

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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a 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

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

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

Data de aceite: 01/07/2021

Michely Cristina Melo Kretschmer

Centro Universitário Uninorte
Rio Branco, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-3519-1284>

Paulo Roberto Nascimento de Góes

Centro Universitário Uninorte
Rio Branco, Brasil

Peter Ruiz Paredes

Centro Universitário Uninorte
Rio Branco, Brasil

André Luís Oliveira Gadelha

Centro Universitário Uninorte
Rio Branco, Brasil

RESUMO: A indústria da construção busca novas formas para obter mais qualidade nas suas obras e controlar o ciclo de vida de seus edifícios. Neste sentido, surge a plataforma BIM, que desenvolve um modelo virtual de todo o edifício em suas diversas etapas de construção – concepção, planejamento, construção e manutenção. Atualmente, o Governo Federal, a partir da Estratégia BIM BR, busca alcançar melhorias no setor da construção, principalmente nas obras públicas, a partir da plataforma. O objetivo deste trabalho é comparar o modelo virtual de um edifício e a utilização da plataforma BIM aos resultados esperados pela Estratégia BIM BR. Para isso, buscou-se entender a metodologia e a Estratégia. Após, realizou-se um estudo de caso, no qual foi desenvolvido o modelo virtual

de um edifício térreo com 332,46 m², realizando a modelagem paramétrica, compatibilização, planejamento e extração de quantitativos do modelo. Os resultados mostraram conflitos entre as disciplinas, como por exemplo entre uma fundação e tubulação sanitária e entre eletrodutos e vigas superiores, erros de modelagem e diferenças entre os quantitativos realizados na plataforma aos realizados da maneira usual. Notou-se que o modelo virtual consegue otimizar os projetos, aumentando a qualidade oferecida no produto final, entretanto, a utilização da plataforma requer uma capacitação profissional específica.

PALAVRAS-CHAVE: Plataforma BIM. Estratégia BIM BR; Modelo Virtual; Otimização.

ABSTRACT: The construction industry is looking for new ways to obtain more quality in its projects and to control the life cycle of its buildings. In this sense, the BIM platform emerges, which develops a virtual model of the entire building in its various construction stages – design, planning, construction and maintenance. Currently, the Federal Government, based on the BIM BR Strategy, seeks to achieve improvements in the construction sector, mainly in public projects, using the platform. The objective of this work is to compare the virtual model of a building and the use of the BIM platform to the results expected by the BIM BR Strategy. To this end, we sought to understand the methodology and the Strategy. Afterwards, a case study was carried out, in which the virtual model of a ground floor building with 332.46 m² was developed, performing the parametric modeling, compatibility, planning

and extraction of quantitative from the model. The results showed conflicts between the disciplines, such as between a foundation and sanitary piping and between conduits and upper beams, modeling errors and differences between the quantities made on the platform and those made in the usual way. It was noted that the virtual model manages to optimize the projects, increasing the quality offered in the final product, however, the use of the platform requires specific professional training.

KEYWORDS: BIM platform. BIM BR Strategy. Virtual Model. Optimization.

1 | INTRODUÇÃO

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) depara-se atualmente com o interesse de aumentar a produtividade, a qualidade, a sustentabilidade e eficiência, considerando também a redução de custos e tempo, evitando perder informações durante todo o processo de construção. Para isso, é necessário o desenvolvimento das etapas da construção – concepção, planejamento, construção e manutenção – em colaboração entre as diversas disciplinas dedicadas a construção. Esta colaboração pode ser alcançada desenvolvendo os projetos na plataforma de Modelagem da Informação da Construção (em inglês, *Building Information Modeling* – BIM).

O BIM é uma tecnologia que permite a modelagem virtual da edificação, ou seja, assim que finalizado, o modelo digital contém a geometria e os dados necessários para construção. Quando a implementação é feita de forma adequada, o BIM facilita a integração entre as diversas disciplinas da construção, permitindo a visualização antecipada de erros e interferências entre os projetos, aumento de qualidade e do desempenho da construção, estimativas de custos mais precisas durante a etapa de projeto, melhorias no planejamento e na execução da construção, além de promover um melhor gerenciamento e operação das edificações após construídas [1].

Neste paradigma, em 17 de maio de 2018, o decreto nº 9.377 instituiu a estratégia nacional de disseminação do BIM, conhecido como Estratégia BIM BR. A Estratégia pretende com a difusão da plataforma gerar ganhos de qualidade nas obras públicas, reduzir prazos, redução de resíduos sólidos, aumentar a confiabilidade dos orçamentos e cronogramas, entre outros.

2 | MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO – BIM

A indústria da construção está em um processo de mudança: os projetos que antes eram bidimensionais e entregues no papel, estão dando lugar a modelos tridimensionais virtuais, ricos em dados e com capacidade de auxiliarem em diversas disciplinas de projeto [2].

Os benefícios da utilização do BIM estão disponíveis para pequenos e grandes proprietários, construtores de vários edifícios ou de edifícios únicos, principalmente porque a tecnologia continua evoluindo para alcançar o potencial completo da plataforma. A

plataforma pode abranger todo o ciclo de vida da construção, como mostra a Figura 1.

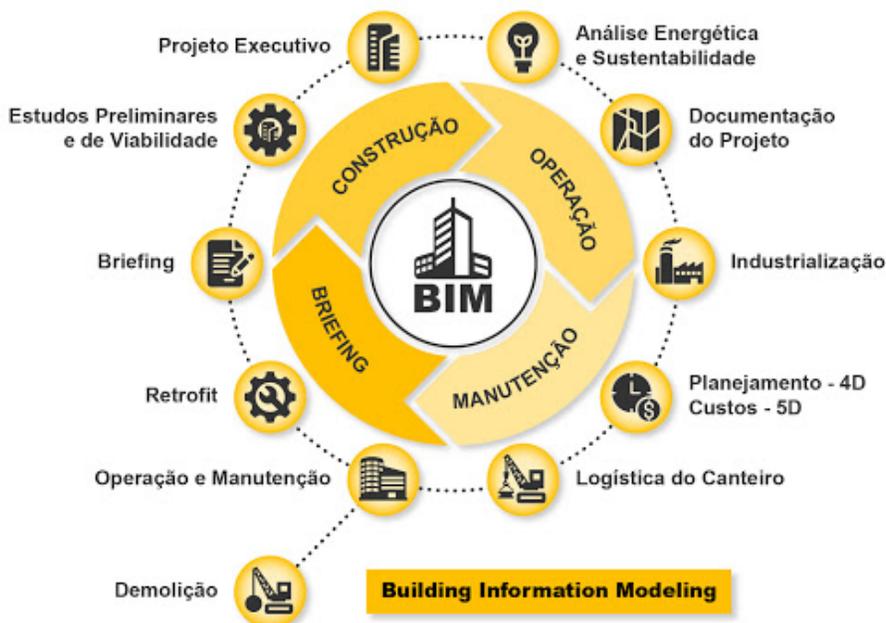


Figura 1 – Ciclo de vida BIM [3].

O processo permite a construção dos dados dos projetos – arquitetônico e complementares – e comunicação entre eles, a extração de quantitativos e visualização antecipada das etapas da obra que tornam a execução mais precisa, e por fim, auxilia na manutenção do edifício construído. O ciclo ainda permite a implementação de outras etapas, como a análise de sustentabilidade e eficiência energética.

Segundo Andrade e Ruschel [4], duas características diferenciam o BIM dos demais sistemas CAD: modelagem paramétrica e interoperabilidade. A primeira possibilita a associação de parâmetros e regras geométricas para representar objetos, além de vincular propriedades e características relacionadas ao objeto real. A segunda refere-se à integração do processo, viabilizando a colaboração de diferentes profissionais através de aplicativos computacionais.

2.1 Modelagem paramétrica

O que diferencia o modelo BIM de um modelo 3D convencional é agregação de parâmetros que podem ser ajustados na interface do programa com os componentes 3D. Neste sentido, as ideias base são a definição e controle de formas e propriedades a partir de uma classificação de parâmetros em níveis de conjunto e subconjunto, assim como no

nível objeto específico [1;2].

Os objetos paramétricos são definidos por Eastaman *et al*/[1] como a composição das definições geométricas e dados e regras associadas, sendo que a geometria é integrada e não permite incoerências. Além disso, as regras paramétricas dos objetos alteram instantaneamente as geometrias associadas, os objetos são definidos e gerenciados em diferentes níveis e conseguem exportar atributos ou conjuntos de atributos para outros modelos e aplicações. Na Tabela 1 têm-se exemplos de objetos paramétricos.

Tipo de objeto	Exemplo	Parâmetros de amostra
Objetos 2D	Círculo	Raio. Cor. Espessura de linha.
	Grade estrutural	Número X, Y e dimensões. Rotação. Tipo de vazio.
Objetos 3D	Parede	Altura. Uso estrutural. Material. Transmitância térmica e classificação sonora. Fase criada, demolida.
	Janela	Altura, largura, altura do peitoril. Fabricante. Conjunto de ferragens. Classificação de resistência ao fogo.

Tabela 1 – Exemplos de objetos paramétricos [2].

O modelo paramétrico é estruturado por famílias de objetos. Assim, diferentes categorias de um tipo de utensílio podem gerar vários objetos, com parâmetros diversos e ordenados em posições diversificadas [4].

Apesar de que existe atualmente um fornecimento crescente de objetos específicos, a maior parte das famílias de objetos oferecidas são de objetos genéricos. Por isso, as ferramentas BIM possibilitam aos usuários o desenvolvimento de suas próprias bibliotecas de famílias de objetos paramétricos. Uma vez criados, os objetos podem ser utilizados em qualquer projeto em que forem inseridos [1].

A partir das regras paramétricas, muitos projetistas conseguem associar muitos conhecimentos especializados dentro dos objetos, o que torna o modelo da construção mais exato e ajuda no desenvolvimento de outras etapas do BIM, como a análise de eficiência energética.

2.2 Interoperabilidade

Nenhum software BIM consegue sozinho desenvolver todas as atividades relacionadas aos projetos e à produção da construção. A interoperabilidade simboliza então a necessidade de comunicação de dados entre os mais diversos softwares, em vários ramos de especialização. Se há uma boa interoperabilidade, não há a necessidade de cópia de dados já gerados para outras aplicações, facilitando o fluxo de trabalho e o tornando mais automatizado [1].

Contudo, a forma como os dados são salvos internamente nos softwares pode

impossibilita o intercâmbio de arquivos. Por exemplo, um modelo BIM exportado pode conter todos os elementos que delimitam o espaço (paredes, telhado e piso), e não incluir um objeto de setorização, necessário para a modelagem de energia elétrica. Desta forma, faz-se necessário padronizar o formato do arquivo de intercâmbio de dados [2].

i. IFC

Nas ferramentas atuais, o método de comunicação mais utilizado é o IFC (em inglês, *Industry Foundation Classes*). Basicamente, os IFCs consistem em uma biblioteca de objetos e definição de propriedades. Todos os objetos em IFC são chamados de entidades. A organização estrutural das entidades IFC dá-se por camadas, sendo elas: camada de domínio, camada de interoperabilidade, camada de núcleo e camada de recursos ou entidades base, conforme a Figura 2 [5].

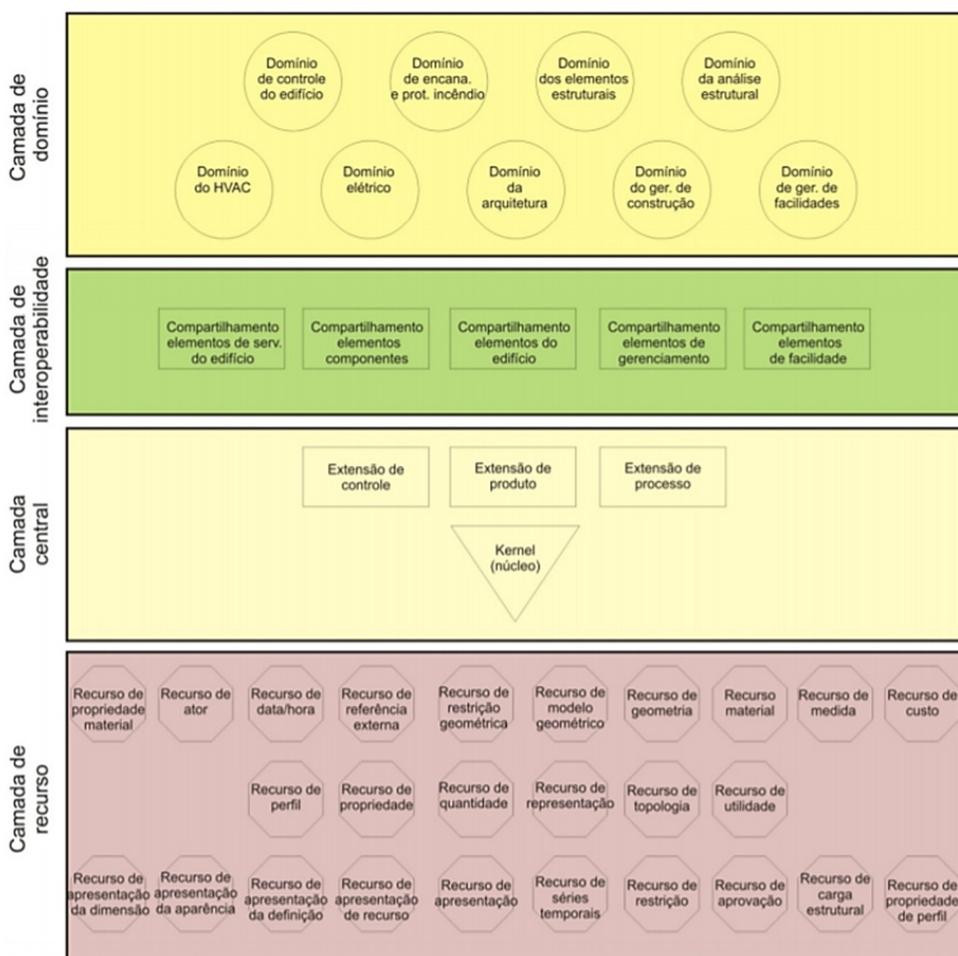


Figura 2 – Estrutura do IFC [5].

3 | BIM PARA A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

As etapas de projeto, segundo Kensek [2], evoluem: estudos de viabilidade, desenvolvimento do projeto, projeto executivo, pré-construção, licitação, construção, gerenciamento de instalações, entre outros. Entretanto, a divisão de fases e as tarefas contidas em cada uma delas pode variar de acordo com a empresa e o escopo de cada projeto. Alguns exemplos de tarefas realizadas nas etapas de projeto são mostrados na Tabela 2.

Exemplo	Parâmetros de amostra
Atividades preparatórias	Análise do local Radiação solar Planejamento espacial
Estudos de viabilidade	Planos, seções, elevações, perspectivas Começa a criar objetos paramétricos Estimativa de custo simples
Desenvolvimento do projeto	Coordenação 2D/3D Desenvolvimento dos objetos paramétricos Análise Modelos MEP e estruturais detalhados Detecção de conflitos
Projeto executivo	Modelo completo com coordenação 2D/3D Detalhamento 2D Especificações

Tabela 2 – Exemplos da funcionalidade do modelo BIM para as etapas de projeto [2].

À medida que as etapas do projeto e a execução da obra avançam, maiores se tornam os custos para modificações e retrabalhos, como mostra a Figura 3. Assim, é necessário que haja uma gestão de projetos: uma análise de investimentos, custos e tempo no desenvolver dos projetos.

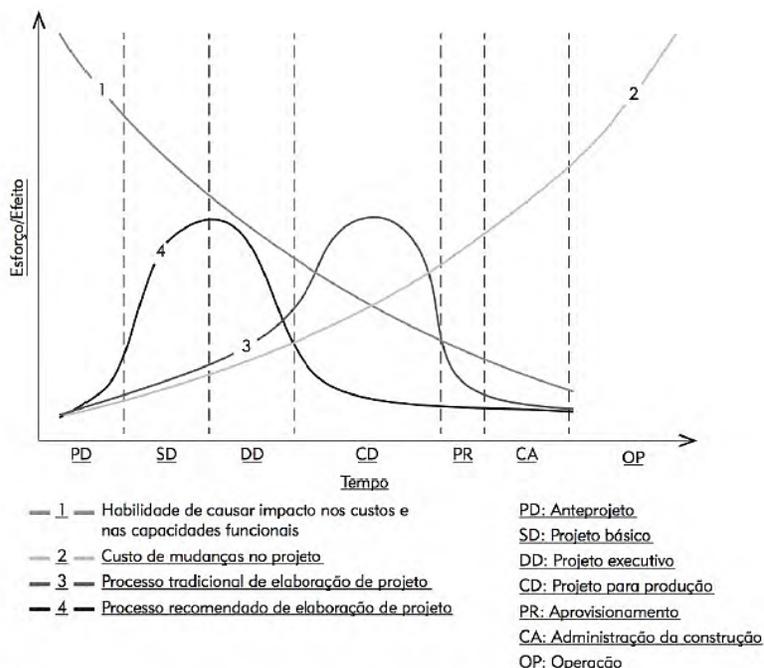


Figura 3 – Relação custo/tempo na possibilidade de modificações do projeto [1].

Para Eastman *et al* [1], a utilização do BIM na construção possibilita um melhor gerenciamento do projeto, melhorando o planejamento dos processos construtivos, reduzindo tempo e gerando uma economia dos recursos, além de agregar confiabilidade ao projeto final. Neste sentido, Kensek [2] diz que há várias formas de utilização dos recursos BIM, sendo elas classificadas em dimensões. O uso de cada dimensão depende do que se deseja alcançar com o modelo digital criado.

Na dimensão 5D, o modelo digital é composto pelo modelo paramétrico 3D das disciplinas de projeto, o tempo e a análise de custos, sendo assim utilizada para a planejamento e execução de obras, pois possibilita a visualização dos projetos e a compatibilização entre eles, o planejamento do cronograma baseado nos próprios modelos 3D, e o orçamento realizado de forma automatizada.

Os benefícios da metodologia podem ser vistos desde as primeiras etapas do projeto, quando se é possível analisar e simular diversos fatores, e depois na construção, quando o projeto proporciona uma obra com menos erros ou alterações, uma construção acelerada e automação para fabricação e aquisição de materiais. A metodologia aumenta o valor agregado do que os projetistas podem oferecer, entretanto, a implementação traz grandes desafios.

Para a implementação da metodologia, inicialmente, a empresa, ou profissional, precisa compreender a sua motivação para a mudança de forma de trabalho, então traçar

os objetivos e um plano de execução. Neste último, é importante definir as ferramentas que serão utilizadas para a aplicação da plataforma, visto que isso terá um impacto financeiro na empresa, tanto na aquisição de *softwares* quanto para capacitação profissional, e na forma de colaboração entre os profissionais [2].

4 | ESTRATÉGIA BIM BR

Implantada através do decreto nº 9.377, a Estratégia BIM BR visa:

[...] incentivar o desenvolvimento do setor de construção, trazer mais economicidade para as compras públicas e maior transparência aos processos licitatórios, além de contribuir para a otimização de processos de manutenção e gerenciamento de ativos [6, p.7].

A finalidade da Estratégia é possibilitar um ambiente adequado para utilização e disseminação da plataforma BIM no país. Com a difusão da metodologia, o Governo Federal, segundo MDIC [6, p.12] procura alcançar os seguintes resultados:

- Assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil;
- Proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas;
- Aumentar a acurácia no planejamento de execução de obras proporcionando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação;
- Contribuir com ganhos em sustentabilidade por meio da redução de resíduos sólidos da construção civil;
- Reduzir prazos para conclusão de obras;
- Contribuir com a melhoria da transparência nos processos licitatórios;
- Reduzir necessidade de aditivos contratuais de alteração do projeto, de elevação de valor e de prorrogação de prazo de conclusão e de entrega da obra;
- Elevar o nível de qualificação profissional na atividade produtiva;
- Estimular a redução de custos existentes no ciclo de vida dos empreendimentos.

5 | METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é comparar o modelo virtual de um edifício e a utilização da plataforma BIM aos resultados esperados pela Estratégia BIM BR. Para isto, estudou-se um projeto específico disponibilizado pela Associação dos Municípios do Acre – AMAC, uma UBS de 332,46m², primeiro projeto da instituição a ser desenvolvido em sua totalidade em *softwares* da plataforma – Autodesk Revit para o projeto arquitetônico, QiBuilder para os projetos hidrossanitário e elétrico, e Eberick para o projeto estrutural.

Realizada a modelagem das disciplinas, foram exportados os IFCs de cada uma e visualizados no *software* usBIM.viewer+ da ACCASoftware para verificar se nenhum objeto

de projeto não tenha sido exportado, posicionado de forma diferente do pretendido ou com sua forma geométrica diferente do real. No caso de erros no IFC, a exportação foi revista ou o projeto foi modificado e, então, realizou-se uma nova exportação. Os modelos exportados estavam sempre no formato IFC4.

Realizou-se então a compatibilização dos projetos no Autodesk Navisworks. A ordem de compatibilização e quais disciplinas foram consideradas majoritárias sobre a outra estão na Tabela 3.

Ordem	Disciplinas	Hierarquização
1ª	Arquitetônico x Estrutural	Arquitetônico
2ª	Arquitetônico x Hidrossanitário	Arquitetônico
3ª	Estrutural x Hidrossanitário	Estrutural
4ª	Arquitetônico x Elétrico	Arquitetônico
5ª	Estrutural x Elétrico	Estrutural
6ª	Hidrossanitário x Elétrico	Hidrossanitário

Tabela 3 – Compatibilização dos projetos.

Em seguida, na aba *timeliner* do Navisworks, foram inseridas as etapas de construção, conforme o cronograma físico disponibilizado pela AMAC. Para cada etapa foram caracterizadas as tarefas que a compunham e as datas inicial e final das tarefas. Desta forma, desenvolveu-se a simulação do modelo virtual pelo tempo previsto de seis meses de obra. Esta simulação não levou em consideração os custos envolvidos em cada etapa.

Foi extraído os quantitativos de alguns elementos do modelo virtual no *software* de desenvolvimento do projeto arquitetônico Revit, pois o orçamento disponibilizado não levou em consideração os quantitativos do modelo arquitetônico, somente as listas de materiais das outras disciplinas. Verificou-se a porcentagem de acréscimo ou decréscimo dos quantitativos do orçamento e do modelo BIM da seguinte forma:

$$\frac{\text{Quant.BIM} - \text{Quant.Orç}}{\text{Quant.Orç}} = \% \quad (1)$$

onde:

Quant.BIM = quantidade do material no modelo virtual (unidade variável).

Quant.Orç = quantidade do material no orçamento (unidade variável).

% = porcentagem de acréscimo/decrécimo da quantidade BIM em relação ao orçamento.

Através dos resultados apresentados nas etapas de compatibilização, simulação e quantitativos, realizou-se uma análise da plataforma BIM, verificando os benefícios propostos por ela nos seguintes tópicos e os comparando com os resultados da Estratégia:

- a. Visualização antecipada;
- b. Detecção de conflitos;
- c. Extração de quantitativos;
- d. Planejamento.

Por fim, foi examinado a influência da plataforma e da Estratégia para as repartições privadas e públicas e profissionais que trabalham com projetos, principalmente quanto a obtenção de novas ferramentas e a capacitação da equipe.

6 | RESULTADOS

Os IFC's mostraram erros de modelagem como peças não associadas e peças com geometria incorretas para a tubulação, conforme a Figura 4, e também falhas na exportação de certos dados, como por exemplo, as informações referentes a armadura do projeto estrutural.



Figura 4 – (a) Conexão sem peça associada; (b) Conexão com geometria incorreta para a tubulação.

Na compatibilização foram encontradas interferências entre todos os projetos, entretanto, algumas interferências eram falso-positivos, como mostra a Figura 5. Outros conflitos tinham grande relevância, como mostra a Figura 6. Todas as interferências encontradas se encontram na Tabela 4.

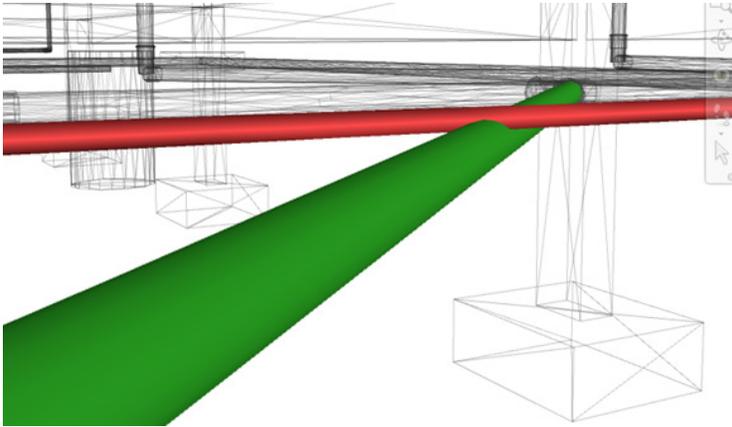


Figura 5 – Interferência falso-positivo entre tubulação de água fria e tubulação sanitária.

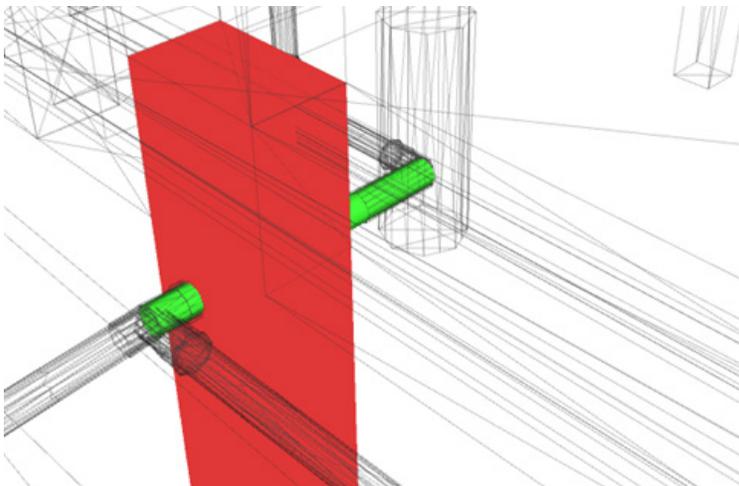


Figura 6 – Tubulação sanitária passando por parte da fundação.

Disciplinas	Interferências
Arquitetônico x Estrutural	Pilar e parede de alvenaria Pilar e porta
Arquitetônico x Hidrossanitário	Tubulação de água fria exposta Coluna de ventilação exposta
Estrutural x Hidrossanitário	Tubulação sanitária passando por um fuste
Arquitetônico x Elétrico	Caixa de passagem elétrica acima do nível da calçada Eletroduto flexível exposto Eletroduto abaixo do nível do forro
Estrutural x Elétrico	Eletroduto passando por viga
Hidrossanitário x Elétrico	Sem interferências

Tabela 4 – Lista de interferências.

Nos quantitativos certos materiais na modelagem eram diferentes dos descritos no orçamento, como a cerâmica do piso, que no orçamento era de 45x45cm, na modelagem

60x60cm para áreas secas e 30x30cm para áreas molhadas. Outros materiais não puderam ser comparados com o orçamento por não estarem na modelagem de forma apropriada, como chapisco e emboço. Na Tabela 5 mostram-se os resultados da comparação.

Material	Quant. orçamento	Quant. BIM	%
Alvenaria	635,1 m ²	677,87 m ²	7%
Pintura	1232,76 m ²	1334,31 m ²	8%
Contrapiso	293,33 m ²	297,13 m ²	1%
Cerâmica - pisos	292,69 m ²	297,13 m ²	2%
Cerâmica - paredes	116,88 m ²	144,08 m ²	23%
Forro PVC	281,27 m ²	264,09 m ²	-6%

Tabela 5 – Quantitativo BIM x Quantitativo Orçamento.

7 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

A utilização da plataforma permitiu a visualização 3D, que possibilita a execução mais precisa do modelo, visto que as interpretações no modelo 2D são mais abstratas. A visualização antecipada e comunicação entre as disciplinas permitiu a detecção de conflitos antes da construção da obra, proporcionando maior confiabilidade ao projeto executivo e ao orçamento que serão baseados nele, reduzindo gastos não previstos na execução – para as obras públicas significa redução de aditivos em decorrência de alteração no projeto.

A simulação do edifício possibilitou o planejamento da obra de forma automatizada, trazendo grandes benefícios para os cronogramas, pois auxilia no planejamento total da obra, não só para organização das atividades a serem desenvolvidas mensalmente ou semanalmente, mas também no cronograma financeiro– de acordo com a informações colocadas no modelo. Para as obras públicas significa maior credibilidade aos cronogramas oferecidos nas licitações, caracterizando melhor o desembolso mensal, além de evitar prorrogação dos prazos de conclusão e de entrega de obra.

Os objetos paramétricos mostraram-se muito eficientes para extração de quantitativos, contudo, notou-se que muitos objetos contidos no orçamento, como vergas e contravergas, não estavam presentes no modelo virtual, e outros estavam com uma especificação no modelo e outra no orçamento, como a cerâmica do piso. Neste sentido, as falhas de modelagem e compatibilização com o orçamento e a falta de uma biblioteca vasta de objetos paramétricos pode prejudicar o resultado final do modelo virtual.

Outro ponto observado é que a metodologia incentiva a qualificação dos profissionais que a utilizam, não somente na utilização dos softwares, mas também na elaboração dos projetos em si, pois a forma como o desenvolvimento do modelo ocorre – inserção de dados – promove a especialização dos profissionais nas suas disciplinas de atuação. Além disso, viabiliza a integração efetiva entre os profissionais das disciplinas contidas do modelo.

Entretanto, a plataforma é ampla, e cada profissional pode escolher como trabalhar dentro dela, assim, para que haja uma otimização efetivas das obras públicas a partir da metodologia, faz-se necessário a criação de ações e normas que incentivem a utilização da plataforma de forma a fazer modelo virtual preciso as necessidades exigidas de cada obra pública.

8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo ao se usar a plataforma para a construção civil é desenvolver um modelo paramétrico que contenha as informações e dados do modelo real, contribuindo para a concepção, planejamento, construção e manutenção do edifício, proporcionando um aumento de qualidade do produto oferecido.

O modelo virtual da UBS foi desenvolvido em softwares da plataforma BIM, de forma que a modelagem conteve informações capazes de fornecer os quantitativos e o cronograma, de acordo com os dados inseridos na modelagem. Constatou-se que a plataforma aumenta a qualidade do projeto executivo elaborado a partir do seu modelo virtual proporcionalmente a quantidade de informações inseridas nele e do padrão de interoperabilidade seguido pelos profissionais trabalhando no modelo.

Analisando os resultados obtidos, observou-se que a metodologia atende as propostas do Governo e conseguirá otimizar as obras públicas proporcionalmente a quantidade de informações inseridas nos modelos virtuais a serem criados. Entretanto, a implementação e utilização da plataforma traz desafios, como o desenvolvimento de uma biblioteca de objetos, capacitação profissional e custos com softwares, além de necessitar de tempo para ser amadurecida, tanto nas repartições públicas quanto nos escritórios de projeto.

Além disso, o novo formato de desenvolvimento de projeto – modelo 3D paramétrico, compatibilização, simulação, extração de quantitativos – necessita de mais tempo para ser finalizada, influenciando diretamente na rotina dos profissionais.

Em resumo, a plataforma é vantajosa tanto para o Governo, com a otimização das obras públicas e melhor investimento do dinheiro público, quanto para os profissionais, que conseguem acrescentar mais valor ao seu trabalho, contudo, necessita de um investimento inicial e colaboração entre os mais diversos profissionais que trabalham no desenvolvimento do projeto, sendo de suma importância a capacitação profissional para o bom desenvolvimento da plataforma nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

[1] EASTMAN, Chuck; et al. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

[2] KENSEK, Karen M. **Building Information Modeling BIM**: fundamentos e aplicações. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

[3] PROLI ENGENHARIA. **O que é BIM?**. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.proliengenharia.com.br/bim/>. Acesso em: 30 set. 2019.

[4] ANDRADE, M. L.; RUSCHEL, Ra. BIM: conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2009, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos: USP, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Regina_Ruschel/publication/269149277_BIM_Conceitos_Cenario_das_Pesquisas_Publicadas_no_Brasil_e_Tendencias/links/560e88ed08ae0fc513ed43df/BIM-Conceitos-Cenario-das-Pesquisas-Publicadas-no-Brasil-e-Tendencias.pdf. Acesso em: 22 ago. 2019.

[5] ANDRADE, M. L.; RUSCHEL, Rb. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 2, p. p.76-111, 15 dez. 2009. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50960/55046>. Acesso em: 23 ago. 2019.

[6] MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. **Estratégia BIM BR**: Estratégia Nacional de disseminação do Building Information Modeling – BIM. Brasil, 2018. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/images/REPOSITORIO/sdci/CGMO/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>. Acesso em: 15 de ago. 2019.

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

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

 **Atena**
Editora

Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 2



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