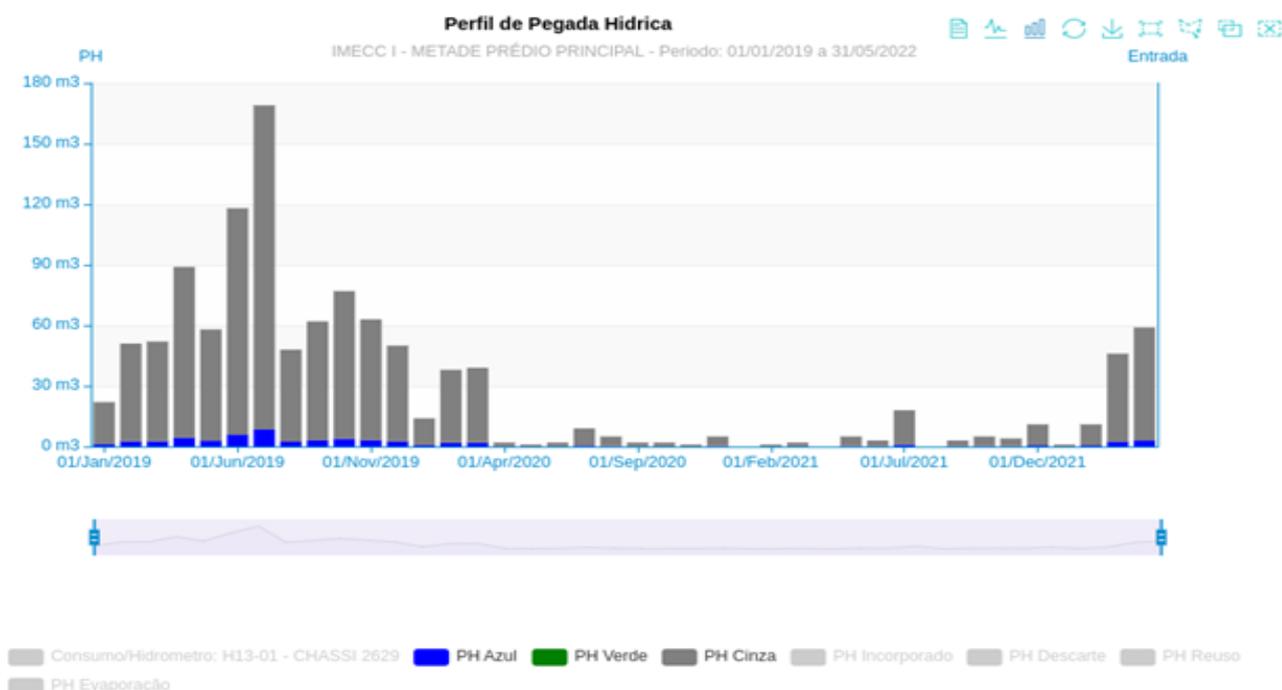
A respeito do componente Descarte tem o mesmo significado de escoamento de água de esgoto e também serve como indicador de poluição hídrica e o volume hídrica sempre será contabilizada como PH Cinza. E o último componente Incorporação tem o significado que uma parte da água é incorporado a um produto ou à água que não retorna para a mesma bacia da qual foi retirada. Ex: uma parte da água é incorporado nos alimentos cozidos nos restaurantes tais como feijão

e arroz por exemplo. Também vale para os consumidores que bebem água através dos bebedouros disponíveis nas entidades. Este componente tem o mesmo conceito de contabilização da evaporação, ou seja, ela sempre é contabilizada como PH Azul.

Foram obtidos dados (período de 01/01/2019 a 31/05/2022), do consumo de água do Instituto de Matemática, Estatística e Computação (IMECC) – Metade Prédio Principal, medidos com hidrômetro instalado na entidade citada (dados fornecidos pela prefeitura do Campus). Realizados os cálculos de PH, gerou-se o gráfico 1, identificando que:

- Do total de 160 m<sup>3</sup> consumidos, uma parcela de 8 m<sup>3</sup> (5%) de PH Azul foi incorporada conforme referência de destinação parametrizada para esta entidade, e o restante de 190 m<sup>3</sup> (95%) foi classificado como descarte, ou seja, PH Cinza.
- Não foi possível quantificar a PH Verde porque não há coleta de água de chuva na entidade administrativa IMECC.
- Entre o período de abril/2020 a fevereiro/2022 ocorreu o período de pandemia COVID-19, e suspensão das atividades presenciais no campus. A partir de março/2022 houve o retorno ao presencial.

**Gráfico 1** - Perfil de Pegada Hídrica da entidade IMECC I – Metade do prédio principal



**Tabela 2** – Perfil de Pegada Hídrica por categoria de consumidor da entidade IMECC

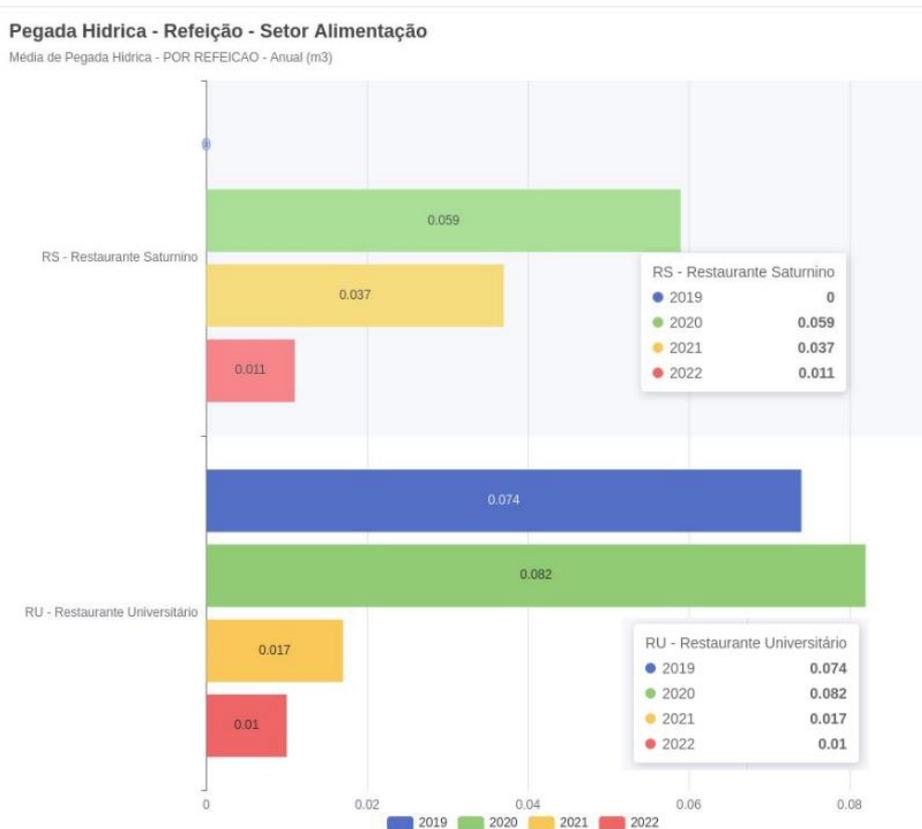
Instituto de Matemática, Estatística e Computação (IMECC)					
Média Pegada Hídrica (m <sup>3</sup> ) por categoria de consumidor					
	Ano 2019	Ano 2020	Ano 2021	Ano 2022	Tendência
Discentes Doutorado	3,1642	1,3149	0,492	1,6371	
Docentes	11,177	4,645	1,5967	5,8063	
Discentes Mestrado	3,1401	1,305	0,4486	1,6312	
Discentes Graduação	1,1429	0,475	0,1638	0,5937	
Técnicos Administrativos	0,6256	0,0026	0,0893	0,3249	
<b>Total</b>	<b>19,2498</b>	<b>7,7425</b>	<b>2,7904</b>	<b>9,9932</b>	

Foi possível constatar que o consumo de água no prédio do IMEEC teve um aumento entre os meses de junho a julho de 2019, e assim como destacado na tabela 2 (média de pegada hídrica por categoria de consumidor), a categoria de docentes revelou ser a de maior consumo. Provavelmente por ser um prédio destinado às salas de docência.

Pode-se identificar a queda acentuada de pegada hídrica entre o período de abril/2020 a fevereiro/2022 devido ao período de pandemia COVID-19. Já a partir de março/2022, com o retorno das atividades presenciais no campus, houve aumento acentuado, de 263%, do uso de água e indicadores.

As estimativas de PH relacionadas com a elaboração dos alimentos servidos nos restaurantes RU e RS, são mostradas no gráfico 3. No RU, entre os 2019 a 2020, a média de água utilizada no preparo dos alimentos foi de 0,078 m<sup>3</sup>, e em 2021 teve uma redução de 78%. No RS, em 2019 não houve serviço, e entre os anos 2020 a 2021 houve uma queda de PH de 37%, devido à diminuição da quantidade de refeições servidas (Gráfico 2).

**Gráfico 2** - Comparação de Pegada Hídrica por produto (Refeição) entre dois restaurantes – Média anual de consumo de água por prato/refeição (m<sup>3</sup>)



#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Constatou-se que em alguns prédios do campus não há medição do consumo de água.

Os dados fornecidos pela Prefeitura do Campus auxiliaram na criação de um banco que está sendo utilizado para realizar as estimativas de pegada hídrica.

O trabalho continua a ser desenvolvido, procurando estimar com maior precisão os índices que compõem a pegada hídrica.

A partir do acesso aos índices e estimativas de PH podem ser implementadas ações de ordem tecnológico (hidrômetros), ações e campanhas de conscientização e uso racional da água, incorporando à gestão hídrica os pilares do ESG, fatores ambientais, sociais e de governança.

O desenvolvimento da plataforma web de monitoramento IoT continua em desenvolvimento, e espera-se a disponibilização em breve, para uso da comunidade e dos setores de gerenciamento hídrico da UNICAMP.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HOEKSTRA, A. Y., E A. K. CHAPAGAIN, A.; ALDAYA, M. MEKONNE, M. Manual de Avaliação da Pegada Hídrica. Adaptação do: The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. Earthscan. 2011. Available from: <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>. Acesso em: 12/09/2022.

HOEKSTRA, A. Y., E A. K. CHAPAGAIN. Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2008.

HOEKSTRA, A. Y., Chapagain, A.; Aldaya, M. Mekonne, M. Manual de Avaliação da Pegada Hídrica. Adaptação do: The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. Earthscan. 2011.

FALKENMARK, M. AND ROCKSTRÖM, J. (2004) Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology, Earthscan, London.

SILVA LCP, VILLALVA MG, DE ALMEIDA MC, BRITTES JLP, YASUOKA J, CYPRIANO JGI, *et. al.* Sustainable Campus Model at the University of Campinas, Brazil: An Integrated Living Lab for Renewable Generation, Electric Mobility, Energy Efficiency, Monitoring and Energy Demand Management. In: Leal Filho W, Frankenberger F, Iglecias P, Mulfarth RCK, editors. Towards Green Campus Operations: Energy, Climate and Sustainable Development Initiatives at Universities. Springer International Publishing; 2018. p. 457–472. Available from: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76885-4\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76885-4_30). Acesso em: 12/09/2022

ORGANIZACOES DE NAÇÕES UNIDAS, Objetivos ODS Agenda 2030, 2015 - Available from: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6> Acesso em: 12/09/2022