

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA CIVIL 2**



**CARLOS AUGUSTO ZILLI**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA CIVIL 2**



**CARLOS AUGUSTO ZILLI**  
(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 Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

iStock

**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.

Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
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  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª 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. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
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  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
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. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
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  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andrezza 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. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Brito de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
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 Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramirez – 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/UFGA  
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. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Livia 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  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
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  
Prof. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
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  
Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará  
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

## Coleção desafios das engenharias: engenharia civil 2

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Carlos Augusto Zilli

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

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia civil 2 /  
Organizador Carlos Augusto Zilli. – Ponta Grossa - PR:  
Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-303-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.030211407>

1. Engenharia civil. I. Zilli, Carlos Augusto (Organizador).  
II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

[contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

Esta obra, intitulada “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Civil”, em seu segundo volume, apresenta 19 capítulos que abordam pesquisas relevantes sobre os desafios enfrentados pela engenharia civil mundo afora, tais como: Enchentes e Ocupações Irregulares, Planejamento Urbano, Manifestações Patológicas em Edificações, Retrofit e Adequação Estrutural, Escolha de Estruturas de Fundação e uso de Tecnologia BIM.

Desta forma, esta obra se mostra potencialmente disponível para contribuir com discussões e análises aprofundadas acerca de assuntos atuais e relevantes, servindo como base referencial para futuras investigações relacionadas ao planejamento urbano, manifestações patológicas, tecnologia BIM, ou desenvolvimento da tecnologia *expander body*, por exemplo.

Deixo, aos autores dos capítulos, um agradecimento especial, e aos futuros leitores, anseio que esta obra sirva como fonte inspiradora e reflexiva.

Esta obra é indicada para os mais diversos leitores, tendo em vista que foi produzida por meio de linguagem fluída e abordagem prática, o que favorece a compreensão dos conceitos apresentados pelos mais diversos públicos, sendo indicada, em especial, aos amantes da área de engenharia.

Carlos Augusto Zilli

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ENCHENTES E OCUPAÇÕES IRREGULARES COMO DESAFIOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO EM MARABÁ (PA): DELINEAMENTO DE ÁREAS ABAIXO DA COTA SEGUNDO O PLANO DIRETOR

Michael Vinícius Pontes Nunes  
Flaviany Luise Nogueira de Sousa  
Tháís Carolayne Bastos Rodrigues  
Nuria Pérez Gallardo  
Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira  
Alan Monteiro Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114071>

### **CAPÍTULO 2..... 23**

URBANIZAÇÃO DE ENCOSTAS – ESTRATÉGIAS PARA OCUPAÇÃO E CONTENÇÃO

Henrique Dinis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114072>

### **CAPÍTULO 3..... 32**

ESTUDO DAS CAUSAS E ORIGENS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OBRA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE TOLEDO-PR

Gladis Cristina Furlan  
Neusa Eliana Figur  
Elmagno Catarino Santos Silva  
Calil Abumanssur  
Silvana da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114073>

### **CAPÍTULO 4..... 46**

APLICAÇÃO DO MÉTODO SCS PARA SUPORTE AO PLANEJAMENTO URBANO

Wanderson Ferreira dos Santos  
Ed Carlo Rosa Paiva  
Juliana Alves de Jesus Iraçabal  
Bruna Gôbbo de Águas  
Thaynara de Almeida Corrêa Silva  
Lariane Fernanda de Deus Faria

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114074>

### **CAPÍTULO 5..... 68**

PRAÇAS URBANAS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DE MERITI: UMA ANÁLISE DA MANUTENÇÃO DAS PRAÇAS

Aline da Silva de Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114075>

**CAPÍTULO 6..... 80**

**UTILIZAÇÃO DA FIBRA DO AÇÁI NA COMPOSIÇÃO DE PAVIMENTOS INTERTRAVADOS PARA PASSEIO PÚBLICO NA CIDADE DE SANTARÉM-PA**

Fernanda Camila Ramos Rodrigues  
Liandra Caroline Avelino Rego  
Marlon David Almeida da Silva  
Suene Riley Guimarães da Silva  
Sérgio Gouvêa de Melo  
Hugo Ricardo Aquino Sousa da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114076>

**CAPÍTULO 7..... 94**

**RETROFIT E ADEQUAÇÃO ESTRUTURAL PARA MUDANÇA DE USO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL PARA COMERCIAL**

Daniel de Oliveira Pereira  
Elizabeth Montefusco Lopes  
Guilherme Guelfi Binati  
Lucas Gonçalves de Oliveira  
Sthefanie Busch Andres Montes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114077>

**CAPÍTULO 8..... 107**

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DE MISTURAS RAP E SOLO PARA APLICAÇÃO EM VIAS VICINAIS**

Adriely Maria Sandi  
Gislaine Luvizão  
Fabiano Alexandre Nienov

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114078>

**CAPÍTULO 9..... 123**

**EVOLUÇÃO NORMATIVA BRASILEIRA SOBRE SISTEMAS PREDIAIS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA**

Luciano Zanella  
Wolney Castilho Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0302114079>

**CAPÍTULO 10..... 133**

**FUNDAÇÕES MAIS USUAIS DE AEROGERADOR: ESCOLHA EM FUNÇÃO DA INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA, PROCESSO EMPÍRICO**

Adriana Dominique da Costa Rocha de Sá  
Giovanni Maciel de Araújo Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140710>

**CAPÍTULO 11..... 151**

**O USO DA PLATAFORMA BIM PARA OTIMIZAÇÃO DAS OBRAS PÚBLICAS: UMA ANÁLISE DO MODELO DIGITAL E OS RESULTADOS ESPERADOS PELA ESTRATÉGIA**

## BIM BR

Michely Cristina Melo Kretschmer  
Paulo Roberto Nascimento de Góes  
Peter Ruiz Paredes  
André Luís Oliveira Gadelha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140711>

## **CAPÍTULO 12..... 165**

### **A TECNOLOGIA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Ana Carolina Martins de Pádua  
Pedro Lucio Bonifacio  
Darlan Einstein do Livramento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140712>

## **CAPÍTULO 13..... 173**

### **PLANOS DE CONTINGÊNCIA PARA SITUAÇÕES EMERGENCIAIS EM BARRAGENS**

Rafaela Baldi Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140713>

## **CAPÍTULO 14..... 179**

### **REDUÇÃO DA AMPLITUDE TÉRMICA POR MEIO DE TECNOLOGIA VERDE: ESTUDO DE CASO NO INVERNO DE SÃO CARLOS-SP, BRASIL**

Nuria Pérez Gallardo  
Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira  
Alan Monteiro Borges  
Flaviany Luise Nogueira de Sousa  
Stéfane Mireles da Silva Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140714>

## **CAPÍTULO 15..... 190**

### **ANÁLISE DO FENÔMENO DE *FLUTTER* EM UMA AERONAVE NÃO TRIPULADA**

Robert Davis Cavalcanti Barros  
Francisco Gilfran Alves Milfont

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140715>

## **CAPÍTULO 16..... 197**

### **COMPARAÇÃO ENTRE A EFICIÊNCIA DOS MÉTODOS TABULAR E GRÁFICO NA DETERMINAÇÃO DO TEMPO REQUERIDO DE RESISTÊNCIA AO FOGO EM VIGAS CONTÍNUAS**

Jefferson Milton Muller Martins  
Elie Chahdan Mounzer

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140716>

## **CAPÍTULO 17..... 215**

### **COMER; BEBER E REZAR: UMA CIDADE DE 15 MINUTOS AMAZÔNICA**

Arthur Gabriel Lopes Leal

Romerito Rodrigues Vieira  
Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140717>

**CAPÍTULO 18.....223**

**OSMOSE INVERSA UTILIZADA NA REMOÇÃO DE FLUOXETINA DE ÁGUA DE SOLUÇÕES MODELO**

Talita Dalbosco  
Gabriel Capellari Santos  
Vandré Barbosa Brião  
Nelson Miguel Grubel Bandeira  
Aline Manfroi Soster

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140718>

**CAPÍTULO 19.....228**

**O AVANÇO DA TECNOLOGIA *EXPANDER BODY* NO BRASIL**

Carlos Medeiros Silva  
Fernando Feitosa Monteiro  
Renato Pinto da Cunha  
Yago Machado Pereira de Matos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.03021140719>

**SOBRE O ORGANIZADOR.....238**

**ÍNDICE REMISSIVO.....239**

## EVOLUÇÃO NORMATIVA BRASILEIRA SOBRE SISTEMAS PREDIAIS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

*Data de aceite:* 01/07/2021

*Data de submissão:* 11/05/2021

### Luciano Zanella

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado  
de São Paulo S.A. – IPT  
São Paulo – SP  
<http://lattes.cnpq.br/4654570846177448>  
<http://www.orcid.org/0000-0002-4380-7096>

### Wolney Castilho Alves

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado  
de São Paulo S.A. – IPT  
São Paulo – SP  
<http://lattes.cnpq.br/8315511132811037>  
<https://orcid.org/0000-0001-5772-2328>

**RESUMO:** A utilização de abastecimento predial por água de chuva exige que sejam estipuladas regras e padronizações para seu uso com vistas à redução dos riscos oferecidos aos usuários e à sua inter-relação com os demais sistemas presentes nas edificações. Para tanto foi estabelecida uma norma brasileira de referência, ABNT NBR 15527 cuja segunda revisão foi concluída em 2019. Mudanças significativas foram incorporadas na versão atual da norma e são apontadas no presente artigo. Destacam-se o aumento da abrangência de sua aplicação para ambientes rurais, a recomendação de realização de estudos preliminares de viabilidade de implantação do sistema, a inclusão da área de captação como uma unidade do sistema, alteração nos parâmetros de qualidade mínimos

de monitoramento, a remoção dos métodos de cálculo de reservatórios e orientações para padronização visual do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água de chuva, fontes alternativas, diretrizes, abastecimento complementar.

### BRAZILIAN STANDARDIZATION EVOLUTION ON BUILDING SYSTEMS FOR RAINWATER HARVESTING

**ABSTRACT:** The use of rainwater harvesting as a non-potable water source requires the establishment of standards and procedures as a way to reduce the risks offered to users and to lay down the interrelation between rainwater harvesting system and the main water supply system present in the buildings. For this purpose, a Brazilian reference standard was established, ABNT NBR 15527, concluded in its second revision, in 2019. This paper notes the most significant changes that have been incorporated into the current version of this standard. Stand out among the main modifications: its application not only for urban environments, the recommendation to carry out preliminary feasibility implementation studies for the system, the inclusion of the rainwater catchment area as part of the system, changes in the water quality parameters, the removal of reservoir calculation methods and the setting of guidelines for rainwater system visual standardization.

**KEYWORDS:** Rainwater, water alternative sources, standardization, water supply.

## 1 | INTRODUÇÃO

Sistemas para aproveitamento de água de chuva foram concebidos em diferentes locais do mundo, em diferentes épocas e por civilizações que não haviam tido contato umas com as outras. São diversas as configurações encontradas: sistemas para uso coletivo, sistemas para uso em edificações individuais, sistemas elaborados como tática de defesa para garantir a resistência de castelos e burgos no caso de cerco durante batalhas, sistemas para possibilitar a agricultura ou mesmo sistemas que possibilitassem a obtenção e armazenamento deste elemento essencial à vida em regiões semiáridas ou desérticas (INSA, 2015; TOMAZ, 2009).

A utilização dessa tecnologia na vida moderna exige que sejam estipuladas regras e padronizações para seu uso com vistas à redução dos riscos oferecidos aos usuários e à sua inter-relação com os demais sistemas presentes nas edificações.

A primeira norma brasileira que versou diretamente sobre o aproveitamento de água de chuva foi a ABNT NBR 15527 *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*, publicada, originalmente, no ano de 2007 e que possibilitou a estruturação de um padrão funcional que permitisse que esse sistema fosse integrado aos demais sistemas prediais de forma adequada.

A supracitada norma teve uma revisão publicada em abril de 2019, após 12 anos de sua criação, com o título: ABNT NBR 15527 *Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos*.

O presente artigo tem por objetivos discutir a evolução normativa do aproveitamento de água de chuva no Brasil, apontando as principais diferenças de abordagem adotadas na revisão da norma ABNT NBR 15527, entre suas versões de 2007 e 2019, e comparar os parâmetros de qualidade de água adotados pela supracitada norma àqueles adotados pela NBR 16783 *Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações* (ABNT, 2019).

## 2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo é baseado na análise comparativa entre a primeira e a segunda versão da norma ABNT NBR 15527, com ênfase nas principais modificações realizadas, e a relação da versão mais recente com a norma brasileira ABNT NBR 16783: *Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações*.

## 3 | ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS VERSÕES 2007 E 2019 DA NORMA ABNT NBR 15527

A revisão da norma ABNT NBR 15527 buscou incorporar alterações que permitissem facilitar sua interpretação e sanar críticas que haviam sido recebidas em relação à versão de 2007.

A essência da norma foi mantida, versando sobre as águas de chuva coletadas

a partir de coberturas de edificações e utilizadas para fins não potáveis, fato reforçado tanto no título, quanto nas definições apresentadas para “água de chuva” bem como para “aproveitamento de água”. Para a norma, água de chuva é definida como aquela resultante das precipitações atmosféricas e coletada somente a partir de coberturas e telhados onde não exista circulação de pessoas, veículos ou animais, ou seja, onde não ocorra atividade humana frequente, fato que assegura a obtenção de água com melhores características de qualidade que, por exemplo, aquelas obtidas em pisos a partir das chamadas águas pluviais.

Mudança significativa de foco pode ser encontrada no título da norma. Inicialmente a norma destinava-se a estabelecer o referencial técnico somente para sistemas prediais no meio urbano, não o fazendo para sistemas rurais. Este fato levava a interpretações equivocadas e bastante comuns tal como o de que a norma proibiria a utilização de água de chuva em meios não urbanos. A leitura correta que deveria ser feita é que a norma não pretendia definir requisitos e critérios para o uso não urbano da água devido a especificidades locais, deixando a critério dos projetistas e usuários adotar parâmetros que considerassem tecnicamente adequados para sistemas nessas localidades. Em sua versão mais recente, a norma não faz distinção de aplicação quanto ao meio rural ou urbano, ou seja, os requisitos presentes na norma passam a ser referenciais também para aplicações em zona rural.

Leitura similar àquela originada na aplicação ao ambiente rural deve ser dada à condição de contorno adotada e mantida na nova versão quanto ao aproveitamento da água de chuva somente para usos não potáveis. A norma não impede a utilização da água de chuva para ingestão e para outros usos potáveis, ela simplesmente não versa a respeito desse uso.

A potabilidade da água, o estabelecimento dos padrões, bem como os procedimentos de vigilância e controle são de competência do Ministério da Saúde por vias legais e não normativas.

A água de chuva, em muitos lugares, é a água de melhor qualidade que pode ser obtida, tornando-se a principal fonte de água para consumo, apesar de muitas vezes não atender ao padrão legal de potabilidade definido pela Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde. Reforçando o argumento, cita-se o exemplo exitoso do programa Um Milhão de Cisternas na região do semiárido brasileiro, caso não abrangido no campo de aplicação da ABNT 15527 visto que se trata de utilização para fins de ingestão.

Os usos não potáveis recomendados pela NBR15527 (ABNT, 2019) são: descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos e pisos, reserva técnica de incêndio, uso ornamental e irrigação para fins paisagísticos. Ainda quanto aos usos previstos, existe na norma, em sua versão mais recente, referência explícita sobre a possibilidade de usos da água de chuva para outros fins, como o resfriamento a água, desde que os parâmetros

de qualidade específicos e o tratamento necessário sejam definidos pelo profissional responsável pelo projeto do sistema ou pelos fabricantes dos equipamentos para cada situação.

Na versão revista da NBR 15527 (ABNT, 2019), o telhado ou outro tipo de cobertura passa a ser considerado como parte integrante do sistema de aproveitamento da água de chuva e recebe a denominação de área de captação. Tendo em conta essa consideração, a área de captação deve receber atenção e manutenção como qualquer outra parte integrante do sistema. Atenção especial deve ser dada quanto à presença de substâncias contaminantes na área de captação que possam alterar a qualidade da água obtida. Caso as áreas de captação estejam sob manutenção programada, devem ser desconectadas do sistema de aproveitamento de água de chuva. Produtos potencialmente danosos à saúde humana, ou que ofereçam outros tipos de risco quando empregados em atividades de manutenção, como, por exemplo, aqueles utilizados em atividades de impermeabilização, pintura, limpeza e desinfecção da área de captação, devem ser cuidadosamente manejados e/ou removidos para que no reinício das operações de aproveitamento de água de chuva sua presença seja minimizada de forma que os riscos para a qualidade da água obtida estejam em grau aceitável.

Outra forma de contaminação que ganha alerta especial na nova versão da norma é aquela proveniente das atividades circunvizinhas à área de coleta. Na versão em vigor da norma existe a recomendação que, no estudo de concepção do sistema, seja considerada a caracterização geral do local de instalação. Atividades tanto naturais quando antrópicas podem gerar contaminantes que, carregados por ação dos ventos, podem contaminar as áreas de captação. Tráfego intenso, atividades industriais geradoras de poluição do ar, queimadas, atividades agrícolas com pulverização de agroquímicos, atividades de construção que deixem o solo exposto ou gerem poeira, atividades de mineração em céu aberto são algumas das atividades humanas que podem gerar contaminantes e devem ser consideradas no estudo de concepção (ANNECCHINI, 2005). Alguns condicionantes naturais também devem ser avaliados, dentre os quais: maresia, proximidade de vegetação de grande porte ou sua existência sobre a área de captação, presença de animais com acesso à área de captação ou proximidade de rotas migratórias ou com populações animais sazonais, dentre outros.

Atenção especial também foi dedicada quanto à necessidade de soluções ou dispositivos que impeçam a entrada e proliferação de vetores no sistema de aproveitamento de água de chuva, em especial mosquitos. Quaisquer sistemas de armazenamento de água devem ser providos de dispositivos que impeçam o acesso dos mosquitos por qualquer dos seus acessos como forma de evitar que os reservatórios de águas de chuva se tornem criadouros. Tais acessos incluem a tampa, as entradas e saídas de água, extravasores, ventilação e outras formas de aberturas pelas quais a entrada de insetos e outros animais seja possível.

A possível presença de contaminantes nas áreas de captação e na atmosfera exige que o sistema de aproveitamento de água de chuva seja provido de sistema de adequação da qualidade da água. Na versão revisada da norma, esses componentes são denominados de sistema de pré-tratamento. A norma torna obrigatório que a água passe pelo pré-tratamento antes de seu armazenamento. São mencionados dois tipos de dispositivos de pré-tratamento: os dispositivos físicos de remoção, como telas e grades, responsáveis pela remoção de material sólido particulado como folhas, insetos e detritos, e os dispositivos de descarte de água de escoamento inicial, responsável pela remoção da água proveniente dos primeiros minutos de chuva que carrega consigo material fino suspenso e dissolvido. Para quaisquer dispositivos, recomenda-se que sejam duráveis, de fácil manutenção e de funcionamento automático. A nova versão da norma veda a interferência dos dispositivos de pré-tratamento no desempenho hidráulico das calhas e condutores pela redução da seção de escoamento ou restrição da vazão como forma de reduzir os riscos de ocorrência de refluxo ou transbordamento das calhas.

Diferentemente de sua primeira versão, a NBR 15527:2019 recomenda que as calhas e os condutores sejam dimensionados conforme o preconizado pela norma NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento (ABNT, 1989), mas com a adoção de período de retorno mínimo de 25 anos, dada a percepção no meio técnico de que há aumento da intensidade das precipitações nas últimas décadas com aumento da frequência de ocorrência de chuvas intensas.

A concentração dos eventos chuvosos e os períodos prolongados de estiagem que ocorrem em grande parte do território nacional brasileiro são alguns dos fatores que levaram a versão 2019 da NBR 15527 a recomendar explicitamente que seja realizada uma análise de viabilidade técnica-econômica do sistema a ser implantado. A análise da viabilidade técnica é fundamental para que o projeto e a implantação do sistema sejam bem sucedidos e a análise econômica é uma importante ferramenta no auxílio à tomada de decisão para a opção de instalação ou não do sistema, caso fatores econômicos sejam de importância fundamental.

Para os sistemas de aproveitamento de água de chuva, o reservatório costuma ser um dos componentes de maior custo (AYUB, 2007) e cujo dimensionamento é cercado de dúvidas quanto à aplicabilidade em sistemas prediais. A primeira versão da NBR 15527 informava, em seu anexo A, seis métodos possíveis para dimensionamento do volume do reservatório. Esse dimensionamento foi um dos principais alvos de crítica da primeira versão da norma, embora, em sua versão inicial, os métodos fossem citados em caráter informativo e não normativo, ou seja, apesar dos métodos serem citados na norma, o seu uso não era obrigatório. Os métodos listados tinham por premissa que o volume reservado objetivava suprir integralmente a demanda, estratégia que leva a reservatórios de capacidade bastante avantajada e diminui a viabilidade econômica da implantação do sistema. Estratégia mais adequada para viabilizar a utilização de sistemas de aproveitamento

de água de chuva é a utilização parcial dessa fonte, complementando o abastecimento com água da rede em períodos de estiagem, como na aplicação desenvolvida por Cecin et al. (2013). Após a revisão da norma, o anexo A e os métodos de dimensionamento do reservatório foram suprimidos do texto. A norma orienta que “o volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia” (ABNT, 2019) e considerando o balanço hídrico local, isto é, quantidade de água de chuva possível de ser captada com base no regime pluviométrico local, na área de captação existente e considerando as perdas previstas para o sistema, frente aos usos não potáveis pretendidos.

Além do dimensionamento da capacidade do reservatório, são citados outros cuidados com esse componente como o atendimento às normas técnicas pertinentes, sua segurança estrutural, a existência de dispositivos de extravasão, esgotamento, ventilação e inspeção.

O sistema de aproveitamento de água de chuva deve ser completamente separado do sistema predial de abastecimento de água potável. O reservatório de armazenamento de água de chuva é o único ponto do sistema onde é permitida a entrada de água potável como forma de abastecimento em caráter complementar em caso de estiagem. A nova versão da norma recomenda que a alimentação de água potável no reservatório de água de chuva seja feita de forma automática e exige que haja separação atmosférica entre a entrada de água potável e o nível máximo do reservatório de água de chuva para evitar refluxo de água de chuva para a tubulação de água potável e sua consequente contaminação.

Além da separação completa entre o sistema predial de abastecimento de água potável e o sistema de aproveitamento de água de chuva, existe a exigência que as tubulações sejam claramente diferenciadas para evitar conexão cruzada no caso da necessidade de reparos. Uma das formas previstas para essa diferenciação foi a proposição, na nova versão da norma, da utilização da cor roxa (Munsell 2.5RP 3/10 ou similar) em toda a tubulação do sistema de aproveitamento de água de chuva além da identificação gráfica dos pontos de consumo com a inscrição “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

Outro ponto em que as versões da norma diferem é no tocante às exigências dos parâmetros descritores de qualidade para a água do sistema de aproveitamento, segundo os usos contemplados. A primeira versão da norma preconizava valores limites para os seguintes parâmetros: coliformes totais, coliformes termotolerantes, cloro residual livre, turbidez, cor aparente e pH. A versão atual da norma tem como referências-padrão de qualidade da água captada para fins não potáveis valores inferiores a: 200 em 100 mL para *Escherichia coli*, 5,0 uT para turbidez e pH entre 6,0 e 9,0 (Tabela 1).

Parâmetro	NBR 15527:2007	NBR 15527:2019
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	-
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL	-
<i>Escherichia coli</i>	-	< 200 em 100 mL
Cloro residual livre	0,5 a 3,0 mg/L	no caso de uso de cloro 0,5 mg/L a 5,0 mg/L Recomendado entre 0,5 mg/L e 2,0 mg/L
Turbidez	< 2,0 uT para usos menos restritivos < 5,0 uT	< 5,0 uT
Cor aparente	< 15 uH	-
pH	6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado	6,0 a 9,0

Tabela 1 – Comparação entre os requisitos de qualidade para a água de chuva entre as versões da norma NBR 15527.

Fonte: Os autores.

A frequência mínima de verificação da qualidade da água também sofreu alterações entre as versões da norma. Para a primeira versão, a análise dos parâmetros coliformes totais e coliformes termotolerantes era semestral enquanto que para os demais parâmetros a verificação deveria ser mensal. Para a versão em vigor, a verificação dos parâmetros descritores de qualidade da água de chuva passou a ser semestral para todos os parâmetros.

A versão em vigor da norma prevê que, caso o sistema não atinja a qualidade mínima, caberá ao projetista propor tratamento complementar a ser acrescido ao sistema de modo que o padrão de qualidade seja atingido.

O aproveitamento de água de chuva é considerado como uma fonte alternativa de água, tema que também é abordado por uma norma brasileira publicada meses após a revisão da NBR 15527 (ABNT, 2019a), a NBR 16783 – Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações (ABNT 2019b). Em que pese a sobreposição de aspectos entre as normas, a utilização de água de chuva continua sendo considerada em norma específica devido às características próprias das instalações e das tecnologias para tratamento da água e aos menores riscos envolvidos em sua utilização em comparação a outras fontes.

Com referência à qualidade da água, cabe ressaltar que os parâmetros de análise preconizados para a água de chuva pela NBR 15527 (ABNT, 2019a) são diferentes daqueles exigidos pela norma NBR 16783 (ABNT, 2019b). A NBR 16783 (ABNT, 2019b) tem como parâmetros de qualidade exigíveis: pH, E. coli, turbidez, DBO<sub>5,20</sub>, cloro residual livre, sólidos dissolvidos totais ou condutividade elétrica e, para água proveniente do rebaixamento de lençol freático, é acrescido o parâmetro carbono orgânico total (Tabela 2).

O fato de as exigências de qualidade para o aproveitamento de água de chuva serem mais brandas que para outras fontes alternativas deve-se ao fato do menor risco potencial de contaminação das águas de chuva, se sua captação e armazenamento forem

realizadas conforme as prescrições contidas na NBR 15527 (ABNT, 2019a), em relação às águas de outras fontes alternativas, em especial às águas de reúso.

Parâmetro	NBR 15527:2019	NBR 16783:2019
Fonte	Água de chuva	Água pluvial; Água de rebaixamento de lençol freático; Água clara; Água cinza clara; Água cinza escura; Água negra e Esgoto sanitário
Escherichia coli	< 200 em 100 mL	< 200 em 100 mL
Cloro residual livre	no caso de uso de cloro 0,5 mg/L a 5,0 mg/L Recomentado entre 0,5 mg/L e 2,0 mg/L	0,5 mg/L a 5,0 mg/L Recomentado entre 0,5 mg/L e 2,0 mg/L
Turbidez	< 5,0 uT	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
DBO <sub>5,20</sub>	-	≤ 20 mgO <sub>2</sub> /L
Sólidos dissolvidos totais ou Condutividade elétrica	-	≤ 2000 mg/L ou ≤ 3200 μS/cm
Carbono orgânico total	-	< 4,0 mg/L somente para água de rebaixamento de lençol freático

Tabela 2 – Comparação entre os requisitos de qualidade para a água de chuva e demais fontes alternativas não potáveis.

Fonte: Os autores.

A diferença entre as normas quanto ao monitoramento da qualidade da água também se reflete na periodicidade da análise. A NBR 16783 (ABNT, 2019b) preconiza que a verificação da qualidade da água seja realizada em intervalos menores, variando de acordo com o parâmetro de controle e o tipo de instalação, desde verificações diárias até verificações mensais.

## 4 | CONCLUSÕES

A versão 2019 da ABNT NBR 15527 traz modificações importantes em relação à sua antecessora de 2007. Destacam-se como as principais modificações entre as versões: aumento da abrangência de aplicação da norma também para zonas rurais, recomendação de estudo de viabilidade técnica-econômica, avaliação das condições do entorno durante a etapa de concepção, inclusão da área de coleta como um componente do sistema de aproveitamento de água de chuva, exigência do pré-tratamento e cuidados com a água armazenada e definição de padrão visual de diferenciação da tubulação em relação ao sistema de água potável.

Destaca-se também a redução do número de parâmetros descritores da qualidade da água e alteração na frequência de verificação desses parâmetros como uma forma de facilitar a operação do sistema, sem rebaixamento significativo do nível de segurança no uso. O menor número de parâmetros, embora com os mesmos valores adotados, também pode ser notado em comparação com as exigências de qualidade realizadas pela NBR 16783 (ABNT, 2019) que trata de águas com qualidades mais complexas em sua origem como o reúso.

A remoção dos modelos de cálculo da capacidade do reservatório de água de chuva da versão de 2019, antes presentes na versão de 2007, tornou-se um incentivo à utilização do sistema de forma complementar de abastecimento e como forma de facilitar a obtenção de dimensionamento que seja técnica e economicamente mais viável.

## REFERÊNCIAS

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva para Fins não Potáveis na Região Metropolitana de Vitória (ES)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2005. 150p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989. 13p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro - RJ, 2007. 12 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro - RJ, 2019a. 14p.

\_\_\_\_\_. **NBR 16783: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações**. Rio de Janeiro, 2019b. 19p.

AYUB, O. **Método de análise preliminar de viabilidade econômica de implantação de sistema para aproveitamento de água de chuva em residências**. Dissertação (Mestrado em Habitação). São Paulo - SP. 2007. 114p.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, de 28 de setembro de 2017**. Define os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, ou legislação que vier a substituí-la. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Ministério da Saúde, Brasília, DF, 03 out. 2017. Seção 1, Suplemento, 2017. 360p.

CECIN, J. A., ZANELLA, L., ALVES, W. C. **Adoção de fontes alternativas para conservação de água no meio urbano: aproveitamento direto de precipitação de água de chuva em edifícios escolares**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves - RS. Anais... 2013.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO (INSA); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA (ABCMAC). **Captação, Manejo e Uso de Água de Chuva**. Campina Grande – PB, Insa, 2015. 438p.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**, São Paulo - SP, Navegar, 2009. 278 p.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CARLOS AUGUSTO ZILLI** - Possui graduação em Engenharia Civil e Matemática pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL (2015 e 2005). É doutorando em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (2021) e mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (2020). Possui especialização em Avaliação de Imóveis e Perícias de Engenharia pelo Instituto de Pós-Graduação - FAPAN (2018), em Gestão de Obras e Projetos pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL (2017), e em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário de Capivari - FUCAP (2016). É docente no Instituto Federal de Educação de Santa Catarina (IFSC) - Campus São Carlos. Possui experiência na área de Matemática, com ênfase em Educação Matemática e em Engenharia de Avaliações e Perícias, com ênfase em Inferência Estatística. Tem interesse em temas relacionados à Ciência de Dados, Engenharia de Avaliações e Planta de Valores Genéricos.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abastecimento complementar 123  
AeroDesign 190, 191, 195, 196  
Aeroelasticidade 190, 191  
Água de chuva 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132  
Alteração de ocupação 95  
Atualização de edifícios existentes 95

### B

Barragens 173, 174, 175, 177, 178  
Bioarquitetura 179

### C

Cidade de 15 minutos 215, 216, 217  
Coberturas verdes 179, 184, 188, 189  
Comportamento térmico 179, 181  
Concreto 26, 28, 29, 34, 36, 38, 39, 43, 44, 69, 70, 71, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 102, 106, 110, 120, 121, 136, 140, 184, 197, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 210, 211, 213, 214  
Construção 2, 5, 8, 10, 14, 21, 22, 25, 26, 29, 32, 33, 44, 69, 70, 76, 77, 79, 80, 95, 96, 97, 100, 103, 104, 105, 106, 116, 126, 136, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 162, 163, 165, 166, 168, 170, 171, 172, 174, 180, 181, 183, 184, 197

### D

Desempenho 9, 32, 96, 106, 107, 111, 114, 115, 127, 152, 188, 191, 225, 228, 235, 236  
Diretrizes 6, 7, 10, 47, 66, 72, 123, 174, 221  
DywiExpander 228, 229

### E

Enchente 1, 17, 18  
Energia eólica 133, 134, 135, 140, 148, 149  
Estacas 26, 27, 28, 30, 31, 140, 141, 142, 145, 146, 148, 228, 229, 232, 233, 235, 236, 237  
Estratégia BIM BR 151, 152, 158, 164  
Expander body 228, 229, 231, 232, 233, 234, 236, 237

## **F**

Fachadas verdes 179, 183, 189

Fibra de açaí 80, 81, 92

Flutter 190, 191, 192, 193, 195, 196

Fontes alternativas 123, 124, 129, 130, 131, 188

Fresagem 107, 108, 110, 120

## **I**

Incêndio 125, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 206, 213, 214

Intertravado 71, 78, 80, 81, 92

## **M**

Manutenção 12, 30, 32, 47, 65, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 97, 106, 108, 109, 120, 121, 126, 127, 151, 152, 153, 158, 163, 174

Marabá 1, 2, 3, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 179, 215, 216, 221, 222

Matriz de significância 68, 72, 74

Método gráfico 197, 199, 201, 202, 205, 206, 207, 208, 209, 211, 212, 214

Método SCS 46, 48, 51, 61

Método tabular 197, 199, 201, 202, 203, 206, 207, 209, 211, 212, 213

Modelagem 97, 151, 152, 153, 155, 158, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 170

Modelo virtual 151, 158, 159, 162, 163

Modernização de edifícios 95

## **O**

Obras de contenção 23, 25, 26, 28, 30

Obras públicas 32, 44, 151, 152, 158, 162, 163, 168, 170

Ocupação não planejada de encostas 23

Ocupações irregulares 1, 4, 6, 12, 13, 14, 15, 21, 22, 25, 30

Osmose inversa 223, 224

Otimização 151, 158, 163, 170

## **P**

Patologias 32, 33, 34, 44, 97, 103

Pavimentação 14, 69, 71, 93, 107, 109, 110, 120, 121

Planejamento de obras 95

Planejamento urbano 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 15, 20, 21, 22, 46

Plano diretor 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 55, 58, 59, 65, 67, 106

Plataforma BIM 151, 158, 159, 163

Poluentes emergentes 223, 224

Praças urbanas 68, 69, 73

## **R**

RAP 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 121

Reabilitação de edifícios 95

## **S**

Serviços 14, 31, 33, 44, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 109, 136, 164, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221

Situações emergenciais 173

Solo 2, 7, 8, 11, 12, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 73, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 121, 126, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 174, 177, 216, 228, 229, 230, 232, 233, 234, 235, 236, 237

Solução técnica 133

Sondagem 133, 134, 137, 138, 147, 149, 234, 235

Sustentabilidade 7, 8, 22, 62, 67, 80, 97, 152, 153, 158, 170, 174, 181, 225

## **T**

Tecnologia 94, 97, 106, 124, 152, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 179, 228, 229, 230, 232, 233, 236, 237

Tratamento de água 223, 226

TRRF 197, 199, 201, 202, 205, 206, 207, 208, 209, 211, 212, 213

## **U**

Urbanização 2, 4, 7, 9, 11, 12, 13, 20, 22, 23, 24, 25, 46, 47, 48, 54, 55, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 180

## **V**

Vicinais 107, 108, 109, 111, 116, 119, 121, 122

Volume de escoamento superficial 46, 48, 51, 54, 58, 61, 63, 64, 65

## **Z**

Zoneamento 1, 4, 7, 8, 12, 21, 22, 177

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA CIVIL 2



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

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

 @atenaeditora

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

 **Atena**  
Editora

Ano 2021

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA CIVIL 2



-  [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)