

# ÁGUA E O AMBIENTE CONSTRUÍDO

Daniel Sant'Ana  
(Organizador)



 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

# ÁGUA E O AMBIENTE CONSTRUÍDO

Daniel Sant'Ana  
(Organizador)



 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena

Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Daniel Sant'Ana

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

A282 Água e o ambiente construído / Organizador Daniel Sant'Ana. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-771-0

DOI 10.22533/at.ed.710212701

1. Água. I. Sant'Ana, Daniel (Organizador). II. Título.  
CDD 577.6

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A coleção “*Água e o Ambiente Construído*” tem como objetivo disseminar o estado atual do conhecimento das diferentes áreas de pesquisa pela publicação de estudos que abordam os aspectos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais da água e do ambiente construído.

A pressão sobre os recursos hídricos no Brasil, é um produto do crescimento populacional, expresso em altos índices de expansão urbana, desmatamento e poluição de água, associado às alterações no clima, afetando tanto a quantidade como a qualidade de águas superficiais e subterrâneas. Diante desta realidade, torna-se necessário promover uma gestão pautada na sustentabilidade, incentivando medidas capazes de preservar nossos mananciais.

O primeiro capítulo destaca a importância do uso de modelos de previsão de demanda urbana de água como ferramenta de planejamento de recursos hídricos, seja pelo dimensionamento de sistemas de água e esgoto ou para a simulação dos efeitos de políticas públicas e programas voltados para conservação de água.

Uma das principais ações para promover a conservação de água em edificações está na otimização das instalações hidráulicas prediais, como exemplo, pelo controle das pressões nas redes de água fria para reduzir as vazões de uso e minimizar perdas por vazamentos (Capítulo 2). Porém, para avaliar o desempenho de diferentes estratégias voltadas à conservação de água em edificações, é fundamental realizar um diagnóstico instalações prediais e usos-finais de água (Capítulo 3).

Os comitês de bacia hidrográficas possuem um papel fundamental na gestão quantitativa e qualitativa das águas. Contudo, o Capítulo 4 apresenta algumas barreiras a serem vencidas dentro do Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas em Pernambuco. Já o Capítulo 5 discorre sobre o uso do termo ‘microbacias’ e defende a importância da gestão da água dentro desta escala reduzida.

Realmente, faz sentido avaliar os impactos ambientais gerados pela cidade dentro da escala da microbacia urbana. Observamos, nos capítulos subsequentes, o acompanhamento e monitoramento quantitativo e qualitativo de águas subterrâneas (Capítulo 6), avaliação de canais naturais (Capítulo 7) e até mesmo a detecção e quantificação de fármacos e pesticidas em águas superficiais (Capítulo 8).

Os capítulos finais reforçam a importância de conscientizar e educar a população com o objetivo de preservar mananciais, seja por meio de um programa que contou com a participação da sociedade para identificar nascentes que precisavam ser recuperadas (Capítulo 9) ou pela educação ambiental em escola pública para a conservação de nascentes (Capítulo 10).

Este volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes partes do país, trazendo de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos à demanda urbana de água, usos-finais de água, instalações prediais, instrumentos de gestão de água, análise de qualidade de água e educação ambiental. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

**Daniel Sant'Ana**

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
UMA REVISÃO DOS MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA DE ÁGUA EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE	
Livia Santana	
Daniel Sant'Ana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
PADRÕES OPERACIONAIS DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA DO INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	
Matheus Marques Martins	
Arthur Tavares Schleicher	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
ANÁLISE DOS USOS-FINAIS DE ÁGUA DE UMA QUITINETE EM BRASÍLIA	
Bruno Cabral Dos Santos Bomfim	
Daniel Sant'Ana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO, CENÁRIO ATUAL E AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE PROCOMITÊS NO ESTADO DE PERNAMBUCO	
Alex Lima Rola	
Magno Souza da Silva	
Wenil Alves do Nascimento	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>50</b>
MICROBACIA: IMPORTÂNCIA DAS PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	
Joel Cândido dos Reis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>56</b>
ACOMPANHAMENTO DO MONITORAMENTO QUALIQUANTITATIVO DE POÇOS ARTESIANOS DO PERÍMETRO IRRIGADO DE MORADA NOVA, CEARÁ, EM DIFERENTES ESTAÇÕES E ANOS	
Emanuela Bento de Lima	
Dálete de Menezes Borges	
Glêidson Bezerra de Góes	
José Willamy Ribeiro Marques	
Rildson Melo Fontenele	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127016</b>	

<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>67</b>
<b>ANÁLISE DE CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE DADOS BATIMÉTRICOS COLETADOS COM ADCP PARA A OBTENÇÃO DE PERFIS TRANSVERSAIS E PARÂMETROS HIDRÁULICOS EM CANAIS NATURAIS</b>	
Wênil Alves do Nascimento	
George Rorigues de Sousa Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127017</b>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>79</b>
<b>DETECÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE FÁRMACOS E PESTICIDAS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS NO BRASIL: TOXICOLOGIA AOS ORGANISMOS EXPOSTOS</b>	
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127018</b>	
<b>CAPÍTULO 9.....</b>	<b>90</b>
<b>O PROGRAMA OLHO D'ÁGUA E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENFRENTAMENTO DA CRISE HÍDRICA EM PRESIDENTE KENNEDY-ES</b>	
Carla Corrêa Pacheco Gomes	
Geane Pacheco da Silva Florindo	
Katia Corrêa Pacheco	
Róger Costa Fonseca	
Desirée Gonçalves Raggi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7102127019</b>	
<b>CAPÍTULO 10.....</b>	<b>103</b>
<b>EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA A CONSERVAÇÃO DE NASCENTES: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA</b>	
Victor Hugo de Oliveira Henrique	
Romário Custódio Jales	
Vanusa Mariano Santiago Schiavinato	
Leiliane Erminia da Silva Stefanello	
Larissa Gabriela Araujo Goebel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71021270110</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>114</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>115</b>

## PADRÕES OPERACIONAIS DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA DO INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 07/01/2021

### Matheus Marques Martins

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/7655757608187406>

### Arthur Tavares Schleicher

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental  
Brasília – DF  
<http://lattes.cnpq.br/3450296063299235>

**RESUMO:** O Instituto Central de Ciências (ICC) é o principal prédio da Universidade de Brasília (UnB) e maior consumidor de água do *Campus* Darcy Ribeiro. Contando com abastecimento direto, uma alternativa para reduzir as despesas com água é o controle de pressões nas instalações prediais de água fria. A partir da instalação de manômetros em dois banheiros do ICC, foram levantados dados de pressão a cada cinco minutos entre abril e julho de 2019. Os dados de vazão foram levantados por meio de um hidrômetro ultrassônico com telemetria instalado na ligação predial do ICC à rede de abastecimento com medições horárias de junho a agosto de 2019. Foi observado que as pressões constantemente ultrapassaram o máximo de 40 mca recomendado pela NBR 5626/2020, prejudicando a integridade das instalações prediais e também podendo ser associado a

uma vazão maior de vazamentos. A situação é mais crítica no período noturno e em dias sem aula, sendo que a ocorrência de vazões elevadas durante o período da noite pode ser relacionada a vazamentos de água no prédio. As simulações hidráulicas no programa EPANET confirmaram que o funcionamento de mais uma entrada de água no prédio e a troca das tubulações em ferro fundido por tubulações em PEAD são alternativas eficazes para melhorar a distribuição de pressões nas instalações prediais de água fria do ICC.

**PALAVRAS-CHAVE:** Instalações prediais de água fria, Consumo de água, Pressão de água, Perdas de água prediais.

### OPERATIONAL PATTERNS OF THE CENTRAL INSTITUTE OF SCIENCES' WATER FACILITIES IN UNIVERSITY OF BRASÍLIA

**ABSTRACT:** The Central Institute of Sciences (known as ICC) is the main building of the University of Brasília and also the greatest water consumer in the Darcy Ribeiro *Campus*. Since the building is directly supplied, a solution raised to reduce water bills was monitoring water pressures inside the building. Pressure data were obtained every five minutes from April 2019 to July 2019 from two manometers installed in restrooms located in the ICC. Flow data were obtained hourly from June 2019 to August 2019 using an ultrasonic hydrometer installed in the connection of the ICC's water facilities and the water distribution system. It was confirmed that water pressures constantly exceed the maximum limit of 40 mH<sub>2</sub>O recommended by NBR 5626/2020, which affects the integrity of water facilities and

can also be associated with a higher leakage flow. The critical scenario occurs at night and on non-class days, as the occurrence of high flows at night can be related to water leaks in the building. The hydraulic simulations developed using the software EPANET confirmed that one more water inlet in the building and the exchange of cast iron pipes for HDPE pipes are effective solutions to provide a better pressure distribution in the ICC's water facilities.

**KEYWORDS:** Water facilities, Water consumption, Water pressure, Water losses in buildings.

## 1 | INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água na natureza é limitada, devendo-se combater os desperdícios e minimizar as perdas. Os desperdícios estão relacionados ao modo como os consumidores lidam com a água, enquanto as perdas estão relacionadas à ocorrência de fugas e vazamentos na rede de distribuição ou à água consumida e não faturada, seja por fraude do consumidor ou por problema de medição no hidrômetro (LAMBERT e HIRNER, 2000).

Segundo dados do DPO (2019), o *Campus Darcy Ribeiro* contava com 48.317 alunos de graduação e pós-graduação matriculados no segundo semestre de 2018. Considerando docentes, técnico-administrativos e visitantes, constata-se que a população universitária representa uma demanda diária expressiva de água. O Instituto Central de Ciências (ICC) abriga diversos institutos, faculdades, salas de aula, auditórios e atividades de apoio acadêmico. Por este motivo, o consumo de água no ICC corresponde a 24% do consumo de água no *Campus Darcy Ribeiro* (MATOS e LOPES, 2016), maior índice entre os prédios do *Campus*. Além disso, a ocorrência de pressões acima do limite recomendado pela NBR 5626/2020 nas instalações prediais de água fria do ICC (ARAÚJO e VIRGOLIM, 2010; OLIVEIRA, 2018) aumenta o consumo de água e potencializa a vazão dos vazamentos. Desse modo, o controle de pressões nas instalações prediais de água fria do ICC pode promover economias significativas para a Universidade de Brasília (UnB).

Este trabalho se baseou na aquisição de dados de pressão e de vazão em campo, e em simulações hidráulicas para realizar um diagnóstico do sistema predial de água fria do ICC, de modo a propor recomendações quanto ao atendimento dos limites de pressão estabelecidos pela norma NBR 5626/2020 e ao controle do consumo de água.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Sistema de distribuição predial

A ligação predial corresponde ao conjunto de tubulações, estrutura de medição e peças de conexão instalados com a finalidade de estabelecer uma comunicação hidráulica entre a rede pública de distribuição de água potável, operada por uma prestadora de serviços de saneamento, e a instalação predial, utilizada por um consumidor (TSUTIYA, 2006).

A rede predial de distribuição de água é descrita pela NBR 5626/2020 como o conjunto de tubulações constituído de barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais, ou de alguns destes elementos, destinado a levar água aos pontos de utilização. A NBR 5626/2020 estabelece ainda que o dimensionamento das instalações prediais deve ser considerar: vazões de projeto em função da peça de utilização e uso simultâneo provável de dois ou mais pontos de utilização; velocidade da água inferior a 3,0 m/s em qualquer trecho; pressão da água superior a 0,5 mca em condições dinâmicas (com escoamento) e inferior a 40 mca em condições estáticas (sem escoamento) em qualquer ponto da rede.

## 2.2 Simulações hidráulicas

As simulações hidráulicas possibilitam avaliar a distribuição de pressões na rede, analisar o impacto de manutenções e intervenções, estimar as perdas por vazamentos e planejar expansões, considerando crescimento populacional e mudanças de uso e ocupação do solo. A calibração com dados de pressão e vazão levantados em campo torna o modelo mais confiável.

No programa EPANET, os nós do modelo hidráulico possuem dois dados de entrada: a cota e o consumo base; enquanto os trechos possuem três dados de entrada: o comprimento, a rugosidade e o diâmetro das tubulações. O consumo base no nó pode ser estimado pelo método dos pesos relativos, sendo o consumo máximo possível calculado pela Equação 1.

$$Q = C\sqrt{\Sigma P} \quad (1)$$

Onde:

Q = Vazão (l/s);

C = Coeficiente de descarga = 0,30 l/s;

$\Sigma P$  = Soma dos pesos de todas as peças de utilização alimentadas pelo trecho considerado.

No caso de instalações prediais de água que atendam a muitas peças de utilização, deve ser considerada a probabilidade de uso simultâneo dos aparelhos sanitários sob condições normais. A percentagem máxima provável de uso é definida utilizando o ábaco mostrado na Figura 1.

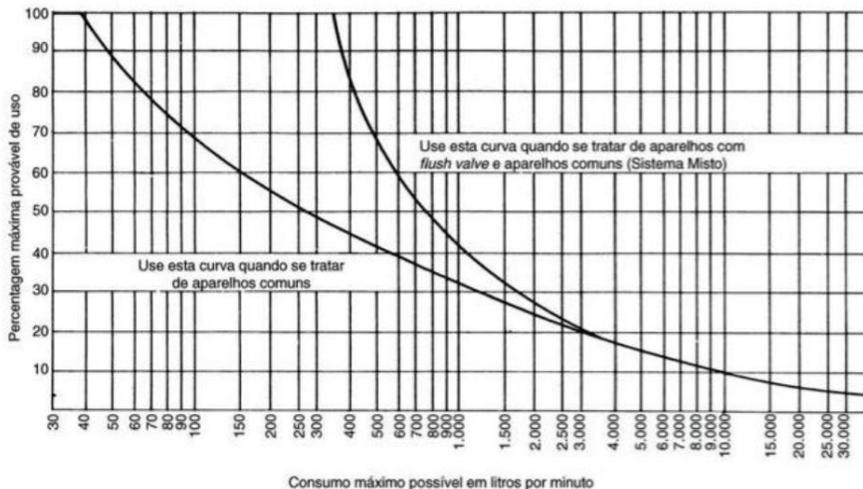


Figura 1. Probabilidade de uso simultâneo de aparelhos sanitários (Creder, 2006).

## 2.3 Consumo de água

Segundo o Portal UnBNotícias (2018), a adoção de medidas como o acompanhamento da conta de água por prédio, a racionalização do uso da água nos serviços de limpeza e mudanças nos processos de irrigação resultaram em uma economia de R\$ 472 mil na conta de água da universidade na comparação entre os anos de 2016 e 2017.

A análise do consumo de água em instituições de ensino deve observar que os consumidores representam uma população flutuante e que o consumo possui oscilações diárias e mensais. Como o usuário não é responsável direto pelo pagamento da conta de água em escolas e universidades públicas, há uma tendência maior ao desperdício de água (NUNES, 2000). Sendo assim, as campanhas de conscientização constituem uma medida essencial para a redução do consumo de água, devendo ser elaboradas após a caracterização da população e de seu comportamento (SILVA et al., 2006). A troca de equipamentos hidrossanitários convencionais por aparelhos economizadores de água e o aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis também são alternativas que se mostram eficazes.

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Local de estudo

O *Campus* Darcy Ribeiro está localizado no bairro Asa Norte, em Brasília/DF. A alimentação do *Campus* é realizada por uma rede de distribuição de água ramificada (Figura 2), com todos os prédios possuindo hidrômetros individualizados. As instalações prediais

de água fria do ICC são ligadas à rede de distribuição do *Campus* por quatro diferentes entradas: duas na saída sul, uma no ICC Norte e outra na saída norte. Entretanto, apenas a alimentação na saída sul pelo Bloco B está em funcionamento.

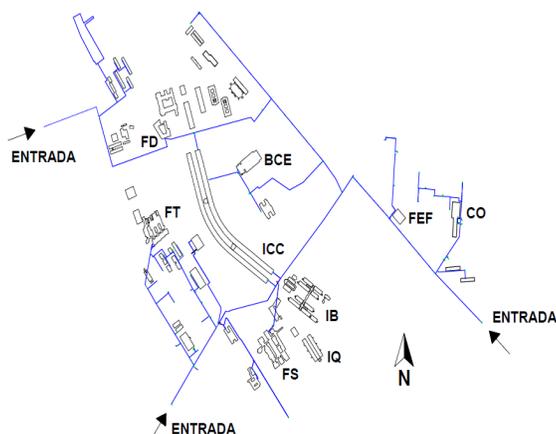


Figura 2. Rede de distribuição de água do *Campus* Darcy Ribeiro.

### 3.2 Levantamento de dados de pressão e de vazão

Os dados de pressão foram obtidos remotamente a partir da instalação de manômetros com *data logger* em dois banheiros no mezanino do prédio, um na região sul (B1-33/60) e outro na região norte (B1-633/62). Tais manômetros correspondem ao modelo *Z.10.B* da marca *Zürich*, com capacidade de medição entre 0 e 100 mca. As localizações aproximadas são apresentadas na Figura 3 e o modo como os manômetros foram instalados é exibido na Figura 4.

A coleta de dados de pressão se estendeu entre 25 de abril e 12 de julho de 2019 (representando o período letivo) e entre 18 e 31 de julho de 2019 (representando o período de férias). Cada coleta de dados semanal registrou as pressões em intervalos de cinco minutos, totalizando 2300 pontos.



Figura 3. Localização aproximada dos manômetros instalados no ICC.



Figura 4. Instalação do manômetro no banheiro B1-633/62.

Os dados de pressão foram divididos em período letivo e período de férias, sendo que o período letivo foi subdividido em dias com aula e sem aula. A UnB define os turnos como diurno e noturno, entretanto os dias com aula foram subdivididos em três turnos para observar melhor como a pressão varia ao longo do dia: matutino (06:00 a 11:59), vespertino (12:00 a 17:59) e noturno (8:00 a 23:00).

Os dados de vazão foram fornecidos diretamente pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) e abrangeram o período de 01 de junho a 31 de agosto de 2019. O levantamento de dados foi realizado por um hidrômetro ultrassônico com telemetria modelo *Octave* com diâmetro nominal de 50 mm da marca *Arad*. O cavalete instalado na ligação predial do ICC, localizado na saída sul do prédio, é exibido na Figura 5.



Figura 5. Cavalete com hidrômetro ultrassônico instalado na saída sul do ICC.

Durante o período em análise, as aulas se estenderam de 01/06 a 12/07 e de 12/08 a 31/08, havendo férias entre os dois intervalos. No período letivo e no período de férias, as vazões médias foram separadas em dois grupos: dias de semana e finais de semana.

### 3.3 Modelagem hidráulica no EPANET

As simulações foram executadas utilizando a formulação de Darcy-Weisbach, e em condições ideais: a alimentação na entrada do prédio foi simulada como um reservatório de nível fixo com nível de água de 40 m. As cotas dos nós foram definidas de acordo com o pavimento do prédio: 0,0 m para o subsolo, 3,4 m para o térreo e 6,6 m para o mezanino (Figura 6). As ramificações com mais de um nó representam as colunas verticais de distribuição.

A partir das plantas em formato DWG dos três pavimentos do ICC, foi levantado o número de bacias sanitárias, mictórios, lavatórios e chuveiros alimentados por cada nó. Após calcular o consumo máximo possível do prédio (15.514,8 l/min) pelo método dos pesos relativos (Equação 1), foi definida uma percentagem máxima provável de uso em 8% por meio da Figura 1.

Foram indicadas rugosidades absolutas de 0,25 mm para tubulações em ferro fundido e de 0,0015 mm para tubulações em PEAD (polietileno de alta densidade). Os condutos principais e suas ramificações possuem diâmetro nominal de 76,2 mm (três polegadas), enquanto uma derivação no bloco A do ICC Sul (exibida em azul escuro) possui diâmetro nominal de 101,6 mm (quatro polegadas). Os diâmetros dos condutos são apresentados na Figura 7.

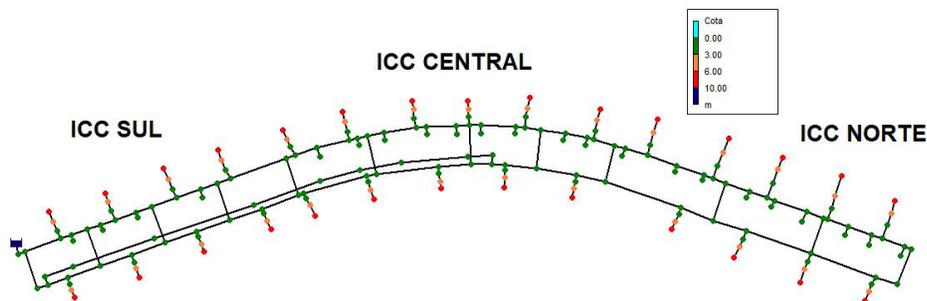


Figura 6. Cotas dos nós no modelo hidráulico do ICC.

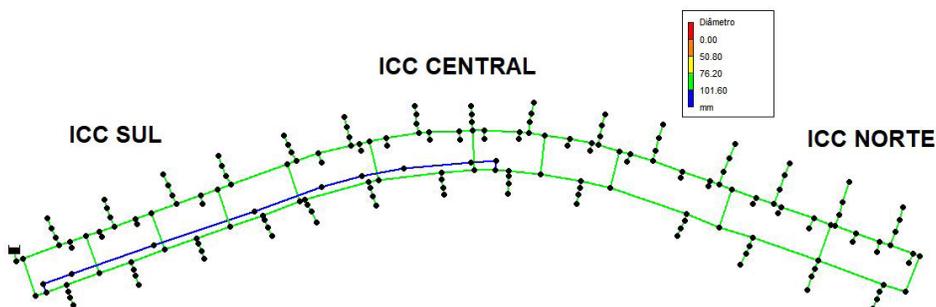


Figura 7. Diâmetros dos trechos no modelo hidráulico do ICC.

As simulações hidráulicas no EPANET variaram os pontos de entrada de água do prédio e o material das tubulações. O Cenário 1 (tubulação em ferro fundido com alimentação pela saída sul) corresponde à operação atual. Nos Cenários 2 (tubulação em ferro fundido com alimentação pelas saídas sul e norte) e 3 (tubulação em ferro fundido com alimentação pela saída sul e pelo ICC Norte), as simulações foram realizadas com a alimentação pela saída sul abastecendo o ICC Sul e Central, enquanto a segunda alimentação abastece apenas o ICC Norte. O Cenário 4 (tubulação em PEAD com alimentação pela saída sul) corresponde à substituição das tubulações. Em cada cenário, foi observado se as pressões nos nós atenderiam aos limites impostos pela NBR 5626/2020. Os cenários simulados também foram comparados entre si quanto à distribuição de pressões nas instalações prediais de água fria do ICC.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Pressão nas instalações prediais de água fria do ICC

As variabilidades dos dados de pressão levantados nos banheiros com manômetros instalados durante o período letivo e durante o período de férias são apresentadas, respectivamente, nas Figuras 8 e 9 (X representa a média).

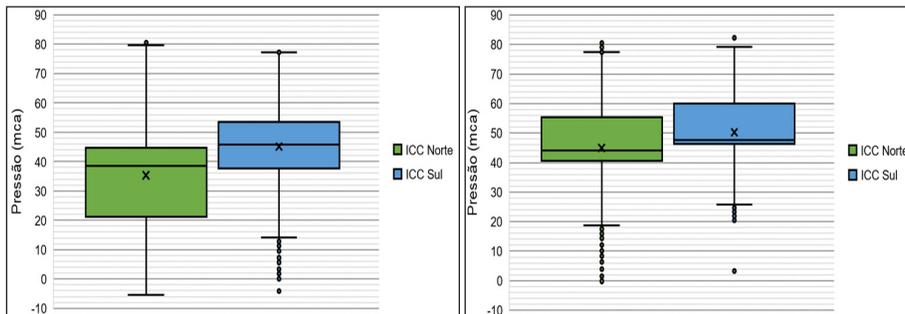


Figura 8. Variabilidade da pressão durante o período letivo: à esquerda, nos dias com aula; à direita, nos dias sem aula.

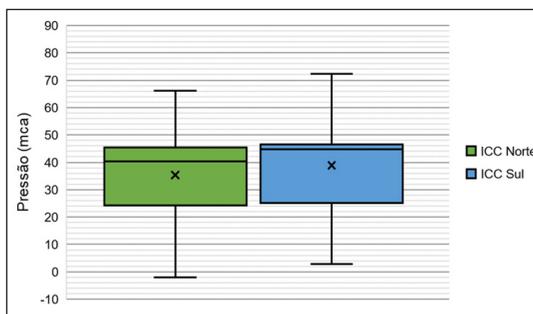


Figura 9. Variabilidade da pressão durante o período de férias.

Durante o período letivo, o banheiro no ICC Sul apresentou um padrão de pressões maior que o banheiro no ICC Norte, principalmente nos dias com aula, porque a alimentação do prédio ocorre pela saída sul e há perda de carga distribuída ao longo dos condutos em direção à saída norte. Durante as férias, o padrão de pressão registrado no ICC Sul e no ICC Norte foi considerado similar, devido à queda no consumo de água durante o mês de julho, quando menos pessoas circulam pela edificação. O limite superior estabelecido pela NBR 5626/2020 (40 mca) foi constantemente ultrapassado no banheiro do ICC Sul nos dias com aula.

Nos dias com aula, o banheiro do ICC Norte apresentou 57,0% dos dados de pressão dentro da faixa recomendada de operação (entre 0,5 e 40 mca). Por outro lado, é o único cenário com uma quantidade mais significativa de dados (3,3%) abaixo de 0,5 mca, o que pode resultar em mau funcionamento dos aparelhos hidrossanitários em diversos momentos do dia. Uma solução para garantir o abastecimento de água no ICC Norte nos dias com aula seria a ramificação dos ramais de abastecimento para encurtar os caminhos da água em momentos de alta demanda. Pensando em longo prazo, deve ser considerada a substituição da tubulação de ferro fundido por uma tubulação em PEAD, uma vez que a ocorrência de incrustações implica na necessidade de pressões mais elevadas para garantir o abastecimento.

Nos dias sem aula, 83,5% dos dados no banheiro do ICC Sul e 75,9% dos dados no banheiro do ICC Norte se encontram acima de 40 mca. Como não há problema com pressões baixas nos dias sem aula, a operação de uma válvula redutora de pressão (VRP) pode ser suficiente para amenizar o problema e também reduziria possíveis vazões de vazamentos.

Para observar melhor como as pressões oscilam ao longo de um dia, foi escolhido um dia típico de aula (22 de maio de 2019, quarta-feira) para observação. Nas Figuras 10 e 11, são apresentadas as variações de pressão neste dia nos banheiros do ICC Sul e do ICC Norte, respectivamente.

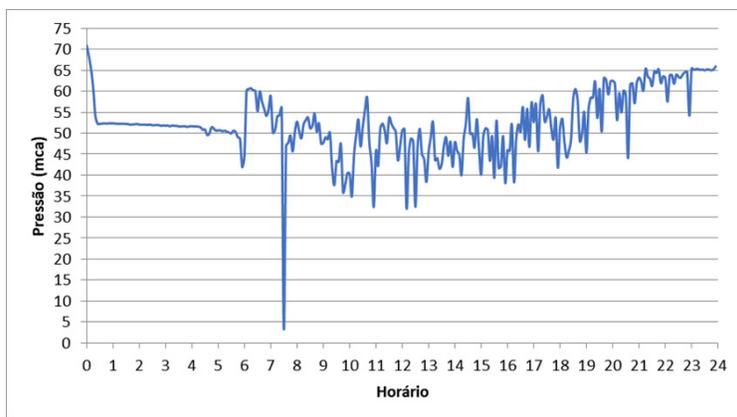


Figura 10. Variação da pressão no banheiro do ICC Sul no dia 22 de maio de 2019.

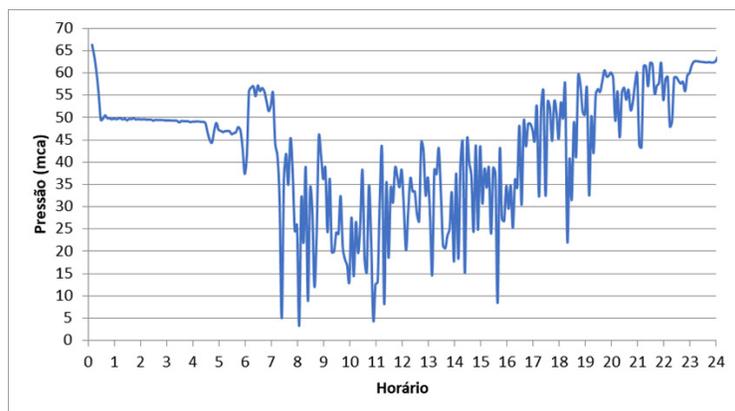


Figura 11. Variação da pressão no banheiro do ICC Norte no dia 22 de maio de 2019.

O funcionamento de uma VRP instalada na rede de abastecimento é observado entre 00:30 e 06:00, mantendo as pressões controladas em torno de 50 mca. A partir de

07:00, as pressões mantêm um padrão oscilatório decorrente da alimentação direta do prédio. As pressões oscilam mais no banheiro do ICC Norte, o que pode ser relacionado à maior distância para a alimentação do prédio ou a um maior uso comparado ao banheiro no ICC Sul. Em ambos os banheiros, é observado um aumento de pressão a partir de 17:00 (próximo ao fim do período diurno), culminando em pressões mais elevadas no período noturno.

## 4.2 Vazão na ligação predial do ICC

Nas Figuras 12 e 13, são apresentadas as variações horárias de vazão durante o período letivo e durante as férias, respectivamente. Não foram registradas vazões antes de 07:00 e após 22:00 nos três meses analisados, entretanto o hidrômetro ultrassônico possui limite mínimo de medição de 60 l/h, ou seja, vazões inferiores a 0,016 l/s não são registradas.

Entre junho e agosto de 2019, a vazão se manteve predominantemente entre 0,6 l/s e 1,1 l/s. As maiores vazões foram registradas durante o período da manhã e entre 19:00 e 21:00, enquanto as menores vazões ocorreram no período da tarde.

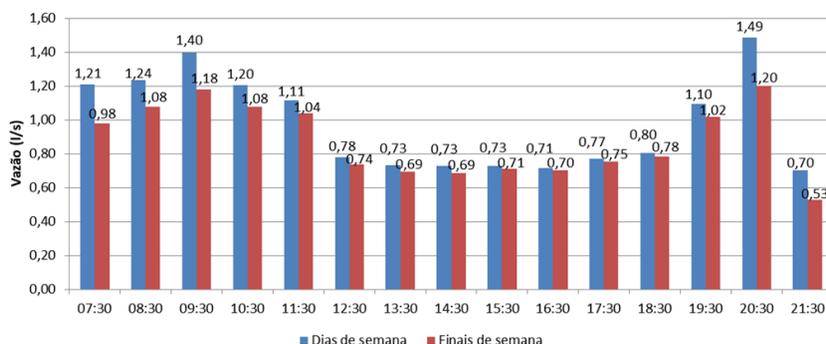


Figura 12. Vazões médias horárias durante o período letivo.

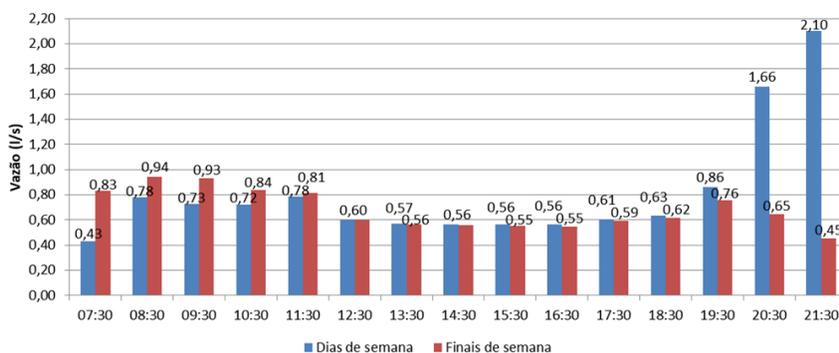


Figura 13. Vazões médias horárias durante o período de férias.

As vazões registradas em dias de semana foram maiores que as registradas nos finais de semana, o que é explicado pelo aumento do consumo de água decorrente de uma presença maior de pessoas no prédio nos dias com aula. As diferenças mais significativas entre as vazões nos dias de semana e nos finais de semana ocorreram antes de 10:00 e após 20:00, horários com maiores vazões registradas. Por outro lado, as vazões registradas nos finais de semana do período letivo não acompanharam o padrão de redução observado do período letivo para o período de férias. Isso significa que pode haver uma demanda especial nos finais de semana do período letivo, como equipamentos de laboratório que consomem água todos os dias. Durante os finais de semana, as pressões são mais estáveis devido a manobras de válvulas externas ao *Campus*, justamente para reduzir as pressões e, conseqüentemente, as perdas de água.

Nas férias, as vazões oscilaram menos ao longo do dia, porém ainda foram observadas vazões elevadas após 20:00 nos dias de semana, inclusive superiores às registradas dentro do período letivo. Como no período da noite também foram registradas as maiores pressões nas instalações prediais do ICC, pode ser um indício de ocorrência de vazamentos nesse horário.

### 4.3 Simulação hidráulica no EPANET

Na Figura 14, são apresentadas resumidamente as pressões calculadas pelo EPANET nos quatro cenários explicados anteriormente.

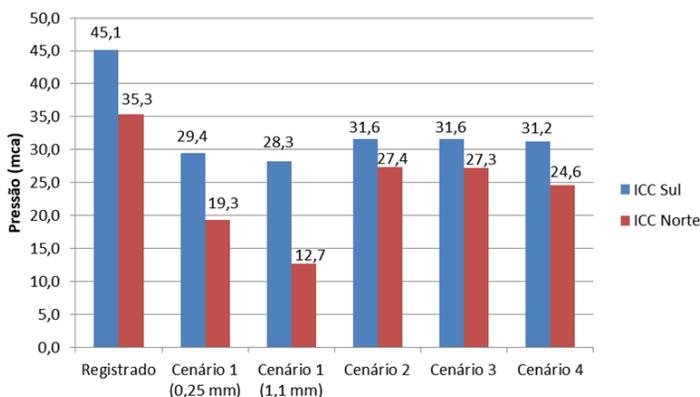


Figura 14. Comparativo entre as pressões nos dois banheiros do ICC analisados.

No Cenário 1, as simulações hidráulicas foram realizadas adotando rugosidades absolutas de 0,25 mm (rugosidade teórica) e de 1,1 mm (rugosidade máxima apropriada) para avaliar se a ocorrência de incrustações. A diferença de pressão considerando rugosidade teórica (10,2 mca) se aproximou mais da registrada pelos manômetros em campo (9,8 mca).

Em relação à abertura de uma nova entrada de água no ICC, não foram observadas diferenças significativas para definir uma preferência pela saída norte (Cenário 2) ou pelo meio do ICC Norte (Cenário 3). A nova entrada de água possibilita a redução da pressão na entrada do ICC Sul, uma vez que a alimentação do ICC Norte não dependeria mais da alimentação do ICC Sul.

A troca das tubulações em ferro fundido por tubulações em PEAD (Cenário 4) também se mostrou satisfatória, pois provocou uma redução expressiva na diferença de pressão entre os dois banheiros (6,2 mca) quando comparado ao Cenário 1 com rugosidade absoluta de 0,25 mm (10,2 mca), porém é preciso ressaltar que se trata de uma medida que demandaria tempo para ser colocada em prática, além de proporcionar custos elevados.

## 5 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foi verificada uma relação entre menor movimentação/consumo de água e pressões mais elevadas nas instalações prediais, como nos dias sem aula dentro do período letivo e no período noturno. Quanto aos limites estabelecidos pela NBR 5626/2020, mais de 70% das medições estavam acima do limite de 40 mca no ICC Norte nos dias sem aula e no ICC Sul nos dias com e sem aula. Um número mais significativo de medições abaixo de 0,5 mca foi observado no ICC Norte em dias com aula, o que pode resultar em mau funcionamento dos aparelhos hidrossanitários. No período noturno, mais de 75% das medições estavam acima de 40 mca no banheiro do ICC Sul, incluindo cerca de 50% das medições acima de 50 mca. Portanto, o limite superior de pressão estática é frequentemente ultrapassado, o que prejudica a integridade das instalações prediais de água fria do ICC e também potencializa as perdas de água.

Os dados fornecidos pela CAESB mostraram que as vazões na ligação predial do ICC costumam variar entre 0,6 l/s e 1,1 l/s. A ocorrência de vazões elevadas durante o período da noite, mesmo durante o período de férias, pode ser relacionada a possíveis vazamentos de água no ICC.

Por meio de simulações hidráulicas no EPANET, concluiu-se que a abertura de uma nova entrada de água para alimentar exclusivamente o ICC Norte é uma medida eficaz para melhorar a distribuição de pressões nas instalações prediais de água fria do ICC. A substituição das tubulações em ferro fundido por novas tubulações em PEAD também é uma alternativa que apresenta bons resultados, porém demandaria mais tempo e recursos.

Um monitoramento mais controlado da pressão e da vazão no ICC seria extremamente vantajoso do ponto de vista do consumo e das perdas de água, podendo proporcionar reduções significativas dos gastos da universidade com as contas de água. Mais alternativas podem ser estudadas nesse contexto de monitoramento dos padrões operacionais das instalações prediais de água fria do ICC e de redução do consumo de água da universidade, como o uso de reservatórios para amortecer o abastecimento de água e o impacto da instalação de válvulas redutoras de pressão.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente** – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 56 p., 2020.

ARAÚJO, G.A.; VIRGOLIM, V.R. **Análise de consumo de água e perdas no Campus da UnB**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade de Brasília, Brasília, 164 p., 2010.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6ª ed., LTC, Rio de Janeiro, 423 p., 2006.

DPO – Decanato de Planejamento, Orçamento e Avaliação Institucional. **Anuário Estatístico da UnB**. Brasília, 381 p., 2019.

LAMBERT, A.; HIRNER, W. **Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures**. IWA – The Blue Pages, Londres, Inglaterra, 13 p., 2000.

MATOS, C.R.; LOPES, T.P.R.M. **Consumo de água no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília: estudo de medidas para redução de perdas**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade de Brasília, Brasília, 214 p., 2016.

NUNES, S.S. **Estudo da conservação de água em edifícios localizados no campus da Universidade Estadual de Campinas**. Dissertação (Mestrado em Edificações). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 144 p., 2000.

OLIVEIRA, R.S. **Estudo de reservatórios e redução de perdas de água na Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade de Brasília, Brasília, 80 p., 2018.

SILVA, G.S.; TAMAKI, H.O.; GONÇALVES, O.M. **Implementação de programas de uso racional da água em campi universitários**. In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 49-61, Jan./Mar. 2006.

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de água**. 3ª ed., Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 643 p., 2006.

UnBNOTÍCIAS. **Em ano de crise hídrica, UnB economiza 14% no consumo**. 2018. Disponível em: <<https://noticias.unb.br/76-institucional/2182-em-ano-de-crise-hidrica-unb-economiza-14-no-consumo>>. Acesso em: 04 Jan. 2020.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

ADCP 67, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77

Agência Nacional de Águas 37, 39, 91, 101

Ambiental 10, 11, 16, 24, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 64, 87, 91, 93, 94, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113

Ambiente 2, 1, 24, 25, 27, 49, 51, 66, 79, 81, 82, 83, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 111, 112, 113, 114

Artesian Wells 57

Atividade de Campo 103, 106, 108, 110

### B

Biota Aquática 79, 81, 83, 84, 85, 86

### C

Comitês de Bacias Hidrográficas 37, 39, 40, 41, 48

Consumo de Água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 32, 34, 35, 36

Crise Hídrica 24, 90

### E

Economic 50

Econômico 38, 50, 94, 104, 105

Ecossistemas 79, 83, 85, 87, 92

Environment 79, 80, 87, 88, 89, 90, 103

Estabelecimentos Assistenciais de Saúde 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10

### H

Hydraulic Parameters 67

### I

Indicadores de Consumo de Água 4, 9, 25, 35

Instalações Prediais de Água Fria 11, 12, 14, 18, 23

### M

Meio Ambiente 51, 66, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 111, 112, 113

## **N**

Nascentes 52, 90, 92, 94, 95, 97, 98, 100, 101, 103, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113

Nordeste 57, 58

## **P**

Parâmetros Hidráulicos 67, 68

Perdas de Água Prediais 11

Perfis Transversais 67, 73, 76, 77, 78

Poços Artesanais 57

Potabilidade de Águas 79

Pressão de Água 11

Previsão de Demanda Urbana de Água 1

Procomitês 37, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 48

## **Q**

Quitinete 25, 27, 30, 34, 35

## **R**

Recuperação 5, 55, 90, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 101

Recursos Hídricos 1, 2, 25, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 66, 68, 85, 86, 91, 92, 93, 94, 101, 102, 112

## **S**

Saneamento 12, 16, 79, 80, 87

Sanitation 80

Social 47, 49, 50, 51, 94, 95, 102, 104, 106, 111, 113

## **T**

Temática Ambiental 103, 105, 107, 108, 110, 111, 112

## **U**

Urban Water Demand Forecasting 2

Usos-Finais de Água 25, 26, 27, 30, 34, 114

## **W**

Water Consumption 2, 5, 6, 10, 12, 25

Water Crisis 90, 91

Water End-Use 25, 35

Water Potability 80

Water Pressure 12

Water Resources 35, 37, 57

Watershed Committees 37

# ÁGUA E O AMBIENTE CONSTRUÍDO



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# ÁGUA E O AMBIENTE CONSTRUÍDO



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)