

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 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 Lúvia 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

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

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/05/2021

Nuria Pérez Gallardo

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8695660515236363>

Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6722503859790070>

Alan Monteiro Borges

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3697783631620731>

Flavianny Luise Nogueira de Sousa

Universidade Federal do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8912254813326716>

Stéfane Mireles da Silva Costa

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Marabá – PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7998042015741481>

RESUMO: A intensificação da densificação urbana vem produzindo uma concentração de edifícios nos centros urbanos que têm aumentado a incidência de impactos ambientais negativos, os quais afetam tanto no microclima urbano quanto nas temperaturas internas das habitações. A vegetação é um indicativo de qualidade

ambiental do ambiente construído devido as inúmeras propriedades que auxiliam na redução dos efeitos negativos da densificação nas urbes. O uso de vegetação na arquitetura é uma técnica capaz de proporcionar benefícios térmicos fomentando ambientes internos mais agradáveis e com maior eficiência energética. Considerando isso, esse trabalho objetiva analisar e delimitar os benefícios térmicos que os sistemas vegetais podem oferecer aos ambientes internos. Para isso, foi realizado um estudo experimental com o intuito de compreender o comportamento térmico de quatro células de teste: um protótipo sem vegetação e três protótipos com diferentes combinações nas coberturas e fachadas, instalados numa região de clima tropical, na cidade de São Carlos-SP. Com base nos registros das temperaturas superficiais internas e da temperatura interna do ar foi possível obter a diferença de temperatura entre as células de teste (2,5 °C) e mensurar capacidade da vegetação de isolar termicamente. Os resultados apontam que as células que apresentam vegetação possuem amplitudes térmicas menores, o que significa um comportamento mais constante e temperaturas mais atenuadas.

PALAVRAS-CHAVE: Comportamento térmico; Bioarquitetura; Coberturas verdes; Fachadas verdes.

REDUCING THERMAL AMPLITUDE
THROUGH GREEN TECHNOLOGY: A
CASE STUDY IN THE WINTER IN SÃO
CARLOS-SP, BRAZIL

ABSTRACT: The intensification of urban

densification has led to the concentration of buildings in urban centers that has increased the incidence of negative environmental impacts, affecting both the urban microclimate and internal housing temperatures. Vegetation is an indicator of the environmental quality of a built environment due to numerous properties that help reduce the adverse effects of densification in cities. The use of vegetation in architecture constitutes a technique capable of providing thermal benefits by promoting more pleasant indoor environments with greater energy efficiency. In this context, the present study aimed to analyze and determine the thermal benefits that plant systems can offer to indoor environments. To that end, an experimental study was carried out to understand the thermal behavior of four test cells: a prototype without vegetation and three prototypes with different combinations of plant systems on the roofs and facades, installed in a tropical climate region in the city of São Carlos-SP, Brazil. Based on the records of internal surface temperature and internal air temperature, it was possible to calculate the temperature difference among the test cells (2.5°C) and measure the vegetation's ability to thermally insulate. Our results show that the cells built with plant systems presented smaller thermal amplitudes, indicating a more constant behavior and more attenuated temperatures.

KEYWORDS: Thermal behavior; Bioarchitecture; Green roofs; Green facades.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Dinsdale, Pearen e Wilson (2006), a existência de inúmeros registros históricos revela que o uso de vegetação nas edificações é uma técnica muito antiga, já usada pelo Zigurats da Antiga Mesopotâmia (600 A.C.), devido ao rendimento térmico que esta proporciona. Conforme esses autores, figura como exemplo disto os jardins de Babilônia localizados no rio Eufrates, os quais foram construídos durante o reinado de Nabucodonosor, que ordenou tal construção com o objetivo de simular uma montanha artificial para encantar a sua esposa, a qual tinha nascido e crescido em um lugar montanhoso ao Norte do país.

Prosseguem os autores supracitados informando que nas escadas das pirâmides existiam diferentes espécies de árvores e arbustos como proteção a radiação solar. Esse é um dos primeiros exemplos dos primeiros jardins em espaços edificados pelo homem e uma das sete maravilhas do mundo, a qual cobria uma superfície de 200m² de vegetação (DINSDALE; PEAREN; WILSON, 2006).

Atualmente, segundo Zakia (2004), a escassez de vegetação nos centros urbanos, juntamente aos materiais que são utilizados nos processos de urbanização, tem alterado significativamente o clima urbano devido à incidência direta da radiação solar nas construções, transformando as cidades em estufas, fenômeno que, nas últimas décadas, tem gerado um aumento no consumo de energia para resfriamento de ambientes internos.

Desta forma, a vegetação pode ser uma alternativa para a regulação da temperatura devido as inúmeras propriedades que apresenta. Dentre seus benefícios, favorece o ambiente urbano reduzindo ilhas de calor e mitigando as consequências negativas das ações do ser humano nas atividades que realiza no cotidiano. Além disto, atenua as

temperaturas internas dos edifícios, as quais são influenciadas pelas características do espaço urbano e o clima local.

Desde o final do século XX, a construção verde tem ganhado grande popularidade em vários países europeus. Peck *et al.* (1999) afirmaram que Suíça, Holanda, Hungria, Suécia e Grã-Bretanha fomentam o uso de vegetação em edificações, assim como a cidade de Linz em Áustria, na qual o governo municipal retribui aos construtores que projetam com essa metodologia construtiva. Na Suíça, existe uma lei federal sobre tetos verdes e, na Inglaterra, apesar de ter começado lentamente, as políticas sobre esse tema tem ganhado muita importância na última década, especialmente em Londres e Sheffield (DUNNETT; KINGSBURY, 2008).

Assente ao tema comentado, existem lacunas importantes a serem preenchidas no campo da sustentabilidade e da eficiência térmica das edificações, centrando-se na busca de um desenho ótimo que consuma menor quantidade de energia possível durante sua vida útil e onde sua função encontre-se além de uma simples envolvente da construção.

E, uma das formas para se alcançar tal eficiência, é regular os fluxos energéticos dos edifícios, que consiste na instalação de vegetação nos arredores do mesmo, desta forma, logram-se reduzir as perdas de calor nas zonas de clima frio e o aumento dos ganhos de calor nas zonas de climas quentes (COSTA, 2007). Além disto, ainda se permite a mitigação do impacto da radiação solar e aumenta-se a umidade relativa do edifício devido a evapotranspiração das plantas.

E válido frisar o efeito estético e de amenidade visual que a vegetação pode causar nos habitantes (NICODEMO, 2009), assim a vegetação pode estar ligada inclusive a benefícios biopsíquicos, o que deveria incentivar uma retomada dos projetos urbanísticos que priorizassem a vegetação nas cidades.

O uso de vegetação na edificação, que varia desde um simples gramado até sofisticados jardins como, por exemplo, os jardins verticais hidropônicos de Patrick Blanc, pode ser uma alternativa viável devido as numerosas vantagens que oferece, não só para o acondicionamento térmico interior, como também para o médio ambiente exterior. Um edifício com envoltentes vegetais se converte em um elemento vivo dentro da cidade, que incrementa as zonas verdes, gera espaços que conectam ecossistemas e favorece a fauna urbana.

Esses benefícios são devidos ao processo de evapotranspiração e fotossínteses que as plantas realizam. Mediante a evapotranspiração, a umidade ambiental sofre um aumento e conseqüentemente produz uma queda de temperatura. Além disto, através da fotossíntese, as plantas são capazes de realizar renovações de aire no entorno onde se localizam. Tudo isso, traz uma melhora do microclima das cidades atuais, caracterizadas pelas baixas porcentagens de áreas verdes e altas porcentagens de poluição.

Dentro desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo apresentar o comportamento térmico de quatro células de teste, instaladas em uma cidade de clima

tropical, em um dia de inverno, para demonstrar como a vegetação é capaz de atenuar as temperaturas deixando os ambientes internos mais confortáveis, desde um ponto de vista térmico.

Para isso, serão considerados parâmetros como a temperatura do ar externo e a temperatura superficial interna dos fechamentos, com o intuito de conhecer a amplitude térmica média, a qual é definida como a diferença entre as temperaturas medias máximas e mínimas (ABNT, 2003).

2 | METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido no Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CHREA), localizado em Itirapina-SP (Figura 1), e que pertence a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da Universidade de São Paulo (Campus São Carlos) como parte da tese de doutorado da autora principal deste trabalho. É uma zona climática complexa de definir devido as ações da gênese climática, em virtude de ser uma região situada na transição de sistemas atmosféricos polares e intertropicais.



Figura 1: Localização da área de estudo. Centro de Recursos Hídricos e estudos ambientais (CRHEA/ USP).

Fonte: Gallardo, 2017.

Foram construídas quatro células de teste de dimensões 2,20 x 2,60 x 2,90m, com a mesma orientação, de maneira que, recebem por igual a radiação solar, vento ou qualquer evento atmosférico, a fim de que as condições climáticas atuem simultaneamente e com a mesma intensidade.

Para o desenvolvimento deste estudo de edificações com envolventes vegetais, foram instalados quatro protótipos experimentais, nos quais se plantou uma espécie vegetal específica nas fachadas norte, oeste e coberturas, como detalha-se na Tabela 1.

CONSTRUÇÃO	LOCALIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO
Célula controle (CC)	Sem vegetação
Célula 1 (FV)	Fachadas vegetais (N e O)
Célula 2 (CV)	Cobertura vegetal
Célula 3 (CV+FV)	Cobertura vegetal + fachadas vegetais (N e O)

Tabela 1: Células de teste detalhe coberturas.

Fonte: Gallardo, 2015.

A Célula 2 - Fachadas verdes (FV), na direção Norte e Oeste, sendo aquelas que mais recebem hora de radiação solar ao longo do dia; Célula 3 - Cobertura verde (CV) e Célula 4 - Cobertura verde e Fachadas verdes (CVFV) (Norte e Oeste), foram dispostas como mostram as Figuras 2 e 3.



Figura 2: Células de teste detalhe coberturas.

Fonte: Gallardo, 2017.



Figura 3: Células de teste Detalhe fachadas.

Fonte: Gallardo, 2017.

Para a construção das coberturas verdes, foi concretada *in situ* uma laje cerâmica pré-moldada com vigas de concreto pré-fabricado, com uma inclinação de 23% e platibandas de 0.40 m de tijolo cerâmico, para formar o cubículo onde se colocou posteriormente o substrato. O conjunto é formado por uma camada impermeável, uma geomanta, substrato extraído do próprio recinto do CRHEA e grama.

Os dados de temperaturas internas (Temperatura do Bulbo Seco (TBS) e Temperaturas Superficiais (TSI) foram mensurados com termopares instalados nas fachadas Norte e Oeste e nas coberturas, em virtude de serem as superfícies que recebem mais radiação solar durante o dia. O registro foi realizado mediante um Datalogger durante um ano completo. A Figura 4 mostra a disposição espacial dos termopares responsáveis pelas medições de temperaturas internas (TBS e TSI).

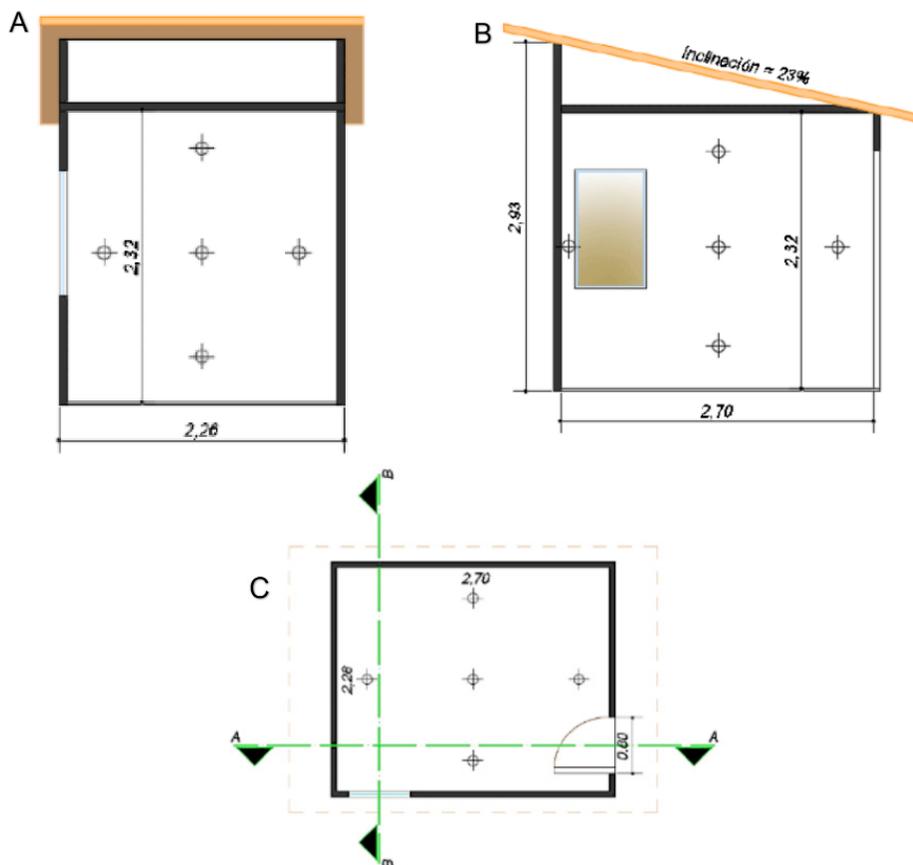


Figura 4: Disposição espacial dos termopares: A) corte vertical; B) corte lateral para visualização da largura e telhado; C) vista superior interna.

Fonte: Gallardo, 2017.

Os dados de temperatura externa, radiação solar e demais variáveis climáticas foram registradas na Estação Meteorologia Automática do CHREA (EESC-USP).

3 | RESULTADOS

Os dados climáticos externos (temperatura externa do ar, radiação solar e Umidade relativa do ar) para o dia 4 de setembro, são apresentados na Figura 5 A, B e C.

O gráfico presente na Figura 5A representa a temperatura externa do ar durante o dia de estudo. Pode-se perceber que a temperatura máxima registrada foi de 28,3°C e a temperatura mínima de 12°C. O gráfico da Figura 5B mostra a umidade relativa do ar, que atingiu seu valor máximo de 96.1% nos horários de temperaturas mínimas, enquanto que o seu valor mínimo foi de 40%, durante as horas de temperaturas mais elevadas. Por fim, o gráfico da Figura 5C apresenta a radiação solar, no qual é possível perceber,

pelo comportamento da curva, a presença de nuvens. O valor máximo de radiação solar registrado foi de 700 W/m^2 , no mesmo horário que foi registrada a temperatura mais alta (13:00h).

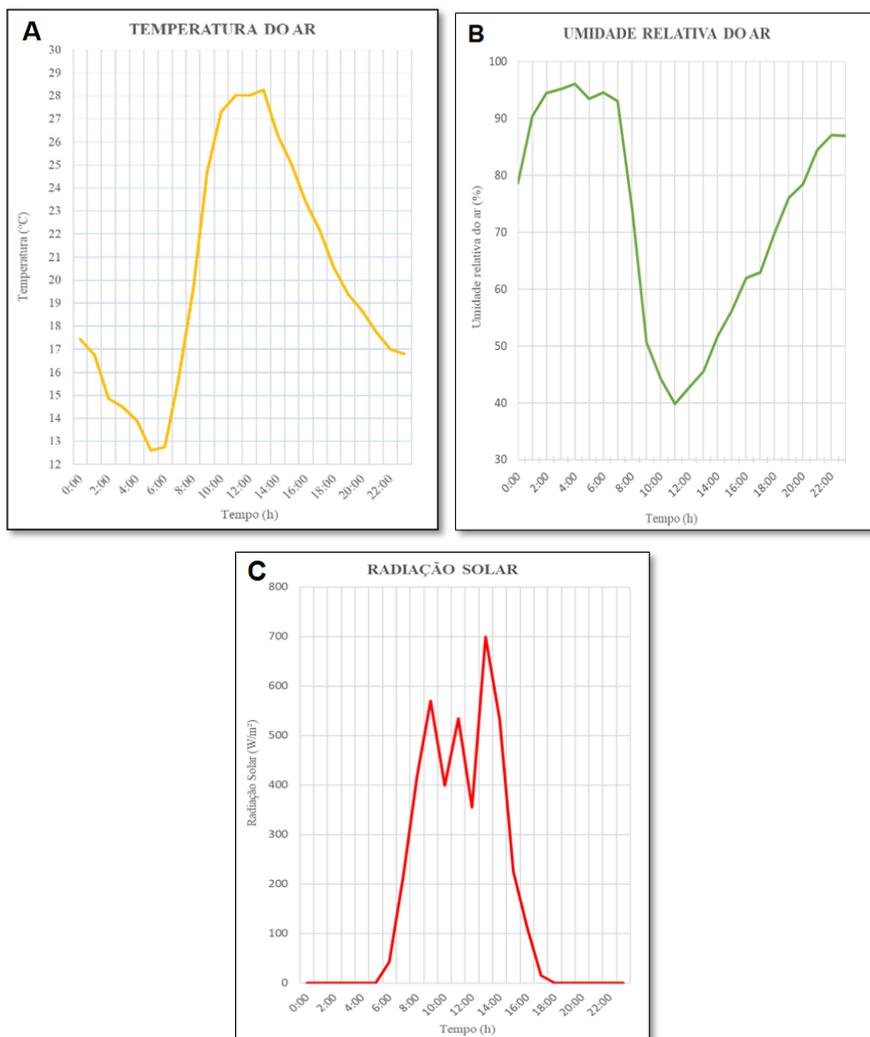


Figura 5: A: Temperaturas internas do ar; B: Umidade relativa do ar; C: Radiação solar (04/09/2015).

Fonte: Autores, 2020.

Os resultados das temperaturas internas são apresentados na Figura 6. O gráfico dessa figura A mostra as temperaturas internas do ar. Nele se observa que durante as primeiras horas do dia as temperaturas externas são mais baixas (às 8h), o comportamento de todas as células de teste se apresenta bastante aproximado, destacando como a mais

baixa a temperatura a da CC (16,5°C) e a mais elevada a da célula CV (17,2 °C).

No período vespertino, quando a temperatura externa atinge seu valor máximo (28,3°C às 14h), existe uma diferença de 2,5°C entre as temperaturas internas do ar da CC (25,5°C às 17h) e da CVFV (23°C às 17h). A célula de teste CVFV apresentou a maior atenuação da temperatura com relação à externa (5,3°C).

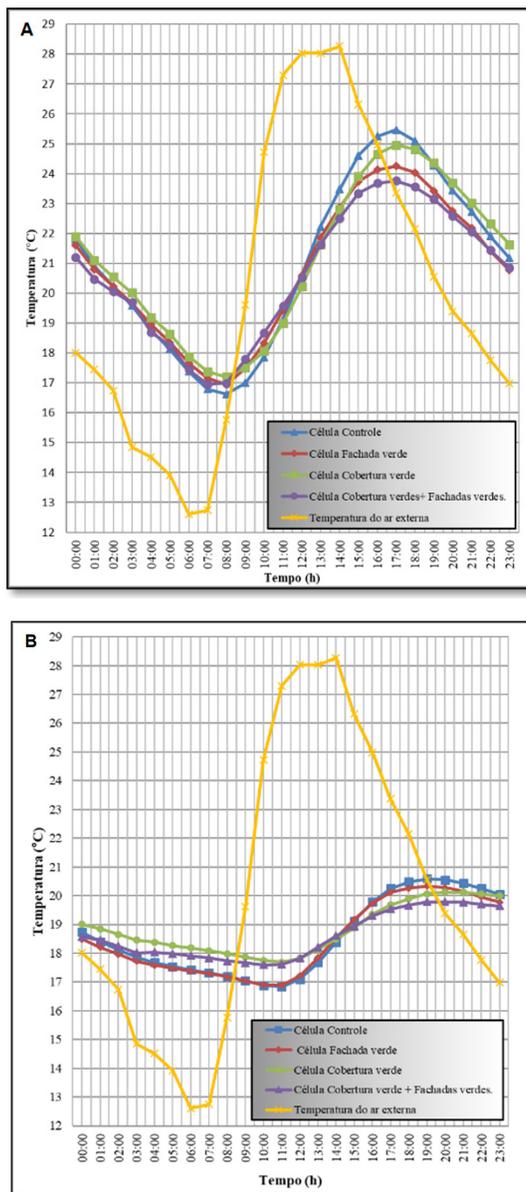


Figura 06: A: Temperaturas internas do ar; B: Temperaturas superficiais das coberturas (04/09/2015).

Fonte: Autores, 2020.

No mesmo período, as células CV e FV registraram uma temperatura do ar de 25°C e 24°C respectivamente, ou seja, uma diferença de 0,5°C e 1°C com relação a CC. O atraso térmico de todas as células de teste foi de 3h.

O gráfico B da Figura 06 representa as temperaturas superficiais internas. No período matutino, quando as temperaturas mais baixas do dia são registradas, existe uma diferença perceptível entre as temperaturas superficiais das células. A CC e a FV apresentam um comportamento idêntico e uma temperatura mínima de 17°C às 11h, sendo importante destacar que ambas possuem telhados cerâmicos, enquanto que as células equipadas com coberturas verdes, CV e CVFV, registraram uma diferença de temperatura superficial de 2°C com relação as anteriores.

No período da tarde, a maior diferença de temperatura superficial registrou-se entre as células CC e CVFV com um valor de 1°C. Entre as células restantes, a discrepância foi aproximadamente de 0,5°C.

Dessa forma, é notório que a Célula que apresenta cobertura e telhado verde comporta-se de maneira a permitir, ao menos do ponto de vista quantitativo, melhor conforto térmico, do que a Célula que não recebeu nenhum elemento vegetal para atenuação térmica. Esses resultados também podem contribuir para questões energéticas, ligadas ao controle artificial da temperatura dos elementos construtivos, por meio de eletrodomésticos.

4 | CONCLUSÕES

Nas horas do dia mais frias, no período matutino, as células que possuem vegetação apresentam as temperaturas mais altas e no período do dia mais quente, vespertino, registram as temperaturas mais baixas, ou seja, as variações de temperaturas (amplitudes térmicas) são menores, o que significa um comportamento mais constante e temperaturas mais atenuadas.

Deste modo, confirma-se que o uso de vegetação ameniza as temperaturas internas das edificações nas que foi implantada. Esta redução de temperatura pode ter consequências positivas para os usuários, tal como no sentido térmico, bem como pode-se ter no sentido econômico, uma vez que, está diretamente relacionado com o consumo de energia e eficiência energética das edificações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15575: desempenho térmico de edificações. Parte 1- edifícios habitacionais de até cinco pavimentos.** Rio de Janeiro, 2013.

COSTA, S. P. **Eficiência energética em edificações e o uso de fontes alternativas de energia em projetos residenciais urbanos – estudo de casos.** Minas Gerais, 2007. Disponível em: <http://www.solenerg.com.br/files/MonografiaSoraya.pdf>. Acesso em: 1 de março 2020.

DINSDALE, S.; PEAREN, B.; WILSON, C. **Feasibility study for green roof application on queen's university campus**. Kingston: Queen's Physical Plant Services, 2006. p.58.

DUNNETT, N.; KINGSBURY, N. **Influence of vegetation composition on runoff in two simulated green roof experiments**. Urban Ecosyst, v.11, n.4, p.385-398, Dec. 2008.

GALLARDO, N.P. **Resposta térmica de edificações com envolventes vegetais: coberturas verdes e fachadas verdes**. 2017. 123p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

NICODEMO, Maria Luiza Franceschi. **Por que manter árvores na área urbana?** [Recurso eletrônico] / Maria Luiza Franceschi Nicodemo, Odo Primavesi — Dados eletrônicos. — São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009.

Peck,S.,Callaghan,C.,Kuhn,M.,Bass,B.: **Greenbacks for Green Roofs: Forging a New Industry inCanada: Forging a New Industry in Canada**.Status Report on Benefits, Barriers and Opportunities to GreenRoof and Vertical Garden Technology Diffusion. Canada Mortgage and Housing Corporation, Ottawa,Canada (1999).

ZAKIA P. R. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído**. 2004. 100p. Tese (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

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

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Ano 2021