

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 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  
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.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; 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**

## APLICAÇÃO DO MÉTODO SCS PARA SUPORTE AO PLANEJAMENTO URBANO

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/04/2021

### Wanderson Ferreira dos Santos

Universidade de São Paulo  
São Carlos – São Paulo  
<https://orcid.org/0000-0001-8701-2802>

### Ed Carlo Rosa Paiva

Universidade Federal de Catalão  
Catalão - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0002-8045-5894>

### Juliana Alves de Jesus Iraçabal

Universidade Federal de Catalão  
Catalão - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0002-3374-4490>

### Bruna Gôbbo de Águas

Universidade Federal de Catalão  
Catalão - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0002-2586-0168>

### Thaynara de Almeida Corrêa Silva

Universidade Federal de Catalão  
Catalão - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0001-6660-8412>

### Lariane Fernanda de Deus Faria

Universidade Federal de Catalão  
Catalão - Goiás  
<https://orcid.org/0000-0003-3077-5598>

**RESUMO:** Frequentemente são observados diversos problemas nos perímetros urbanos em períodos chuvosos, o que muitas

vezes está associado aos sistemas de drenagem subdimensionados e/ou excessiva impermeabilização devido à urbanização descontrolada de diversas cidades. Tais problemas podem ser evitados por meio de um planejamento urbano adequado juntamente com um sistema de drenagem eficiente. Nesse contexto, o presente trabalho visa avaliar o volume de escoamento superficial direto comparando diferentes condições de urbanização e umidade. Para determinar o volume de escoamento é empregado o método *Soil Conservation Service* (SCS). Cabe destacar que o processo envolve a determinação do *curve number* (CN), parâmetro bastante relevante no dimensionamento dos sistemas de drenagem. Os resultados mostram que a urbanização interfere de forma significativa no volume de escoamento superficial direto. Inclusive, os resultados obtidos contribuem com informações pertinentes para um melhor planejamento urbano da área estudada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Volume de escoamento superficial, planejamento urbano, método SCS.

### APPLICATION OF THE SCS METHOD TO SUPPORT URBAN PLANNING

**ABSTRACT:** Frequently, several problems are observed in the urban perimeters in rainy periods, which is often associated with undersized drainage systems and/or excessive waterproofing due to the uncontrolled urbanization of several cities. Such problems can be avoided through proper urban planning together with an efficient drainage system. In this context, the present work aims to evaluate the volume of direct runoff comparing different conditions of urbanization

and humidity. The Soil Conservation Service (SCS) method is used to determine the runoff volume. It should be noted that the process involves determining the curve number (CN), a very relevant parameter in the dimensioning of drainage systems. The results show that urbanization significantly interferes with the volume of direct runoff. Including, the results obtained contribute with relevant information for a better urban planning of the studied area.

**KEYWORDS:** Surface runoff volume, urban planning, SCS method.

## 1 | INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das cidades acarreta diversos impactos negativos à população e ao meio ambiente, principalmente nos países subdesenvolvidos. Isso porque o processo de urbanização ocorreu com um planejamento ausente ou ineficaz, com infraestrutura inadequada e falta de diretrizes de ocupação, como apontam Ártico e Cordeiro (2014) e Ferreira (2000). Isso juntamente a um sistema de drenagem ineficiente potencializa diversos problemas nos perímetros urbanos e também na natureza.

As alterações no sistema de drenagem natural e, conseqüentemente, no ciclo hidrológico local estão entre as problemáticas causadas pelo uso e ocupação do solo de forma desordenada. Conforme Menezes Filho e Costa (2012), Targa *et al.* (2012), Tucci (2003) e Valle *et al.* (2016), a retirada da cobertura vegetal, responsável por amortecer o impacto da chuva no solo, e a crescente impermeabilização de áreas reduzem a capacidade de infiltração do solo, aumentando a velocidade do escoamento superficial. Deste modo, o sistema de drenagem pode sofrer sobrecargas e a possibilidade de ocorrência de inundações associada a perdas materiais e humanas é maior (SILVA e POLETO, 2015). Ademais, os alagamentos permitem a proliferação de vetores que transmitem doenças como cita Oliveira *et al.* (2015).

Tucci (1997) ainda introduz que a ausência da camada de proteção de superfícies implica maior geração de resíduos sedimentares. Com isso, a qualidade das águas superficiais pode ser prejudicada pelo carreamento de material sólido e lavagem das áreas urbanas. Além disso, podem surgir problemas relacionados com o assoreamento do leito do rio e erosões, como apresentam Oliveira *et al.* (2016) e Tasca, Pompêo e Finotti (2018).

Nesse sentido, o correto planejamento do uso e ocupação do solo e um sistema de drenagem urbana são essenciais para evitar problemas gerados por precipitações intensas, como inundações, enchentes e erosões. Outra questão a ser observada é que muitos Planos Diretores existentes tratam de forma superficial a drenagem urbana, bem como não a percebem como uma ferramenta de controle de alagamentos (TUCCI, 1997; LUIZ e ROMÃO, 2019). Assim, de acordo com Santos, Ruffino e Barros Filho (2017), existem galerias subdimensionadas, ligações clandestinas de esgoto e ausência de planos de prevenção e manutenção das tubulações de drenagem de acordo.

Para o adequado planejamento e dimensionamento do sistema de drenagem é necessário delimitar a bacia hidrográfica, uma vez que suas características são primordiais

para o entendimento do ciclo da água (TUCCI, 1997). Conhecer a forma geométrica da bacia, a declividade, a geomorfologia, as cotas do terreno, o uso e ocupação do solo e as nascentes do curso d' água, permitem determinar, por exemplo, vazão de pico, tempo de concentração e chuva excedente, alguns dos parâmetros imprescindíveis para o projeto dos componentes do sistema. Conforme Muñoz-Robles *et al.*(2011), a chuva excedente é um fator importante na delimitação das vazões de cheia, principalmente em bacias pequenas e urbanizadas nas quais a impermeabilização do solo diminuiu a infiltração das águas. Além disso, a chuva excedente é primordial na análise do potencial de rendimento de água em uma bacia hidrográfica, auxiliando na tomada de medidas para amenizar os efeitos negativos sobre o solo e água.

Há muitas metodologias passíveis de quantificar o escoamento superficial direto, dentre as quais o Método do *Soil Conservation Service* (SCS). No método SCS, a quantificação da retenção potencial máxima relaciona características da bacia hidrográfica como tipo de solo, ocupação e da umidade antecedente por meio do número da curva ou *curve number* (CN). O coeficiente CN é utilizado para avaliar a condição de permeabilidade da bacia a ser considerada no projeto dos sistemas de drenagem.

Dentro desse contexto, o presente trabalho tem a finalidade de elaborar um estudo de caso voltado para a análise da influência da urbanização no volume de escoamento superficial direto. O método de cálculo adotado foi o SCS com enfoque para a área em que, atualmente, estão localizados os Bairros Evelina Nour I e II no município de Catalão localizado no estado de Goiás. Nas análises são consideradas três condições de urbanização e duas condições de umidade do solo. Vale destacar que o Bairro Evelina Nour II apresenta alguns problemas pontuais em períodos chuvosos e está situado próximo a uma nascente, o que torna o estudo mais relevante.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

No que segue, são apresentadas as características da área de estudo incluindo a localização e delimitação da bacia, além de considerações referentes ao clima e tipo de solo presente na região. Posteriormente, é descrito o procedimento para determinar o volume de escoamento superficial direto com o método SCS, bem como os cenários estudados, as condições de umidade analisadas e os valores de precipitação utilizados nos cálculos.

### 2.1 Características da área estudada

O estudo é direcionado para uma pequena bacia hidrográfica delimitada no município de Catalão-GO, cuja localização é mostrada na Figura 1. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2020), a o município de Catalão apresenta uma área territorial em 2018 de 3.821,463 km<sup>2</sup> e população estimada em 2019 de 108.823 habitantes.

Na Figura 2 é mostrada a delimitação da bacia (em vermelho) que, atualmente,

é parcialmente urbanizada contemplando os Bairros Evelina Nour I e II. Em relação à topografia, a parcela mais elevada da bacia consiste na rodovia estadual GO-330. Já o caimento ocorre no sentido da nascente, local para onde será convergido todo escoamento configurando, assim, como o exutório. Na Figura 3 é possível visualizar de forma mais precisa a localização da bacia e, inclusive, a indicação do local do exutório. Ademais, a bacia apresenta uma área total de 0,61 km<sup>2</sup>.

O clima da região é Tropical com dois períodos definidos: i) Primavera-verão chuvoso, em geral, variando de novembro a março; ii) Outono-inverno seco, geralmente, entre os meses de junho a setembro. Já maio e outubro correspondem a meses de transição. Quanto ao índice pluviométrico anual, apresenta variações entre 1.200 a 1.355 mm (FERNANDES, 2017).

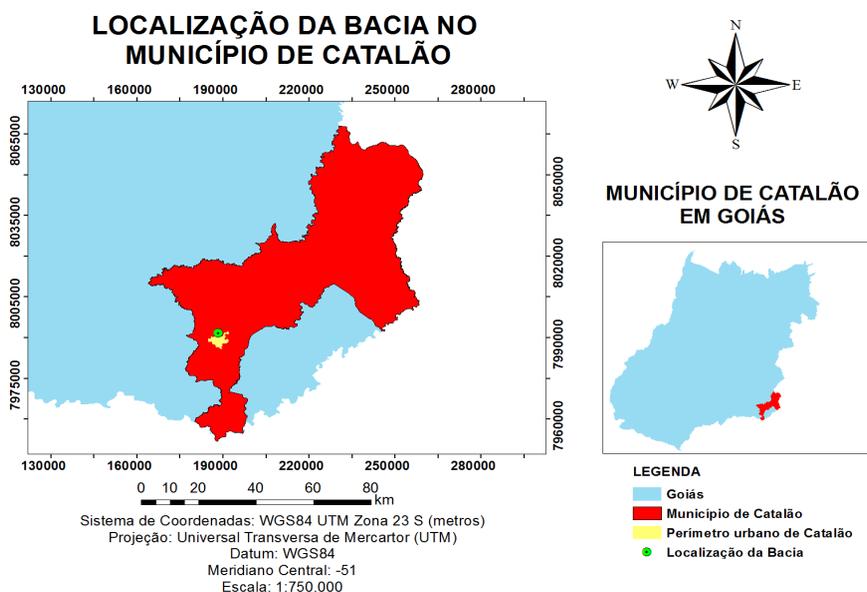


Figura 1. Localização do município de Catalão-GO.

Fonte: Autoria própria (2020).

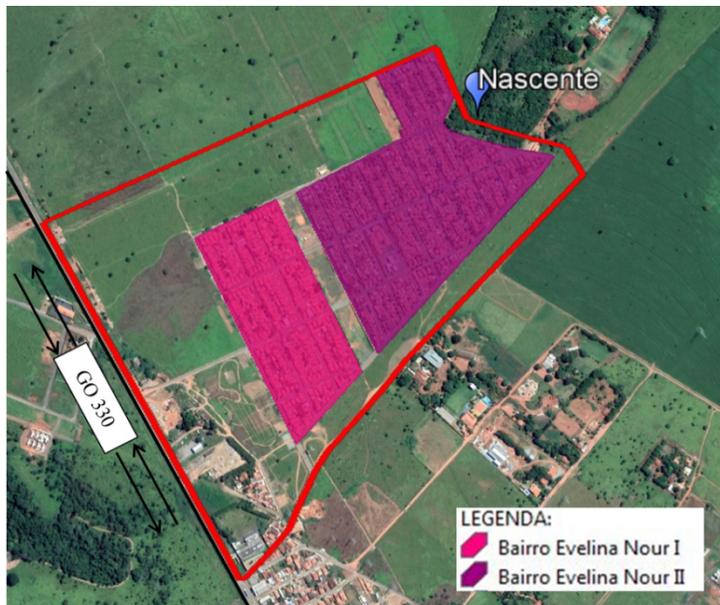


Figura 2. Área de estudo incluindo os bairros Evelina Nour I e II.

Fonte: Autoria própria (2021). Dados do *Google Earth* (2021).

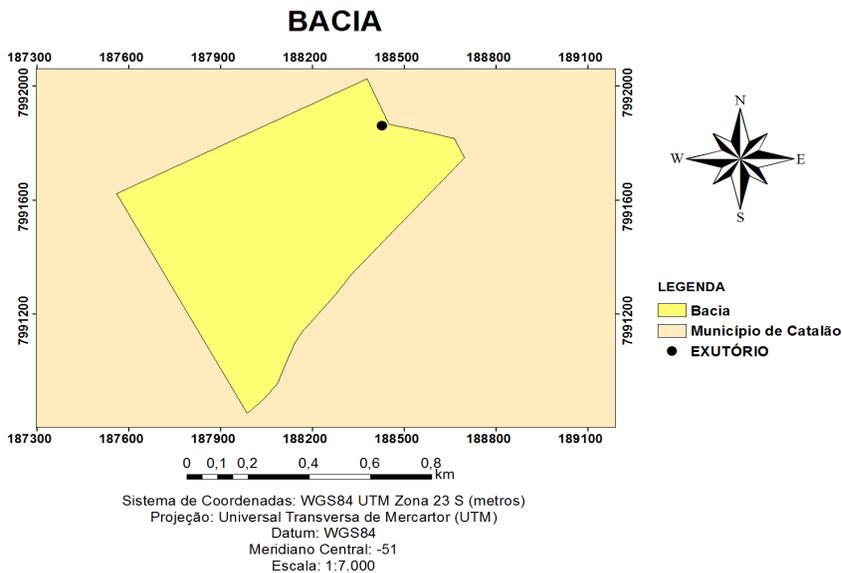


Figura 3. Localização da bacia.

Fonte: Autoria própria (2021).

Em relação às características do solo, Mosca (2004) explica que o município de Catalão possui quatro tipos de solo predominantes em seu território: Latossolos, Plintossolos, Cambissolos e Neossolos. Além disso, as características pedológicas apresentam registros

históricos de rochas Pré-Cambrianas, o que concerne à formação de solos (como é o caso dos supracitados) a partir de rochas gnáissicas. Porto (2012) descreve a classificação de cada um dos solos que estão presentes nessa região, podendo verificar que todos apresentam características argilosas, o que faz com que a permeabilidade dos solos seja baixa. Em Morais et al. (2014), pode ser verificada uma série de análises correspondentes às características do solo do município de Catalão, tais como: granulometria, textura e coloração. Tal estudo levou em consideração a interpretação pedológica para a definição de texturas, através de testes laboratoriais. As amostras de solo apresentaram, em sua maioria, textura média, com teores de argila e silte na faixa de 15 a 35% do solo total.

## 2.2 Volume de Escoamento Superficial e Método *Soil Conservation Service*

O escoamento superficial direto ou chuva excedente compreende a parte da chuva que inicialmente escoar na superfície do solo e tem como direcionamento os cursos de água maiores e mais bem definidos (PORTO, 1995). A determinação do volume de escoamento superficial direto ( $V_{esd}$ ) pode ser realizada através da Equação (1).

$$V_{esd} = A \times h_e \quad (1)$$

$h_e$  = chuva excedente (mm);

A = representa a área de drenagem.

A estimativa da chuva excedente pode ser realizada a partir de diferentes abordagens. Neste trabalho é utilizado o método *Soil Conservation Service* desenvolvido em 1973 pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA), atualmente Serviço de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS). Conforme Sartori (2004), o SCS possibilita a estimativa da parcela da precipitação que resulta no escoamento superficial e, inclusive, seu volume e distribuição no tempo. Cabe destacar que o método SCS considera aspectos como o tipo do solo, sua ocupação, o volume precipitado e umidade antecedente.

O método SCS utilizado neste trabalho foi descrito pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH (1999), que possui uma adaptação proposta por Setzer e Porto (1979) para os solos do estado de São Paulo. No entanto, esta adaptação é suficientemente abrangente para ser aplicada em solos de outros estados (FCTH, 1999).

Para a determinação da chuva excedente ( $h_e$ ), foi utilizada a Equação (2).

$$h_e = \frac{(h - 0,2 S)^2}{h + 0,8 S} \quad (2)$$

$h_e$  = chuva excedente (mm);

h = chuva acumulada (mm);

S = retenção potencial do solo (mm).

No que concerne a Equação (2), é importante salientar que a chuva acumulada deve ser superior a  $0,2 S$ , que, por sua vez, representa a quantidade estimada de perdas iniciais.

O parâmetro S está relacionado com o tipo e ocupação do solo e seu cálculo é realizado por meio da Equação (3).

$$S = 25,4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3)$$

CN é denominado número da curva ou *curve number* com um intervalo variando entre 0 e 100.

Para a determinação do parâmetro CN devem ser considerados: o tipo do solo; as condições de uso e ocupação do solo e a umidade antecedente. No caso de uma bacia heterogênea, o cálculo do CN pode ser realizado considerando uma média ponderada, conforme Equação (4).

$$CN = \frac{\sum_{i=1}^n CN_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (4)$$

$A_i$  = área com determinada característica;

$CN_i$  = respectivo número da curva de  $A_i$ .

Em relação ao tipo de solo, existem quatro grupos, cujas características estão no Quadro 1. Já a classificação das condições de umidade é mostrada no Quadro 2.

Tipos de solo	Características
Grupo A	Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a uns 8%, não há rocha nem camadas argilosas e nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5 m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1%.
Grupo B	Solos arenosos menos profundos que os do Grupo A e com menor teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso de terras roxas este limite pode subir a 20% graças à maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir, respectivamente, a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras nem camadas argilosas até 1,5m, mas é quase sempre presente camada mais densificada que a camada superficial.
Grupo C	Solos barrentos (teor total de argila de 20 a 30%), sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidades de 1,2 m. No caso de terras roxas, estes dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5 m. Nota-se, a cerca de 60 cm de profundidade, camada mais densificada que no Grupo B mas ainda longe das condições de impermeabilidade.
Grupo D	Solos argilosos (30 - 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50cm de profundidade. Ou solos arenosos como B, mas com camada argilosa quase impermeável ou horizonte de seixos rolados.

Quadro 1 - Grupo de solos e características do solo.

Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH (1999).

Condições de umidade	Características
Condição I	Solos secos - as chuvas nos últimos 5 dias não ultrapassaram 15mm.
Condição II	Situação média na época de cheias - as chuvas nos últimos 5 dias totalizaram entre 15 e 40mm.
Condição III	Solo úmido (próximo da saturação) - as chuvas nos últimos 5 dias foram superiores a 40mm e as condições meteorológicas foram desfavoráveis a altas taxas de evaporação.

Quadro 2 - Condições de umidade.

Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH (1999).

Por fim, deve ser considerada ainda a condição de cobertura do solo de acordo com as características da superfície. Diante de tantos parâmetros, para facilitar as análises geralmente CN é determinado por meio de tabelas que correlacionam o tipo de solo, com a classe de umidade e a cobertura do solo. Na Tabela 1 estão apresentados os valores de CN para a condição II de umidade.

Tipo de uso do solo / Tratamento		Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
<b>Condições hidrológicas</b>					
<b>Uso Residencial</b>					
Tamanho médio do lote	% Impermeável				
Até 500 m <sup>2</sup>	65	77	85	90	92
1000 m <sup>2</sup>	38	61	75	83	87
1500 m <sup>2</sup>	30	57	72	81	86
Estacionamentos pavimentados, telhados		98	98	98	98
<b>Ruas e estradas:</b>					
pavimentadas, com guias e drenagem		98	98	98	98
com cascalho		76	85	89	91
de terra		72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)		89	92	94	95
Distritos industriais (72% de impermeabilização)		81	88	91	93
<b>Espaços abertos, parques, jardins:</b>					
boas condições, cobertura de grama > 75%		39	61	74	80
condições médias, cobertura de grama > 50%		49	69	79	84
<b>Terreno preparado para plantio, descoberto:</b>					
plantio em linha reta		77	86	91	94
<b>Culturas em fileira:</b>					
linha reta	condições ruins	72	81	88	91
	condições boas	67	78	85	89
curva de nível	condições ruins	70	79	84	88
	condições boas	65	75	82	86
<b>Cultura de grãos:</b>					
linha reta	condições ruins	65	76	84	88
	condições boas	63	75	83	87
curva de nível	condições ruins	63	74	82	85
	condições boas	61	73	81	84
<b>Pasto:</b>					
s/ curva de nível	condições ruins	68	79	86	89
	condições médias	49	69	79	84
	condições boas	39	61	74	80
curva de nível	condições ruins	47	67	81	88

Tipo de uso do solo / Tratamento	Condições hidrológicas	Grupo Hidrológico			
		A	B	C	D
	condições médias	25	59	75	83
	condições boas	6	35	70	79
Campos:					
	condições boas	30	58	71	78
Florestas:					
	condições ruins	45	66	77	83
	condições boas	36	60	73	79
	condições médias	25	55	70	77

Tabela 1 - Valores de CN em função da cobertura e do tipo de solo (Condição II de umidade).

Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH (1999).

No caso de uma situação com condição de umidade I ou III, pode ser utilizada a Tabela 2 para a conversão de CN a partir do valor encontrado com a condição de umidade II.

Condições de umidade		
I	II	III
100	100	100
87	95	99
78	90	98
70	85	97
63	80	94
57	75	91
51	70	87
45	65	83
40	60	79
35	55	75
31	50	70
27	45	65
23	40	60
19	35	55
15	30	50

Tabela 2 - Dados para conversão de CN para as diferentes condições de umidade do solo.

Fonte: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - FCTH (1999).

## 2.3 Cenários estudados

Para a análise da influência da urbanização e seus efeitos no volume de escoamento

superficial, foram considerados três cenários cronológicos em relação ao desenvolvimento urbano da bacia: i) Cenário 1: a área total do bairro antes da urbanização (cerrado); ii) Cenário 2: as condições atuais de urbanização; iii) Cenário 3: uma situação futura de completa urbanização do bairro conforme o permitido pelo Plano Diretor vigente no município de Catalão disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Catalão (2016).

No Cenário 1 (Figura 4), a bacia foi analisada considerando a situação antes da urbanização sem nenhuma interferência antrópica. Vale destacar que o município de Catalão possui características do bioma Cerrado, tais como: solos heteromórficos, argilosos e com particularidade de solos orgânicos, além de fauna bastante diversificada em todo território (FERREIRA, 2005).

Já o Cenário 2 (Figura 5) corresponde a atual situação de uso e ocupação, conforme a Figura 5. São consideradas as seguintes parcelas: 1) Área Residencial (AR-C2), incluindo os Bairros Evelina Nour I e II, além de uma área adicional com residências existente na parte superior da bacia; 2) Área Permeável (AP-C2); 3) Área de Preservação Permanente (APP-C2), próximo a nascente. É obrigatória a permeabilidade mínima de 20% para AR-C2.

Por fim, o Cenário 3 (Figura 6) representa a situação futura em que a expansão urbana da área estudada alcança o limite máximo permitido pelas leis vigentes no Plano Diretor de Catalão. As parcelas de interesse são: 1) Área Residencial (AR-C3), incluindo os Bairros Evelina Nour I e II; 2) Zona Urbana de Usos Diversos 1 (ZUD-1), de uso misto com predominância residencial; 3) Zona Urbana de Usos Diversos 4 (ZUD-4), de uso misto com predominância comercial; 4) Zona Urbana de Proteção de Manancial (ZUPM), com predominância de uso residencial; e 5) Área de Preservação Permanente (APP-C3). Cabe destacar que existe a obrigatoriedade de permeabilidade mínima de 20% para AR-C3, ZUD-1, ZUD-4 e ZUPM. Neste caso, fica evidente um aumento considerável no território destinado a áreas residenciais e comerciais (parte urbanizada) e comparação com os Cenários 1 e 2.

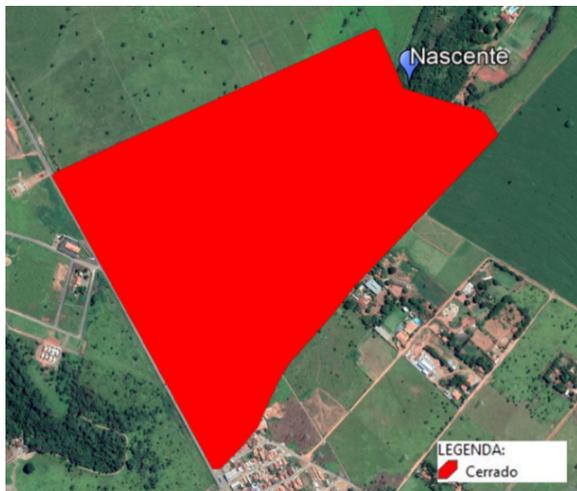


Figura 4. Cenário 1.

Fonte: Autoria própria (2021). Dados do *Google Earth* (2021).

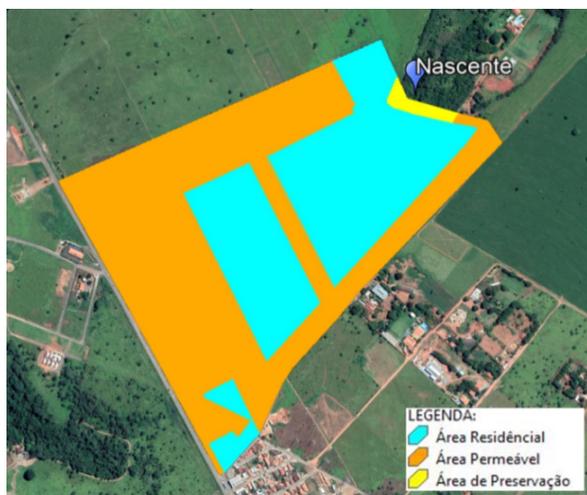


Figura 5. Cenário 2.

Fonte: Autoria própria (2021). Dados do *Google Earth* (2020).

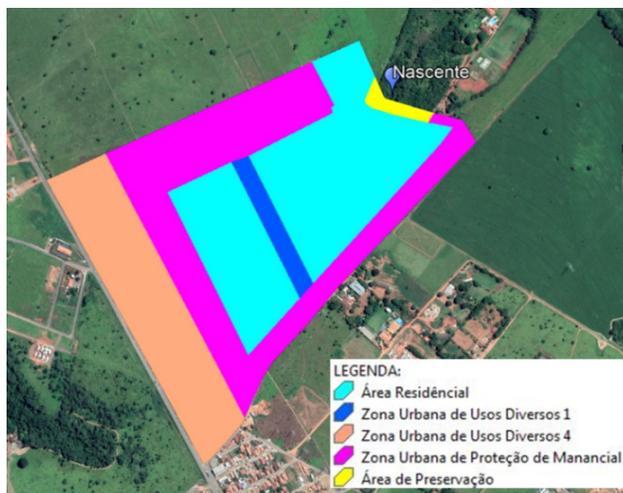


Figura 6. Cenário 3.

Fonte: Autoria própria (2021). Dados do *Google Earth* (2020).

## 2.4 Condições de umidade e dados de precipitação

Em relação à condição de umidade, foram considerados dois casos a fim de comparar resultados e, assim, promover uma análise mais completa. O primeiro caso foi definido tomando como referência a condição II de umidade, comumente utilizada em projetos de drenagem. Já para o segundo caso foi considerado a condição III de umidade.

Os dados de precipitação de Catalão foram extraídos do ano de 2020 a fim de se encontrar um período com um volume precipitado significativo, mas evitando situações extremas como casos históricos de precipitação elevada. Dessa forma, foram obtidos os dados da Tabela 3 referentes ao dia 22 de janeiro de 2020.

Dia/Mês/Ano	Hora completa do dia	Chuva (mm)
22/01/2020	01	0,00
22/01/2020	02	0,00
22/01/2020	03	0,40
22/01/2020	04	24,60
22/01/2020	05	7,40
22/01/2020	06	7,00
22/01/2020	07	9,60
22/01/2020	08	7,00

Tabela 3 - Hietograma de chuva para Catalão - GO.

Fonte: INMET (2020).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como foram analisadas diferentes condições de umidade, serão apresentados os coeficientes CN para os Cenários 1, 2 e 3 considerando a condição II de umidade. Em seguida, serão mostrados os coeficientes CN para os Cenários 1, 2 e 3 considerando a condição III de umidade mediante utilização dos valores de conversão da Tabela 2. Por fim, são mostrados os resultados do volume de escoamento superficial direto para cada condição de umidade.

Em relação ao tipo de solo, a classe de solo que mais se aproxima das características do município de Catalão consiste na classe C (ver Quadro 1). Isso porque o solo da região apresenta, de maneira generalizada, índices que o identificam como sendo relativamente argiloso, porém não totalmente impermeabilizado.

### 3.1 CN para os Cenários 1, 2 e 3 considerando a condição II de umidade

Para determinar o valor de CN no Cenário 1, foram considerados os parâmetros referentes ao bioma Campos na Tabela 1, pois não existem informações do bioma cerrado. Os biomas mencionados apresentam semelhanças quanto às características geológicas e geomorfológicas. Dessa forma, neste cenário o solo da área é tipo C e totalmente composto por campos em boas condições, o que resulta em  $CN=71$  para a condição II de umidade.

O Cenário 2 apresenta diferentes tipos de cobertura do solo. Os valores correspondentes a cada área contribuinte podem ser vistos na Tabela 4, juntamente com os respectivos valores do parâmetro CN obtidos mediante análise da Tabela 1. No entanto, neste caso são válidas algumas considerações. Na classificação apresentada na Tabela 4, ruas e estradas correspondem a 30% da AR-C2. Já a parcela de uso residencial é formada por 70% da AR-C2. Ainda em relação ao uso residencial, 20% foram considerados como permeáveis, conforme recomendação do Plano Diretor da Prefeitura Municipal de Catalão (2016). Ou seja, 80% do uso residencial é impermeável. Como a Tabela 1 não contempla essa porcentagem de impermeabilização, neste caso o cálculo de CN foi realizado a partir da extrapolação dos dados existentes conforme o Gráfico 1. A cobertura de solo definida como pasto corresponde a AP-C2, caracterizada por apresentar vegetação rasteira (sem curva de nível e em condições ruins). Por sua vez, a cobertura de campos é utilizada para representar a APP-C2. Portanto, através dos valores de CN para cada situação de cobertura do solo (Tabela 4) foi realizada a ponderação em relação às áreas de acordo com a Equação 4 que resultou em  $CN=89,6$ .

Cobertura do solo	Área (m²)	CN
Uso residencial	178217	93,9
Ruas e estradas	76379	98
Pasto	348374	86
Campos	7191	71

Tabela 4 - Parâmetros CN para o Cenário 2.

Fonte: Autoria própria (2021).

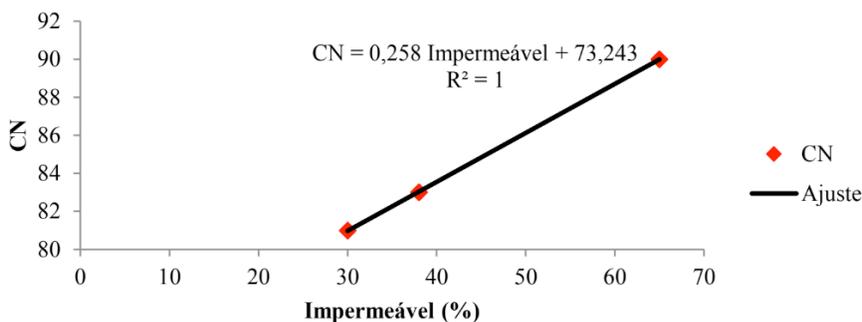


Gráfico 1 - Representação gráfica para o cálculo do CN em áreas residenciais.

Fonte: Autoria própria (2021).

O Cenário 3 também apresenta diferentes tipos de solo. Por meio da Tabela 5 é possível identificar os valores das áreas contribuintes e seus respectivos CN, obtidos a partir da Tabela 1. Vale ressaltar alguns esclarecimentos quanto à avaliação realizada na consideração dos dados fornecidos na Tabela 5. A cobertura definida por ruas e estradas corresponde a 30% da AR-C3, ZUD-1 e ZUPM. O uso residencial é formado por 70% da AR-C3, ZUD-1 e ZUPM. Em relação ao uso residencial, são considerados 20% de áreas permeáveis em cada lote, como estabelecido pelo Plano Diretor. Neste caso, também foi necessária a extrapolação dos dados a partir do Gráfico 1 para obter o coeficiente CN. A cobertura definida como áreas comerciais consiste na ZUD-4 com consideração de 20% de permeabilidade e, conseqüentemente, 80% de impermeabilidade. Como a Tabela 1 não contempla esse valor de impermeabilidade para áreas comerciais, o valor de CN foi estimado de forma proporcional a partir do valor indicado de taxa. Por fim, a cobertura tipo campos é referente a APP-C3. Com os valores de CN para cada situação de cobertura do solo (Tabela 5), foi realizada a ponderação em relação às áreas de acordo com a Equação 4 resultando em  $CN=93,3$ .

<b>Cobertura do solo</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>CN</b>
Uso residencial	325449	93,9
Ruas e estradas	139478	98
Áreas comerciais	137938	88,5
Cerrado	7191	71

Tabela 5 - Parâmetros CN para o Cenário 3.

Fonte: Autoria própria (2021).

O resumo com os coeficientes CN obtidos para cada situação, considerando a condição II de umidade, é apresentado na Tabela 6. Portanto, conforme resultados obtidos, a urbanização promoveu o aumento sensível do coeficiente CN quando comparado com a situação inicial sem urbanização.

<b>Situação</b>	<b>CN</b>
Cenário 1 - Antes da urbanização	71
Cenário 2 - Atual (urbanização parcial)	89,6
Cenário 3 - Futuro (urbanização completa)	93,3

Tabela 6 - Valores de CN para a condição de umidade II.

Fonte: Autoria própria (2021).

### 3.2 CN para os Cenários 1, 2 e 3 considerando a condição III de umidade

Os valores de CN encontrados anteriormente correspondem à condição II de umidade, que é comumente empregada para o desenvolvimento de projetos de engenharia. Para a condição III de umidade, foi necessário realizar a conversão dos dados encontrados através da Tabela 2. Os resultados da conversão estão disponibilizados na Tabela 7. Os valores de CN, neste caso, são sensivelmente superiores, indicando uma menor capacidade de absorção de água, o que é perfeitamente plausível devido ao solo estar próximo à saturação.

<b>Situação</b>	<b>CN</b>
Cenário 1 - Antes da urbanização	87,8
Cenário 2 - Atual (Urbanização parcial)	97,9
Cenário 3 - Futuro (Urbanização completa)	98,7

Tabela 7 - Valores de CN para a condição de umidade III.

Fonte: Autoria própria (2021).

### 3.3 Volume de escoamento superficial direto para a condição II de umidade

A partir dos dados apresentados foi realizado o cálculo do volume de escoamento superficial direto considerando o método SCS para a condição II de umidade. No Gráfico 2 é apresentada uma análise comparativa do volume de escoamento superficial direto horário para cada situação analisada. No Gráfico 3 é mostrada uma análise comparativa do volume acumulado.

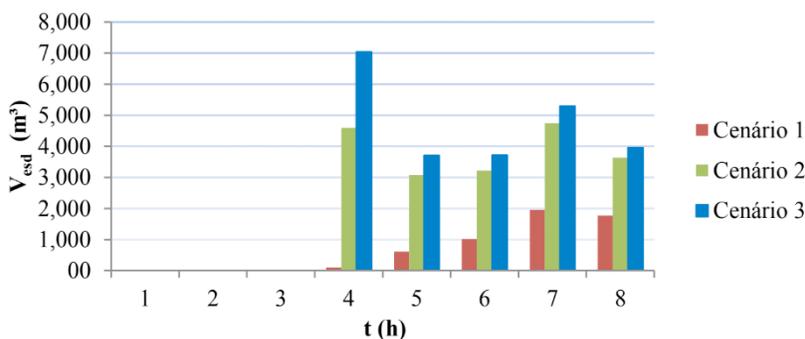


Gráfico 2 - Comparativo dos valores do volume de escoamento superficial direto horário ( $V_{esd}$ ) para os Cenários 1, 2 e 3 (Condição II de umidade).

Fonte: Autoria própria (2021).

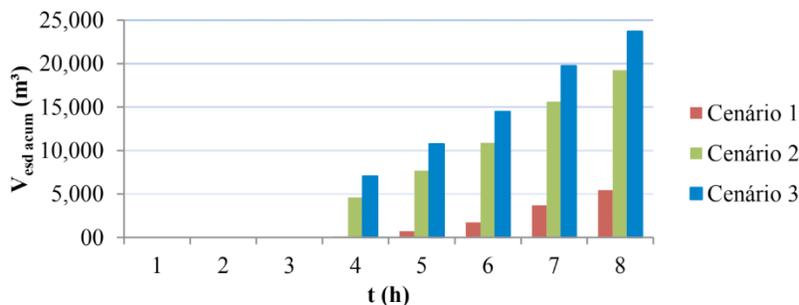


Gráfico 3 - Comparativo dos valores do volume de escoamento superficial direto acumulado ( $V_{esd\ acum}$ ) para os Cenários 1, 2 e 3 (Condição II de umidade).

Fonte: Autoria própria (2021).

Por meio dos Gráficos 2 e 3 é possível observar que a urbanização influencia significativamente no volume de escoamento superficial direto da área em estudo. No Cenário 1, pode ser observado que o volume de escoamento acumulado ( $V_{esd\ acum} = 5.453,3m^3$ ) é baixo quando comparado ao volume gerado nos demais casos. Por outro lado, no Cenário 2 o volume de escoamento superficial acumulado ( $V_{esd\ acum} = 19.264,1 m^3$ ) sofreu um aumento considerável, chegando a superar em mais de três vezes o volume gerado no Cenário 1. Conforme Menezes Filho e Costa (2012), Oliveira *et al.* (2015), Targa *et al.*

(2012), e Valle *et al.* (2016), isso está relacionado com o aumento da impermeabilização decorrente da urbanização, que promove a diminuição da capacidade de absorção da água pelo solo. No Cenário 3 o volume de escoamento acumulado ( $V_{\text{esd acum}} = 23.706,6 \text{ m}^3$ ) correspondeu ao maior valor encontrado, o que indica um aumento de 23,06% do volume acumulado em relação ao Cenário 2. O volume acumulado poderia ser ainda maior, pois foram consideradas 20% de área permeável de todos os lotes, o que muitas vezes não é respeitado.

O volume de escoamento direto horário também é importante, principalmente por se tratar de uma área relativamente pequena (menor tempo de concentração). Nas primeiras horas de precipitação, o Cenário 1 possui um volume horário bastante inferior aos demais casos. Também é significativa a diferença entre o Cenário 2 e o Cenário 3 no estágio inicial da precipitação. Por outro lado, num período maior de precipitação, as diferenças entre os cenários diminuem, mas ainda são sensíveis. Esses resultados mostram que a impermeabilização provocada pela urbanização pode antecipar a ocorrência de vazões máximas com a concentração de volumes cada vez maiores num menor espaço de tempo. Nesse sentido, um estudo preliminar desta natureza é de extrema importância, uma vez que permite ao projetista e aos gestores ações no sentido de possibilitar a atenuação dos volumes escoados, bem como leis para garantir a sustentabilidade do sistema como um todo.

Cabe destacar que no exutório existe uma nascente para onde é direcionado todo o volume de água. Conforme Coelho Filho *et al.* (2017), a impermeabilização excessiva atrapalha as áreas de recarga e promove a diminuição da vazão dos cursos de água devido à água que deixa de infiltrar no solo. Isso representa um aspecto negativo, pois pode afetar a capacidade de produção de água da nascente da bacia. De acordo com Tucci (1997), a impermeabilização também promove a redução da qualidade das águas superficiais que, por sua vez, recebem material sólido carreado das superfícies urbanas. Nesse sentido, como verificados por Oliveira *et al.* (2016) e Tasca, Pompêo e Finotti (2018), a urbanização desordenada e/ou um sistema de drenagem inadequado no local podem criar uma situação que facilita o aparecimento e atuação de fatores degradantes, tais como assoreamentos, erosões e conseqüente desequilíbrio hidrológico.

Durante uma visita técnica *in loco* foram observados em alguns pontos do Bairro Evelina Nour II (onde o volume de escoamento é maior devido à contribuição acumulada da área de drenagem acima) a presença de ruas com o asfalto bastante danificado. Muitos dos locais críticos estão localizados no sentido de escoamento principal da água. Conforme informações de moradores, estes lugares sempre apresentam problemas na presença de chuvas de maior intensidade. Logo, possivelmente essa deterioração das ruas é resultado do grande volume de escoamento existente na rua associado a um pavimento asfáltico de qualidade ruim ou até mesmo a uma rede de drenagem subdimensionada. Além disso, devido à topografia a região próxima ao exutório é propícia a inundações no caso de um sistema de drenagem ineficiente, fato que também foi observado por Ártico e Cordeiro

(2014), Santos, Ruffino e Barros Filho (2017) e Silva e Poletto (2015).

### 3.4 Volume de escoamento superficial direto para a condição III de umidade

No Gráfico 4 está uma análise comparativa dos volumes de escoamento superficial direto horário para os três cenários na condição III de umidade. Já o Gráfico 5 mostra a comparação considerando os valores acumulados.

Na condição III de umidade os volumes de escoamento superficial direto são superiores aos obtidos na condição de II de umidade. Isso é perfeitamente plausível, pois a condição III de umidade considera o solo próximo da saturação, isto é, com uma baixa capacidade de absorção de água. A explicação também é corroborada com as pesquisas de Luiz e Romão (2019), uma vez que eles constataram que em regiões tropicais, durante estações chuvosas, o solo tende a ter elevada umidade ou maior grau de saturação.

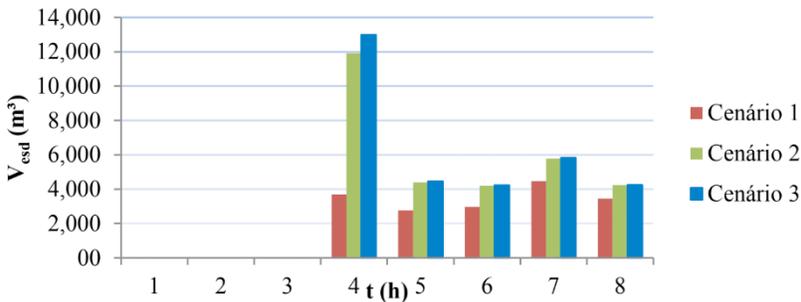


Gráfico 4 - Comparativo dos valores do volume de escoamento superficial direto horário ( $V_{esd}$ ) para os Cenários 1, 2 e 3 (Condição III de umidade).

Fonte: Autoria própria (2021).

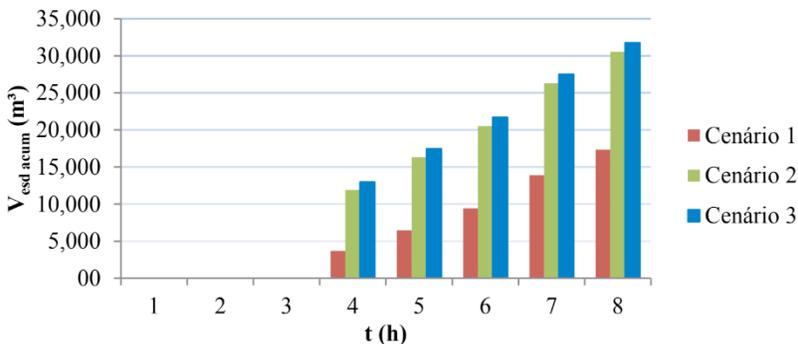


Gráfico 5 - Comparativo dos valores do volume de escoamento superficial direto acumulado ( $V_{esd\ acum}$ ) para os Cenários 1, 2 e 3 (Condição III de umidade).

Fonte: Autoria própria (2021).

O Cenário 1 novamente resultou no menor volume de escoamento superficial acumulado ( $V_{esd\ acum} = 17.345,5 m^3$ ). No Cenário 2 ( $V_{esd\ acum} = 30.511,9 m^3$ ) ocorreu um

aumento de aproximadamente 75,9% em relação ao Cenário 1. Por sua vez, no Cenário 3 o volume acumulado foi de 31.764,4 m<sup>3</sup>, resultando em um aumento de 4,1% em comparação com o Cenário 2. Portanto, as situações com presença da urbanização apresentam valores superiores em relação à situação inicial (sem urbanização), mostrando que a presença de área permeável permite a redução do volume de escoamento superficial mesmo o solo estando saturado. Por outro lado, diferentemente dos resultados com a condição II de umidade, a diferença entre a situação atual e a futura, na condição III, é mínima. Tais resultados evidenciam que na condição III de umidade a situação atual de urbanização apresenta um estágio tendendo ao crítico em relação ao volume de escoamento. Logo, como o solo está encharcado e já possui uma parcela significativa de área impermeável, o percentual de aumento de área de urbanização não foi suficiente para gerar um grande aumento no volume de escoamento.

Em relação ao máximo volume de escoamento superficial horário, o Cenário 1 apresenta um valor bastante inferior às demais situações analisadas. Já os Cenários 2 e 3 apresentam valores próximos, principalmente para um maior período de precipitação. É importante destacar que os valores horários encontrados para a condição III de umidade são sensivelmente superiores aos calculados para a condição II de umidade no estágio inicial de precipitação. Em caso de períodos mais frequentes de chuvas (suficiente para caracterizar a condição III de umidade) fica evidente que o estágio atual de impermeabilização, decorrente da urbanização, da área em estudo, já é capaz de promover volumes escoados superficialmente elevados num curto período de tempo. Neste caso, a área permeável possui sua capacidade de absorção reduzida decorrente da saturação do solo. Na situação futura a urbanização excessiva pode acarretar a geração de vazões de pico ainda maiores. Desse modo, problemas análogos aos mencionados na discussão da condição II de umidade, podem ocorrer com maior magnitude devido aos maiores volumes de escoamento. Diante disso, o aumento das vazões de pico com grandes volumes juntamente com um sistema de drenagem ineficiente podem causar impactos ambientais e, conseqüentemente, comprometer a nascente, o que vai contra todos os princípios da preservação ambiental.

Vale destacar o fato do cenário atual, considerando a condição III de umidade, já resultar em grandes volumes, o que pode ser o fator preponderante para os problemas mencionados nas ruas do bairro Evelina Nour II. Nesse sentido, além de um sistema de drenagem eficiente, é uma alternativa atraente aproveitar a área de expansão para possibilitar zonas de recargas, com implantação de áreas vegetadas, para a redução dos volumes de escoamento.

## 4 | CONCLUSÕES

De modo geral, os resultados apresentados mostram que o solo na condição natural

apresenta uma capacidade significativa de absorver o volume precipitado, culminando com um menor volume de escoamento superficial direto. Já a urbanização promove a impermeabilização da superfície do solo e, conseqüentemente, o aumento considerável do volume de escoamento superficial direto.

É importante destacar que a condição de umidade do solo influencia muito nos resultados. Para menores índices de precipitação, em que o solo não está saturado, a parte do solo não impermeabilizada apresenta uma boa capacidade de absorver o volume de água precipitado. Desse modo, existe uma diferença sensível entre o volume escoado comparando a condição atual de urbanização e a condição futura de máxima urbanização. Por outro lado, no caso do solo próximo da saturação a capacidade de absorção do volume precipitado é muito baixa e as áreas com superfície permeável se comportam como áreas impermeáveis, promovendo o incremento de escoamento superficial. Isso justifica a menor diferença do escoamento superficial direto entre as situações atual e futura de máxima urbanização.

Os efeitos da urbanização excessiva e/ou de forma desordenada podem gerar diminuição da vazão média nos cursos de água, vazões de pico elevadas pela diminuição do tempo de concentração, assoreamento do corpo receptor e processos erosivos, entre outras conseqüências. Neste caso, existe uma preocupação especial com a nascente existente próximo ao exutório. Portanto, é recomendada a adoção de um planejamento bem elaborado de modo a propiciar a urbanização forma racional e sustentável. A partir desse estudo, podem ser tomadas medidas relacionadas com a criação de locais para infiltração como mais praças e parques com áreas permeáveis e a implantação de bacias de infiltração, retenção e detenção e/ou adoção de pavimentos permeáveis.

Por fim, a elaboração de projetos de drenagem consistentes, incluindo planos para manutenção, é imprescindível para evitar problemas futuros. Inclusive, também é recomendado usar a condição III de umidade nos estudos relacionados com a rede drenagem. Outro ponto importante consiste na atuação das autoridades municipais no sentido de garantir o cumprimento das taxas mínimas de permeabilidade estabelecidas no Plano Diretor. Isso inclui o estabelecimento de leis mais severas, adequada fiscalização e campanhas de conscientização da população.

## REFERÊNCIAS

ÁRTICO, B. C.; CORDEIRO, J. S. O estudo de áreas vulneráveis a enchentes: O caso de São José do Rio Preto – SP. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2014.

COELHO FILHO, J. A. P.; CARDOSO, A. T.; SOUZA, D. N.; MAGALHÃES, L. F. Análise quantitativa dos efeitos da urbanização sobre a infiltração e o escoamento superficial na cidade de Goiânia-GO. In: **XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 2017, Florianópolis, Brasil.

FCTH - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. 1999. 289p. São Paulo.

FERNANDES, R. V. C. **Programa de revegetação na área da bacia hidrográfica do Ribeirão Samambaia em Catalão (GO): Diagnóstico 2003 – 2015**. 2017. 177p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Goiás. Catalão.

FERREIRA, I. M. Bioma Cerrado: Caracterização do Subsistema de Vereda. In: **IX EREGEO – Encontro Regional de Geografia. Novas territorialidades – integração e redefinição regional**, 2005, Porto Nacional, Brasil.

FERREIRA, J. S. W. Globalização e urbanização subdesenvolvida. **São Paulo em Perspectiva**, v. 4, n. 4, p. 10-20, 2000.

GOOGLE EARTH. Software de visualização de imagens de satélite. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth>>. Acesso em: 21 mar. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/catalao.html>>. Acesso em: 19 mar. 2020.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações Automáticas**. Consulta de dados da Estação Automática para a cidade de Catalão-GO. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg\\_dspDadosCodigo\\_sim.php?QTazNA==>](http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTazNA==>)>. Acesso em: 09 abr. 2020.

LUIZ, G. C.; ROMÃO, P. A. Interação solo-atmosfera e processos de inundação e alagamento na cidade de Goiânia – GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 5, p. 1891-1903, 2019.

MENEZES FILHO, F. C. M.; COSTA, A. R. Verificação do dimensionamento das galerias de águas pluviais em uma sub-bacia do Córrego Botafogo na cidade de Goiânia – GO. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 1, n. 4, p. 1-11, 2012.

MORAIS, L. S. de.; SILVA, P. B.; QUIRINO, G. H. A.; MELO, M. T. da S. Ensaio indiretos na avaliação do potencial de erodibilidade de solos. In: **XVI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**, 2014, Goiânia, Brasil.

MOSCA, A. A. de O. **Diagnósticos sócio-ambiental da bacia do Ribeirão Samambaia: Catalão (GO)**. 2004. 153p. Monografia (Bacharelado em Geografia), Universidade Federal de Goiás. Catalão.

MUÑOZ-ROBLES, C.; REID, N.; TIGHE, M.; BRIGGS, S. V.; WILSON, B. Soil hydrological and erosional responses in patches and inter-patches in vegetation states in semiarid Australia. **Geoderma**, v. 160, p. 524–534, 2011.

OLIVEIRA, F. A.; ARANTES, Q. C.; OLIVEIRA, J. A. de.; PEREIRA, T. S. R.; FORMIGA, K. T. M. Determinação do limite da faixa de inundação com uso do HEC – RAS para o parque linear do Córrego Macambira em Goiânia, Goiás. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 1, p. 56– 66, 2016.

OLIVEIRA, T. H.; SILVA, J. E.; SANTOS, M. O.; OLIVEIRA, J. S. S.; GALVÍNIO, J. D. Evolução espaço-temporal da drenagem superficial e do processo de impermeabilização em Santo Amaro, Recife – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 6, p. 1571-1587, 2015.

PORTO, K. G. **Consequências do uso do solo nas áreas de vegetação ciliar sobre a qualidade da água do Ribeirão Samambaia, Catalão (GO)**. 2012. 241p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Goiás - Campus Avançado de Catalão, Catalão.

PORTO, R. L. L. Escoamento Superficial Direto. In: Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M. T. M. (Org.). **DRENAGEM URBANA**. SÃO PAULO: ABRH, 1995, p. 107-165.

PREFEITURA MUNICIPIAL DE CATALÃO. (Câmara de Vereadores). **Lei Complementar Nº 3.439, de 08 de dezembro de 2016**. Institui o Plano Diretor de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Sustentável de Catalão, que dispõe sobre plano de parcelamento, uso e ocupação do solo, instrumentos urbanísticos e sistema de gestão. Catalão: Câmara Municipal de Catalão, 2016.

SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; BARROS FILHO, M. N. M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 1571-1587, 2017.

SARTORI, A. **Avaliação da classificação hidrológica do solo para a determinação do excesso de chuva do método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos**. 2004. 161p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

SETZER, J; PORTO, R. L. L. Tentativa de avaliação do escoamento superficial de acordo com o solo e seu recobrimento vegetal nas condições do Estado de São Paulo. São Paulo, 1979. **Boletim Técnico DAEE**, v.2, n.2, p. 81-104.

SILVA, K. C.; POLETO, C. Mapeamento dos bairros suscetíveis à inundações no município de Jaú – SP. **Revista Tecnológica**, v. 24, n. 1, p. 95-104, 2015.

TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. N.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 2, 2012.

TASCA, F. A.; POMPÊO, C. A.; FINOTTI, A. R. Evolução da gestão da drenagem urbana na bacia hidrográfica do Rio Itajaí Açu. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 2, p. 264-283, 2018.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. **Ciência e cultura**, v. 55, n.4, p. 36-37, 2003.

TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 2, p. 5-12, 1997.

VALLE, R. A.; POMPEU, C. R.; RICCIARDI, R. L. G. F.; OKAWA, C. M. P.; MARTINS, D. N.; PAREDES, E. A. Uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão Maringá – Maringá – PR: Análise da expansão urbana por meio do SIG. **Revista Tecnológica**, v. 25, n. 1, p. 47-56, 2016.

## **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)