

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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª 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  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª 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  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal 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  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
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. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lillian 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**

## URBANIZAÇÃO DE ENCOSTAS – ESTRATÉGIAS PARA OCUPAÇÃO E CONTENÇÃO

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/06/2021

**Henrique Dinis**

Universidade Presbiteriana Mackenzie, EE Civil  
São Paulo - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/2676157952346524>

**RESUMO:** As áreas urbanizadas são geralmente grandes porções do solo, orientadas segundo critérios que lhes conferem características próprias para usos variados, que impõe parcelamentos específicos segundo suas funções. Quando as encostas são ocupadas pela urbanização, de forma não planejada, decorrem desta prática possíveis deslizamentos e outros fenômenos de deslocamento de massas de solo, que são classificados como riscos geológicos. Este trabalho avalia os riscos geológicos decorrentes da ocupação das encostas pela urbanização, analisando os tipos de ocupação, mais especificamente, os casos em que tenham ocorrido de forma irregular e precária, e as ocorrências características dos movimentos de massas como consequência dos trabalhos da terraplanagem nestas áreas. Apresenta, para várias situações distintas de ocupação, as obras de contenção que melhor se aplicam.

**PALAVRAS-CHAVE:** Urbanização; Ocupação não planejada de encostas; Obras de contenção.

### SLOPE URBANIZATION - OCCUPATION AND CONTAINMENT STRATEGIES

**ABSTRACT:** Urbanized areas are generally large portions of the soil, oriented according to due characteristic criteria for varied uses, which imposes specific installments according to their functions. When slopes are occupied by unplanned urbanization, there are possible landslides and other phenomena of displacement of soil masses, which are classified as geological risks. This work evaluates the geological risks arising from the occupation of the slopes by urbanization, evaluating the types of occupation, more specifically, the cases in which they occurred irregularly and precariously, and the characteristic occurrences of mass movements as the earthwork's consequence in these areas. It presents, for several different situations of occupation, the containment works that best apply.

**KEYWORDS:** Urbanization; Slopes unplanned occupation; containment works.

### 1 | INTRODUÇÃO

Contenções são obras que visam estabilizar ou conter o solo, diante de fenômenos que causam sua instabilidade, como em áreas de encostas com ocupação urbana, quando massas de solo, diante da perda do equilíbrio natural ou devido a intervenções humanas, podem romper. A forma mais comum pode ser por deslizamentos e escorregamentos de massas de solo, ou no caso de erosões, pode

ocorrer deslocamento, tombamento, ou desprendimento das superfícies dos taludes (DAS, 2011). Em encostas, especialmente, como cita Gerscovich (2012) os taludes naturais estão sempre sujeitos a apresentar problemas de instabilidade, tendo em vista tratar-se da própria dinâmica de evolução das encostas, devido aos processos físico-químicos contínuos de alteração das rochas, que após fenômenos como o intemperismo, que causam sua deterioração, formam solos residuais, que apresentam características inferiores para resistir aos efeitos do deslizamento, gerando condições propícias para deflagrar a ruptura. Ainda, após a ruptura do talude natural, o transporte do material pode não ser pleno, ocorrendo depósitos ao longo da encosta, denominados de solos coluvionares, que não são estáveis e podem escorregar e formar avalanches, mediante a ação das chuvas. Segundo Massad (2010), diante de chuvas intensas e prolongadas, que causam infiltrações e a saturação do solo, o fator de segurança quanto à instabilidade, em situações extremas, pode chegar próximo de 1,0, recomendando que as intervenções do homem devam alterar o mínimo possível a geometria da encosta.

Normalmente, as obras de grande porte, em meio às encostas, são realizadas segundo um rígido acompanhamento geotécnico, elaborando-se projetos pontuais de contenção, sempre que se detecta possível instabilidade. No entanto, em encostas ocupadas por urbanização, há uma grande mescla de tratamentos, desde projetos complexos e sofisticados atendendo edificações públicas ou de alto padrão, até improvisações efetuadas sem o menor critério técnico. A exemplo, são as ocupações por favelas, em que estes cuidados são mínimos, ou mesmo inexistentes, fazendo com que os acidentes com a ruptura de taludes sejam constantes.

De forma geral, no Brasil, o fenômeno de urbanização nas grandes cidades, inicialmente, avançou por terras de maior altitude, ocupadas pelas elites, mas normalmente, também, com maiores declividades. Há exceções, como exemplo em São Paulo, em alguns bairros-jardins, às margens do Rio Pinheiros, onde se implantaram os arruamentos em regiões pertencentes às várzeas do rio. Mais comumente, as baixadas e várzeas de córregos, foram tomadas por assentamentos precários, que no futuro, tornaram-se áreas de risco, por enchentes.

Posteriormente, com o crescimento das cidades, as ocupações desordenadas vieram se processando de forma acelerada, e como decorrência, com o crescente aumento populacional, esgotaram-se as possibilidades de assentamentos em áreas dotadas de infraestrutura, mesmo que mínima, o que levou à ocupação irregular de áreas vagas, de risco, não mais somente às margens dos córregos, mas também, em localidades mais distantes, muitas vezes em encostas, suscetíveis a deslizamentos, sem qualquer tratamento de estabilização.

Segundo Massad (2010) “O problema da estabilidade de encostas naturais tem afetado muito a população brasileira, de forma geral. Basta lembrar a *queda de barreiras* em nossas estradas, ou as tragédias sobre os habitantes das periferias de algumas de

nossas maiores cidades, por ocasião de chuvas intensas e prolongadas, em grande parte, pela ocupação desordenada de encostas de morros”.

Segundo JORGE (2013), com a ocupação desenfreada das encostas, para usos urbanísticos, o desmatamento para a construção de casas e ruas tem sido a principal causa para a ocorrência dos processos de movimentos de massas de solo. O processo se inicia com a remoção da cobertura vegetal e da alteração da superfície natural da encosta, e sua progressão vai depender do tipo de solo, declividade e forma da encosta, e como o ser humano intervém. Em áreas urbanizadas, ou em processo de urbanização, tem muita influência, a forma como foi efetuado o parcelamento do solo e como está sendo utilizado. Em áreas de propriedades maiores, como chácaras ou pequenos sítios, o problema é menor, devido à possibilidade de se acomodar a terraplanagem com taludes adequados à estabilização do solo. No entanto, em se tratando de áreas residenciais, a criação de patamares para assentamento das edificações pode gerar instabilidades locais, ou mesmo geral, de deslizamento da encosta, quando as declividades forem muito elevadas. Mais grave, são as ocupações irregulares e precárias, quando não há qualquer critério técnico para a criação dos patamares, como também, não há, para assentar as edificações por meio de fundações suficientes à sua estabilidade.

Na maior parte dos casos, as técnicas preventivas, como o tratamento superficial do solo, não são suficientes para a segurança contra os desmoronamentos locais, ou mesmo, deslizamentos, tornando-se necessário o uso de tecnologias construtivas para a execução de obras de contenção corretivas, as que sejam mais adequadas para garantir a segurança contra os fenômenos geológicos, não somente sob o ponto de vista construtivo, mas também, financeiro e de impacto ambiental (MÁXIMO, 2006). Em caso de áreas em processo de consolidação, deve-se prever soluções adequadas para se lidar com os movimentos de massa, planejando os desníveis entre patamares e as obras de arrimo, de forma eficiente, para não causar a instabilidade das massas de solo, incorrendo em riscos geológicos. Leva-se, assim, à necessidade de se conhecer mais profundamente as aplicações, bem como as vantagens e desvantagens de cada técnica construtiva para estabilização e contenção de encostas, para sua aplicação, especialmente quando com ocupação antrópica, na busca de soluções adequadas, quando relacionadas a esta problemática.

Os principais problemas com a instabilidade podem ser causados por drenagem deficiente, cortes sem a devida proteção, sobrecargas aplicadas, dentre outras causas. Normalmente, obras de regularização geométricas dos taludes são suficientes, quando bem abatidos, em caso contrário, recorre-se às contenções, que podem exigir a cada caso, projetos específicos, dependendo da extensão do problema.

Sendo necessárias obras de contenção, estas ocorrem em três situações distintas: as mais complexas e onerosas, são as de reconstituição dos taludes rompidos; seguindo-se das obras para correção de taludes que sofreram intervenções inadequadas, visando

um aumento da segurança; e por fim, as obras preventivas, visando a proteção contra a instabilidade natural das encostas.

Para cada situação, são várias as soluções que se aplicam, sejam para as obras de correção, para aumento de segurança, quanto às de reconstrução, podendo-se citar os muros de arrimo, em concreto, gabiões e outros similares; as contenções em estacas, cortinas atirantadas, solo grampeado, solo reforçado, dentre outros, decidindo-se entre eles, quanto ao tipo de risco geológico envolvido, implicações executivas, tipo do solo, local e geometria da área envolvida, e os consequentes custos de cada obra, valendo a melhor relação custo-benefício.

Em se tratando de encostas com ocupação antrópica, de forma irregular, como as favelas, ocorrem em grande parte delas, problemas de instabilidade local, em decorrência da construção de patamares para assentamento de edificações, sem a devida proteção. Em análise de riscos, muitas destas habitações são avaliadas como risco geológico na escala máxima, recomendando-se sua remoção. Obras de contenção são complexas, muitas vezes descartadas pelo alto custo de execução, no entanto, não inviáveis. Ocorre que nas grandes cidades o custo social tem se tornado cada vez maior, uma vez que mesmo os espaços para se construir conjuntos habitacionais estão se esgotando. Recorre-se, então, às possibilidades de se preservar tais edificações, mesmo que a um custo elevado.

Por outro lado, devido à intrincada relação do espaço e sua ocupação, em encostas, especialmente, torna-se complexa e de difícil solução, a implantação de obras de contenções, tendo em conta aspectos como: falta de espaço para a própria obra, para utilização de equipamentos de execução e dificuldades com a acessibilidade. Nestes casos, são as soluções pontuais, as que demandam o menor espaço construtivo, as mais viáveis. Se destacam, neste contexto, as contenções em estruturas de concreto com fundações em estacas moldadas.

Outras soluções vêm sendo também utilizadas, neste sentido, mesmo que geomericamente mais difíceis, as contenções de solo armado, utilizadas normalmente para reconstrução de patamares que sofreram escorregamento ou para adequações geométricas de vielas para restituir acessos às casas, como também, as de solo grampeado, para assegurar a estabilidade de patamares em risco de escorregamento ou erosão, desde que o talude não se encontre frontalmente obstruído.

## **2 | ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA ESTABILIZAÇÃO E CONTENÇÃO**

Para se decidir por um sistema construtivo, inicialmente, é necessário efetuar uma análise geotécnica completa sobre a obra. Normalmente, procura-se identificar, em áreas classificadas como de risco geológico, situações típicas para aplicação dos referidos métodos de contenção, avaliando-se peculiaridades que conduzam às especificidades de cada processo construtivo, como: local da obra, acessibilidade a equipamentos, geometria,

solo, dentre outros. São muitas as alternativas para solucionar o mesmo problema, valendo-se da que apresentar a melhor relação custo-benefício.

Como regra, para se efetuar obras de contenções em encostas, ou em locais íngremes, em que já ocorreram muitas interferências geométricas na altimetria do terreno, deve-se primeiramente ser verificada a estabilidade global dos taludes naturais. A questão é bem ampla, envolvendo as causas que levam aos escorregamentos naturais, tendo em vista fenômenos temporais que alteram as características dos solos ou como estão arrançados na natureza, podendo como consequência do próprio processo, ocorrer fenômenos de movimento de massas (MASSAD, 2010).

A análise da estabilidade natural das encostas normalmente demanda estudos mais complexos, envolvendo um número maior de variáveis, muitas só reconhecidas no campo. Assim, não faz parte deste trabalho, em que deseja-se tirar conclusões sobre condicionantes de sistemas construtivos de contenção de taludes secundários, o que leva a estudos de estabilidade local. Segundo Gerscovich (2012), para avaliar a estabilidade de taludes, deve-se verificar, inicialmente, a possível forma da ruptura, que considera a geometria do maciço de terra, as sobrecargas, o solo que constitui as camadas de ruptura, se residual, coluvionares, ou mesmo rocha, eventuais heterogeneidades ao longo do perfil do talude, como também, a existência de infiltrações que acarretam poropressões.

Relativamente à verificação da estabilidade local, que requer estudos inclusive das fundações, formas e dimensionamento das partes com armação, pode-se chegar às larguras de cada contenção e sua viabilidade geométrica. Neste sentido, cabe verificar exatamente as técnicas de execução e disposições construtiva de cada um dos métodos em questão.

### **3 | MÉTODOS CARACTERÍSTICOS PARA CONTENÇÃO**

Há uma infinidade grande de métodos para estabilização e contenção dos solos, diferenciando-se pelas suas aplicações para várias situações específicas.

Para o caso de áreas de pequeno tamanho, como lotes de um parcelamento para habitação, por exemplo, são boa solução, para contenção, as estacas moldadas ou escavadas, que requerem equipamentos razoavelmente compactos para sua execução. Por outro lado, se aliadas a sistemas estruturais diversos, trabalhando de forma adequada, podem dar solução aos mais variados casos de contenção, inclusive, compondo-se às próprias estruturas das edificações. Estas estruturas, quando isoladas, são também denominadas de muros de arrimo.

As estacas escavadas têm suas dimensões definidas para prover sua estrutura de capacidade reativa às cargas verticais, quando imersas no solo, transferindo as cargas aplicadas para o solo, em parte por meio do atrito lateral e parte, por resistência de ponta. (CINTRA, 2019). Também, se de grande diâmetro, podem apresentar uma significativa

capacidade à reação horizontal, quando concebidas para esta finalidade, tornando-se solução para muitos problemas de ocorrência de empuxos de terra. Para as estacas assim concebidas, as cargas horizontais decorrentes dos empuxos de terra, quando aplicadas contra sua estrutura, são absorvidas pelo comportamento elástico do solo, que deve promover relações ao longo do comprimento da estaca, em reação à deflexão desta. (BUDHU, 2013).

Em se tratando de estacas esbeltas, se executadas em grupo, e eventualmente inclinadas, relativamente ao eixo vertical, podem se valer de sua capacidade de reação axial, para que, na decomposição dos carregamentos aplicados, absorvam uma parcela significativa das cargas horizontais e momentos, valendo-se muitas vezes das reações de levantamento (tração) para equilíbrio das parcelas de decomposição dos momentos. Havendo estacas inclinadas, absorvem cargas horizontais, quando trabalhando em binário (BUDHU, 2013).

Esta característica, da possibilidade de utilização de estacas para absorver forças horizontais, no caso, empuxos de terra, favorece sua utilização em obras de contenção, sejam estas obras preventivas ou corretivas.

As estacas mais apropriadas para o caso em questão, especialmente em terrenos íngremes, são as moldadas “in loco”, especialmente as que não exigem equipamentos de porte para sua execução. São várias as técnicas que se enquadram nesta condição, destacando-se para diversas aplicações e situações de execução, por exemplo, as estacas tipo Straus, as estacas tipo Raiz e microestacas, tipicamente esbeltas, inclusive, os tubulões curtos a céu aberto, estes últimos, de maior diâmetro.

Também, as obras de contenção em solo armado, sejam as de solo reforçado, como as de solo grampeado, apresentam boa aplicabilidade em situações de espaço restrito, por não exigirem equipamentos de porte para sua execução, mesmo que geometricamente exijam maior espaço para sua implantação. Ambas têm, na prática, aplicações distintas e sua maior aplicação ocorre na apropriação de grandes áreas, como chácaras ou instalações industriais e comerciais. No entanto, em encostas ocupadas de forma desordenada e precária, por pequenos lotes, as cortinas de solo grampeado são geralmente utilizadas para a proteção de taludes, em risco de ruptura, e as de solo reforçado, para a sua reconstituição, após ruptura do talude, quando se deseja restituir o espaço de ocupação. Ambas as soluções, no entanto, podem ser estudadas quando aplicadas para restituir ou dotar de segurança, espaços ocupados, de forma geral.

As contenções de solo reforçado são formadas por maciços de terra, a que se atribui o comportamento de corpo rígido, ao menos suficiente para distribuir ao solo tensões verticais de reação aos carregamentos verticais e momentos causados pelos empuxos de terra. Estaticamente, sua estabilidade é considerada semelhante à de um muro de arrimo, por exemplo, de flexão em concreto, em que sua sapata está aplicada sobre uma camada de solo superficial, definida como sendo uma base com capacidade a desenvolver reação

no solo onde se apoia (EHRLICK, 2009). Na verdade, estas contenções são estruturas flexíveis, tendo em vista as movimentações do maciço terroso, mas que, ao receberem armações distribuídas, concedem ao maciço, estabilidade aos efeitos de deslizamento e tombamento (FELIX, 1991). Construtivamente, são caracterizadas pela junção de paramentos verticais, que podem ser elementos modulares pré-fabricados de concreto ou qualquer outro sistema de vedação resistente, na função contenção, ancorados no solo por armações horizontais, intercaladas por camadas de terra compactada. Estas armações, além de conceder ao solo o comportamento de um maciço rígido, sustentam o paramento aos efeitos dos empuxos horizontais. Podem ser barras ou fitas de aço; mantas tecidas; geotêxteis; telas; geogrelhas; ou outro tipo que possibilite sua intercalação entre as camadas de solo compactado e que tenha uma boa resistência à tração. (DAS, 2012). A estrutura resultante propicia uma contenção com boa capacidade de suporte para aplicação de sobrecargas em seu terrapleno, contando com grande flexibilidade e tolerância a recalques diferenciais (FELIX, 1991).

Segundo Gerscovich (2019) “Diversas são as características vantajosas da técnica de solo reforçado, porém uma salta aos olhos: a possibilidade de utilização do próprio solo disponível no local como um dos principais materiais para a construção da estrutura de contenção”. Ainda, refere-se a outras qualidades, como a utilização de equipamentos simples, velocidade de execução e tolerância a recalques de fundação, entre outras. Cabe salientar, que para pequenas obras pode-se utilizar compactadores e escavadeiras do solo compactos para preparar a base da obra. Porém, como ponto negativo, a obra requer espaços relativamente grandes para sua implantação, normalmente maiores que outras soluções. De forma geral, em encostas com ocupações desordenadas, é boa solução para recomposição de taludes rompidos, restituindo-se um patamar superior para nova ocupação, também, para arrimar arruamentos sobrelevados.

O Solo grampeado, por sua vez, trata-se de uma estabilização de taludes em maciços terrosos, em situação de corte ou escavação, quando se aplica na superfície do solo escavado, um paramento, vertical ou nadeclividade do talude. Como resultado, a estabilidade do maciço de solo fica assegurada aos efeitos de deslizamento ou deslocamento, por meio da introdução de reforço na massa do solo natural, por meio da inserção de barras sub-horizontais de aço, por cravação, no caso de grampos ou pregos; ou em pré-furos preenchidos com nata de cimento, no caso chumbadores (MASSAD, 2010). Se diferenciam dos tirantes ativos, por não serem protendidos. O paramento, aplicado imediatamente após ter sido efetuado o corte do maciço, pode ser constituído de concreto armado projetado, ou unicamente, receber sobre a superfície, uma tela, com resistência para conter as pressões do solo entre grampos, com posterior plantio de grama ou vegetação arbustiva sobre a mesma. A armação, como na alternativa anterior, ancora e sustenta o paramento aos efeitos dos empuxos horizontais, mas ainda, pode trabalhar para garantir a estabilidade global do maciço assim formado.

O solo grampeado se mostra um método eficaz e econômico frente a outras soluções, pois apresenta a possibilidade de execução em locais de difícil acesso, com rapidez no trabalho, que faz do método uma das melhores maneiras de conter maciços (SOLOTRAT, 2009). Também admite a aplicação de sobrecargas em eventual terrapleno, quando contendo o solo de um patamar, tomando-se o cuidado de não se aplicar cargas de edificações com fundações profundas, como estacas ou brocas, já que desestruturaria a armação do solo concedida pelos grampos.

## 4 | CONCLUSÃO

As áreas urbanizadas tratam de grandes porções do solo, orientadas segundo critérios que lhes concedam características próprias para usos variados, que impõe parcelamentos específicos segundo suas funções. Não se referindo a legislações de uso e ocupação do solo, que atribuem regras segundo finalidades interpretativas diferentes, como salubridade, poluição, acessibilidade, mobilidade, dentre outras, inclusive, em muitos casos, à própria capacidade de uso que terá o solo segundo sua geometria, o parcelamento refere-se, especialmente, ao tamanho dos lotes, sua localização e acessibilidade.

No entanto, ao que se verifica, são poucos os casos em que se considera, no projeto, excetuando-se empreendimentos de melhor padrão, a relação do tamanho dos lotes com a declividade do terreno. Mesmo parecendo de menor importância, esta condição é imprescindível para que se obtenha um bom aproveitamento na ocupação, a custos menores, com segurança a riscos geológicos, especialmente, tratando-se de encostas. Muitas vezes, se verifica que as obras de contenção necessárias para se obter patamares planos para implantação da edificação, são tão elevados, que fazem com que, para se reduzir custos, incorre-se a riscos com deslizamentos ou desmoronamentos. Não faltam exemplos de tragédias neste sentido.

Desta forma, um estudo detalhado sobre os custos com contenções deve ser efetuado, seja para se definir o desenho de um empreendimento em área urbana, quanto ao seu tamanho. Não é prudente, por exemplo, seja por segurança a desmoronamentos, como pelos altos custos de ocupação, lançar loteamentos de baixo padrão em áreas com grandes declividades, o que pode levar, a riscos geológicos. Inevitavelmente, no Brasil, por razões de desequilíbrio social, ocorrem ocupações irregulares e precárias em encostas, sem qualquer critério para estabelecimento de inclinações de taludes, como tão pouco, orientações para a drenagem. Nestes casos, como responsabilidade social, o poder público acaba arcando com o ônus de dotar estas áreas de segurança mínima para manutenção da população instalada.

As obras de contenção, assim, mesmo sendo soluções para a maioria dos casos de risco com deslizamentos, desmoronamentos ou erosões do solo, sempre impõe altos custos para sua implantação, merecendo análises geotécnicas criteriosas para sua escolha,

projeto e execução, como se verificou ao longo deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

BUDHU, MUNI. **Fundações e estruturas de fundações**. 1 Ed. LTC: Rio de Janeiro, 2013.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, **Fundações por estacas: Projeto Geométrico**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

DAS, B. M. **Fundamentos da Engenharia Geotécnica**. 7. Ed, CENGAGE: São Paulo, 2012.

EHRICK, M. Becker, L. **Muros e Taludes de Solo Reforçado: projeto e execução**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

FELIX, CARLOS. **Comportamento dos muros de terra armada**, 1991, 151p. Dissertação - Mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Porto, 1991.

GERSCOVICH, DENISE; DONZIGER, BERNADETE; SARAMAGO, ROBSON. **Contenções: Teoria e Aplicações em Obras**. 1. Ed, Oficina de Textos, 2019.

GERSCOVICH, DENISE. **Estabilidade de taludes**. 1. Ed, Oficina de Textos: São Paulo, 2012, 166p.

JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. **Processos Erosivos e recuperação de áreas degradadas**. Oficina de Textos: São Paulo, 2013.

MASSAD, F. **Obras de terra: curso básico em geotecnia**. Oficina de Textos: São Paulo, 2010.

MÁXIMO, A. C. **Uma análise de risco em encostas urbanas**. Mestrado em Arquitetura. 218 f. Universidade Federal de Santa Catarina: Blumenau, 2006.  
Oficina de Textos: São Paulo, 2010, 216p.

SOLOTRATE. **Manual de serviços geotécnicos**. 3. Ed. São Paulo, 2009.

## **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

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

  
Ano 2021