

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. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lillian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª 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 Baldí 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

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 04/06/2021

Adriana Dominique da Costa Rocha de Sá

Universidade de São Paulo (USP)
Pirassununga – SP

<http://lattes.cnpq.br/4450888263929790>

Giovanni Maciel de Araújo Silva

Borges Maciel Engenharia (BME)
Natal – RN

<http://lattes.cnpq.br/9500574095466327>

RESUMO: Há um potencial de crescimento imenso da energia eólica no mundo, uma pesquisa do N3E/MME, realizada no final de 2016, prevê que em 2050 a capacidade instalada pode chegar a 2600 GW, crescimento de 32% quando comparado com os dias atuais. Neste cenário, o Brasil está inserido no ranking mundial de capacidade de carga instalada, e a sua maior concentração vem sendo liderada pelo estado do Rio Grande do Norte, porém é estatístico que a Bahia ultrapassará em mais de 1000 MW de potência em 2018 (ABEEÓLICA, 2017). Os parques eólicos, instalados no Estado, demandam um significativo volume de serviço para a Engenharia Civil, especialmente, a etapa da fundação. O artigo construído através de pesquisas bibliográficas, plataformas atualizadas e investigações geotécnicas, expõe a solução de fundação, entre as mais usuais, para cada perfil de solo abordado, levando em consideração os aspectos geotécnicos deste, pontuando as

premissas básicas para os tipos de fundações e suas particularidades, com intuito de estabelecer uma análise entre a relação existente de um determinado teste de sondagem e a solução técnica adotada para a fundação

PALAVRAS-CHAVE: Energia Eólica. Sondagem. Solução Técnica.

MORE USUAL FOUNDATIONS OF EIND TURBINE: CHOICE BASED ON GEOTECHNICAL RESEARCH, EMPIRICAL PROCESS

ABSTRACT: There is a huge potential for wind power growth in the world, a N3E / MME survey conducted at the end of 2016 predicts that by 2050 installed capacity could reach 2600 GW, a 32% increase when compared to today. In this scenario, Brazil is included in the world ranking of installed load capacity, and its largest concentration has been led by the state of Rio Grande do Norte, but it is statistically that Bahia will exceed by more than 1000 MW in 2018 (ABEEÓLICA, 2017). The wind farms, installed in the State, demand a significant volume of service for Civil Engineering, especially the foundation stage. The article, based on bibliographical researches, updated platforms and geotechnical investigations, presents the foundation solution, among the most common, for each soil profile, taking into account the geotechnical aspects of this, punctuating the basic premises for the types of foundations and their particularities, in order to establish an analysis between the existing relationship of a given survey test and the technical solution adopted for the foundation.

KEYWORDS: Wind Growth. Technical Survey.

1 | INTRODUÇÃO

Na atualidade, a busca crescente por soluções mitigadoras a questões ambientais, relacionadas ao consumo de combustíveis fósseis, é latente. Nesta tendência, o uso de tecnologias voltadas à exploração de matrizes limpas e renováveis assumiu protagonismo, no cenário nacional e internacional.

O *ranking* global 2016 de energia eólica é liderado pela China com 34,7% da capacidade total mundial; os Estados Unidos vêm em seguida com 16,9% e o Brasil se encontra em 9º lugar com 8,72 GW ou 2,2% da eficiência (CERNE, 2017). O setor emprega cerca de 160.000 pessoas em nosso país, fornece eletricidade a uma média de 17 milhões de casas e reduz as emissões de CO₂ em aproximadamente 16 milhões de toneladas por ano (ABEEÓLICA, 2017; CERNE, 2017). E o Rio Grande do Norte é o estado com maior potência instalada e operação de 3446,86 MW advinda dos 127 parques (CERNE, 2017).

Por ser notória a relevância destas informações e aplicando na área da engenharia civil, o artigo tem o propósito de apresentar em forma de estudo de caso, as melhores soluções, como resposta técnica, para fundações de aerogeradores, considerando premissas básicas para auxiliar em tomadas de decisões e de pesquisas para profissionais e estudantes da área. Por consequência, serão expostos os dois tipos de fundações mais usuais utilizados em aerogeradores, tendo em vista a geologia local do parque; recomendado a escolha da melhor solução de fundação com base nos resultados da investigação geotécnica de João Câmara/RN e justificado esta escolha com base no Número de Golpes de Penetração à Percussão (NSPT), caracterização do solo por meio da sondagem rotativa e nas resistências das provas de carga.

2 | ENERGIA EÓLICA: CONCEITO E HISTÓRICO

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2017), a energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento), é aproveitada por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cata-ventos e moinhos, para trabalhos mecânicos.

No século XX, segundo Dutra (2001), a Segunda Guerra Mundial influenciou o avanço dos aerogeradores, aumentando significativamente a quantidade de pesquisas e projetos na área, já que os países desejavam economizar combustíveis fósseis.

2.1 Matriz Energética, Cenário Atual, Viabilidade e Impactos Ambientais

Nos dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA, 2017), a matriz elétrica brasileira apresenta configuração renovável-térmica, e para a energia total gerada

no país a energia eólica tem participação significativa (Tabela 1). Esta cresce notavelmente a cada ano por tais fatores: o Brasil possui ventos de boa qualidade, constantes, sem alterações bruscas de velocidade ou direção, sobretudo na região Nordeste, por sua localização geográfica, ela recebe influência dos ventos alísios; é a segunda fonte de energia mais barata; as torres ocupam pouco espaço no solo quando instaladas; além de causar baixo impacto ambiental.

FONTE	QUANTIDADE	INFLUÊNCIA ENERGÉTICA
Hidroelétrica	93,8	61,3%
Biomassa	14,1	92%
Eólica	11,38	7,4%
PCH	5	3,3%
Gás Natural	13	8,5%
Petróleo	10	6,5%
Carvão Mineral	3,7	2,4%
Nuclear	2	1,3%

Tabela 1 – Matriz elétrica brasileira (GW) (Adaptada de ABEEÓLICA. (2017, p.3)).

2.2 Mercado: Demanda futura

O Sindicato das Empresas do Setor Energético do RN (SEERN) prevê a recuperação da demanda por energia no Brasil em 2018 e que vem acompanhando a melhora da situação econômica do país, porém, apesar das dificuldades que o país vem enfrentando política e economicamente, à procura pela energia eólica segue crescente desde 2005 (Figura 3).



Figura 2 – Evolução da capacidade instalada (Adaptado de ABEEÓLICA. (2017, p.5)).

A ABEEólica (2017) subdivide os parques instalados no Brasil em três categorias: aptos a operar, operando em teste e operando comercialmente, informa que a capacidade

total instalada no início de julho de 2017 foi de 11,38 GW e que o Rio Grande do Norte (RN) lidera a produção de energia instalada, em total operação comercial e se encontra em segundo lugar no potencial de construção e futura, conforme exposto na Tabela 2, já a Bahia (BA) está em segundo lugar quando se trata de potência instalada, com 7,6% apto a operar, 91% operando comercialmente e 1,4% operando em teste e liderando o ranking brasileiro no potencial de construção e futura.

Estado	Pot. Instalada		Pot. em Construção		Pot. Futura	
	Capacidade (MW)	nº de Parques	Capacidade (MW)	nº de Parques	Capacidade (MW)	nº de Parques
RN	3.446,9	126	1.193,60	49	4.640,50	175
BA	1.924,8	74	3.537,45	163	5.462,25	237

Tabela 2 – Demanda eólica brasileira (Adaptado de ABEEÓLICA. (2017)).

3 I EXECUÇÃO DE PARQUE EÓLICO

Uma usina eólica é constituída por um conjunto de aerogeradores ou turbinas eólicas, um edifício de comando, uma subestação elevatória, aos quais todos os aerogeradores estão ligados através de uma rede elétrica subterrânea, e caminhos de acesso a cada aerogerador (MENDES; COSTA; PEDREIRA, 2002).

Para atender a construção do parque, um bom canteiro de obras é indispensável, visando o suporte necessário a todas as etapas da produção. Pode ser composto pela área administrativa, instalações de serviços de apoio, usina de concreto, pátio de estocagem (pás, naceles e Hubs), e outros que se fizerem relevantes.

Faz-se necessário, também, um plano de necessidades com as atribuições indicadas, observando o aspecto executivo da obra como condicionantes que são perceptíveis para análise prévia do acesso à obra e o estudo de movimentação do solo, por exemplo.

3.1 Plano de Necessidades

A elaboração de um programa de necessidades deve ser vista como o momento da incorporação e determinação, conforme as necessidades e expectativas dos usuários, de exigências e dados após análise de problemas, causas, desejos e possibilidades a serem satisfeitas pelo empreendimento a ser elaborado, etapa sugerida conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 13531, 1995).

Os elementos necessários ao projeto são todos os estudos preliminares contidos no levantamento, como a topografia, os dados geológico-geotécnicos, estrutura e as construções vizinhas, assim como as cargas vivas (operacionais, ambientais e acidentais) e as cargas mortas ou permanentes.

A investigação geotécnica é a etapa determinante para as soluções de projeto, nela está integrada a verificação preliminar com reconhecimento ou anteprojeto, seguida da averiguação com o projeto executivo e confirmação para liberação, atendendo as normas e especificações assim como critérios de projeto.

3.1.1 Aspectos da geologia regional e local

A formação geológica de onde estão situados os maiores parques eólicos no RN é composta pelas seguintes unidades geológicas: Suíte Intrusiva Dona Inês, Suíte Intrusiva Itaporanga, Complexo Santa Cruz, Complexo João Câmara, Formação Seridó, Formação Açu, Formação Jandaíra e Formação Barreiras (MME, 2005, p.4).

O parque eólico está situado na influência geomorfológica regional da chapada da Serra verde, formada por terrenos planos, ligeiramente elevados, localizando-se entre os Tabuleiros Costeiros de geologia sedimentar e o relevo residual chamado “Sertão das Pedras”, estendendo-se pelos municípios de João Câmara, Pedra Preta, Pedro Avelino e Parazinho (IDEMA, 2008, p.7 e p.8), com variação de 200 a 400 metros de altitude.

A geologia local do empreendimento é composta por rochas carbonáticas pertencentes a Formação Jandaíra recobertas por sedimentos terciários, aluviões e dunas quaternárias.

São calcoarenitos dolomíticos onde existe a possibilidade de ocorrência de cavernas (CRUZ et al., 2017, p. 6).

Uma vez conhecendo o mapeamento geológico é gerado uma expectativa do real tipo de solo a ser investigado através da sondagem.

3.1.2 Sondagem

A sondagem está inclusa na etapa para soluções no plano de necessidades, como objeto de estudo desse trabalho, é analisada com maior propriedade, tendo em vista que a escolha da fundação a ser utilizada é consequência do resultado da sondagem.

Sendo assim, é primordial e necessário sondar a estratificação real do solo no ponto demarcado em projeto de fundações e obras, assim como, os resultados dos ensaios laboratoriais das amostras retiradas em diferentes profundidades e as observações feitas durante todos os processos. Para as grandes estruturas deve ser feita toda a exploração adequada do subsolo local, como os objetivos de definir a natureza do solo, sua estratificação, profundidade e até mesmo o leito rochoso, obter amostras para ensaios, verificar as condições de drenagem, e posição do lençol freático e qualquer problema em relação às estruturas próximas. Desfecho conforme Das (2012).

São vários os métodos diretos utilizados, por exemplo: Percussão (SP), Trado (ST), Rotativa (SR), Trincheiras (TR) e poços de inspeção. No entanto, o estudo de caso em foco é baseado em laudos obtidos através de percussão e rotativa.

3.1.2.1 Standard penetration test (SPT)

A sondagem de simples reconhecimento ou sondagem a percussão é, de acordo com a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN, 2017, p.17), “um método para investigação de solos em que a perfuração é obtida através do golpeamento do fundo do furo por peças de aço cortantes”.

O SPT, através do método de ensaio, determina o índice (N) de resistência à penetração, que é resultado do “número de golpes correspondente à cravação de 30cm do amostrador-padrão, após a cravação inicial de 15cm” (ABNT NBR 6484, 2001, p.2). O ensaio precisará ser executado a cada metro de perfuração, após 1 metro de profundidade e devem ser colhidas amostras do solo através do amostrador padrão.

O ensaio consiste na cravação do barrilete amostrador, através do golpeamento sobre a composição do hasteamento de um martelo de 65kg caindo livremente de uma altura de 75 centímetros.

Nas investigações com SPT, usualmente, é realizado apenas um furo e mapeado em um quadro as prováveis variações das camadas do subsolo, por base de torre eólica. Baseado na normativa brasileira 6484 (2001).

3.1.2.2 Rotativa

A exploração do subsolo através da perfuração rotativa pode ser, conforme Das (2012), utilizadas nos diferentes tipos de solo, como: o arenoso, o argiloso e o rochoso com severas fissuras. Com os procedimentos de perfuração, corte e trituração do solo, ajudando no aprofundamento do furo.

É um método de investigação que utiliza um conjunto moto-mecanizado para a obtenção de amostras de materiais rochosos, contínuas e com formato cilíndrico, através de ação perfurante dada basicamente por forças de penetração e rotação que, conjugadas, atuam com poder cortante (CASAN, 2017, p.29).

A sonda rotativa deve ser instalada em terreno seco e firmemente ancorada e nivelada ao solo, reduzindo a transmissão de suas vibrações para a composição da sondagem, caso o terreno esteja alagado, esta deverá ser instalada sobre plataforma flutuante firmemente ancorada, para evitar desvios e deslocamentos durante a execução (DNER, 1997).

Este ensaio tem como resultado a classificação geológica dos testemunhos de sondagem, grau de alteração e grau de fraturamento. Ambos os tipos de sondagens são os mais utilizados e confiáveis para a região, tendo em vista a formação geológica regional e local.

3.2 Obras Civas de Parque Eólico

As obras civis seguem a anatomia dos projetos geotécnicos com o sistema viário (acessos) e fundações. Estas infraestruturas diferenciam-se das obras comuns pela escala e

carregamento dinâmico. Isto pode gerar um contratempo de conformidade e especificações com fabricantes internacionais e uma complexa logística multidisciplinar.

O fluxograma da Figura 3 mapeia a implantação de uma usina eólica no Brasil que se inicia com os dados das sondagens as quais determinam a situação na natureza, prossegue com os elementos gráficos do perfil geotécnico e sucede com a determinação dos esforços atuantes. Em seguida, com todas as informações da seleção de métodos e parâmetros dos padrões técnicos e influências no dimensionamento, é tomada a decisão a qual manipula as comparações e aprovações dos parâmetros do subsolo consideradas para projeto, se a decisão não for satisfeita se faz necessário rever tais informações.

Enfim decidido, é instruído o tipo de fundação através da exposição das previsões.

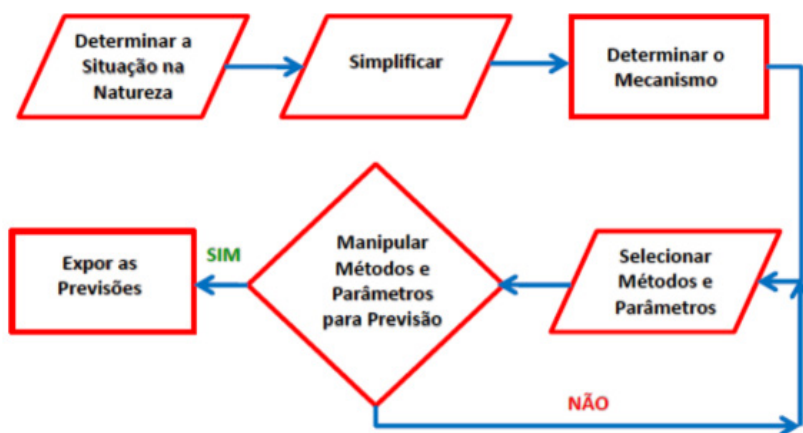


Figura 3 – Fluxograma de implantação de uma usina eólica no Brasil (ÁGUIAR. (2011, p.8)).

3.2.1 Fundações: conceito e aspecto

Com o objetivo de se auto sustentar e, principalmente, sustentar estruturas colocadas sobre as mesmas, as fundações variam entre diretas ou indiretas conforme as cargas submetidas e características do solo no qual esta será apoiada, interferindo no modo como será feita a transferência de carga da estrutura para o solo onde ela está apoiada.

Quando se trata das fundações diretas esta transmissão é feita através da base, maior área em contato com o solo, e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente à fundação é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. (ABNT NBR 6122, 2010, p. 2).

Logo, nas fundações profundas, a carga é transferida ao terreno onde ela se apoia pela superfície lateral (resistência de fuste), área de maior contato com o solo, pela base (resistência de ponta) ou o conjunto das duas. A ABNT NBR 6122 (2010, p.3) ainda esclarece que devendo sua ponta ou base estar assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3,0 m. Neste tipo de fundação

incluem-se as estacas e os tubulões.

Contudo, dependendo do subsolo local, a fundação direta (sapata) e a estaca raiz são as fundações mais usuais no RN, quando se trata de torres de captação de energia eólica.

3.2.1.1 Fundação direta: sapata

De acordo com a ABNT NBR 6122 (2010, p.2), fundação direta é o “Elemento de fundação superficial, de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente dispostas para esse fim.” E seu dimensionamento pode ser feito através do conceito de pressão admissível ou de coeficientes de segurança parciais, havendo o dimensionamento geométrico (com as solicitações das cargas) e o de cálculo estrutural (com a rigidez, como placas ou pelo método das bielas). Afirma a norma. A sapata, estrutura apresentada na Figura 4, é um elemento de fundação flexível, por conter armadura, ao contrário do bloco, ela é executada iniciando com uma camada regularizadora de concreto que deve ser realizada, de forma a deixar plana a superfície em que será montada a armação. Em seguida as fôrmas e armações devem ser montadas e devidamente lavadas, para não haver impurezas interferindo na aderência do aço com o concreto; lembrando que o desmolde deve ser utilizado sobre a superfície interna das fôrmas logo antes da concretagem. Ao fim da concretagem, as fôrmas serão retiradas, mas o processo de cura continua com a vaporização de água sobre a estrutura.



Figura 4 – Sapata concretada (Autores. (2016)).

3.2.1.2 Estaca raiz

A norma de projeto e execução de fundações, ABNT NBR 6122 (2010, p.3), define esta estaca como um “tipo de fundação profunda executada por escavação mecânica, com

uso ou não de lama bentonítica, de revestimento total ou parcial, e posterior concretagem”.

Velloso e Lopes (2002) também descrevem o processo executivo desta estaca, na Figura 5, o qual é iniciado através da perfuração, através de processo rotativo, com circulação de água ou lama bentonítica, permitindo a locação do revestimento provisório; seguindo com a disposição da armadura e concretagem, a qual é realizada com a condução da argamassa de cimento e areia por um tubo de injeção até a ponta da estaca, e simultaneamente a retirada da argamassa que sobe pelo tubo de revestimento, ar comprimido é golpeado no furo para adensar a argamassa contra o solo, desta forma a estaca vai se moldando ao terreno escavado, favorecendo o atrito lateral.

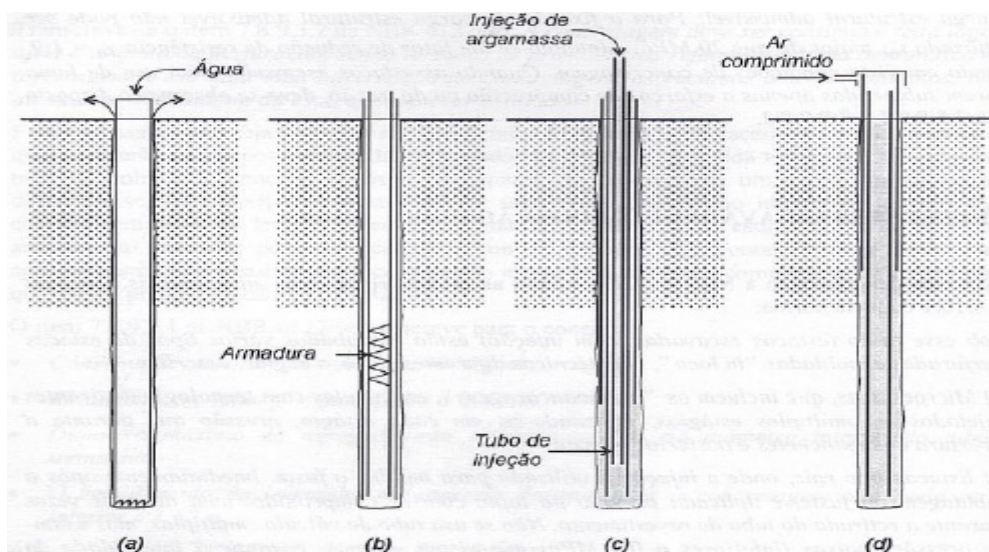


Figura 5 – Execução da estaca raiz (VELLOSO e LOPES. (2002)).

Esta estaca é recomendada para solos com matacões, rochosos, solos moles ou com presença de água, pois alcança grandes profundidades e pode ser executada de forma inclinada, resistindo a esforços horizontais.

3.2.1.3 Prova de carga estática (PCE)

De acordo com a ABNT NBR 12131 (2006, p.1) “a prova de carga consiste, basicamente, em aplicar esforços estáticos à estaca e registrar os deslocamentos correspondentes. Os esforços aplicados podem ser axiais, de tração ou de compressão, ou transversais”.

Os requisitos de segurança da ABNT NBR 6122 (2010) sugerem que 1% das estacas seja submetida a esse tipo de ensaio, estas estruturas serão carregadas até a carga definida pelo projetista, ainda atendendo aos critérios de tal norma.

O ensaio do PCE é o mais indicado para prever o comportamento da capacidade de carga e recalques das fundações profundas. E pode ser realizado com carregamento lento, rápido, misto (lento seguido de rápido) ou com carregamento cíclico (lento ou rápido) para estacas submetidas a esforços axiais de compressão, cada um destes resulta em um deslocamento diferente, sendo necessário considerá-los na interpretação dos resultados. (ABNT NBR 12131, 2006, p. 5)

4 | ESTUDO DE CASO

O caso em questão é do parque eólico Modelo, implantado no município de João Câmara/RN, onde foram executadas torres de 89 a 90 metros de altura. O estudo levou em consideração os esforços atuantes nas fundações e as sondagens do terreno. Nas proximidades de onde foram executadas as sondagens expostas nas Figuras 7A, 7B e 8, não existe vizinhança, o terreno é plano e o canteiro de obras possui grandes dimensões.

As sondagens não alcançam o nível de água (N.A.), devido a sua profundidade elevada (aproximadamente 130m); estas confirmam a geologia do local (Figura 6) como sendo de rochas calcárias pertencentes a Formação Jandaíra, como descrito na geologia Regional e Local.

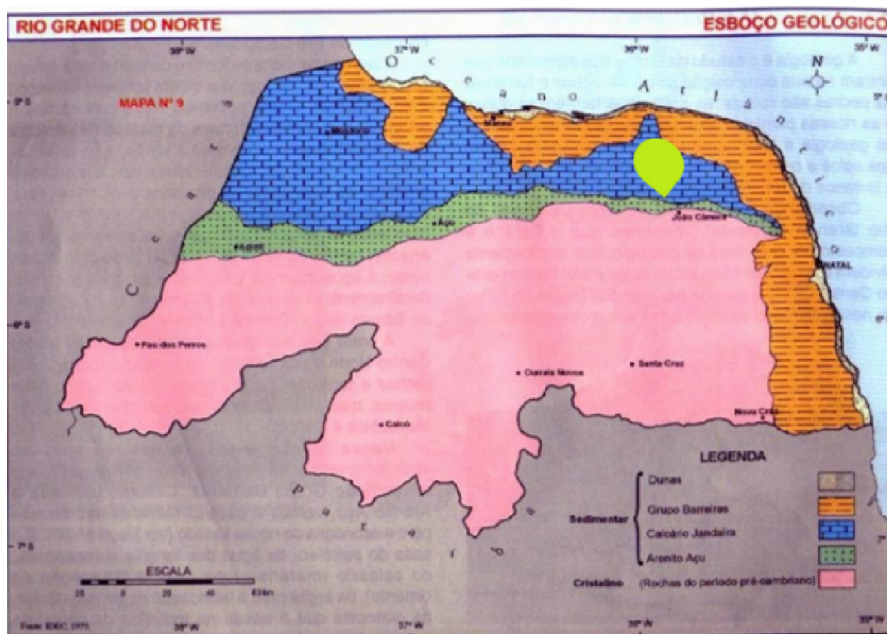


Figura 6 –Estrutura geológica do RN com a localização do empreendimento (SILVA. (2013)).

dimensionamento da capacidade de resistência à tração foi calculada como 10% (dez por cento) da capacidade de resistência à compressão, desta forma o seu valor é de 16t. O programa de carregamento desenvolvido para o ensaio foi de acordo com NBR 12131/2006, através do ensaio PCE, com carregamento lento realizado sobre as estacas da fundação executada no segundo perfil (Figura 10), a opção pelo número de provas de carga, bem como a escolha do elemento ensaiado foi da empresa contratante.

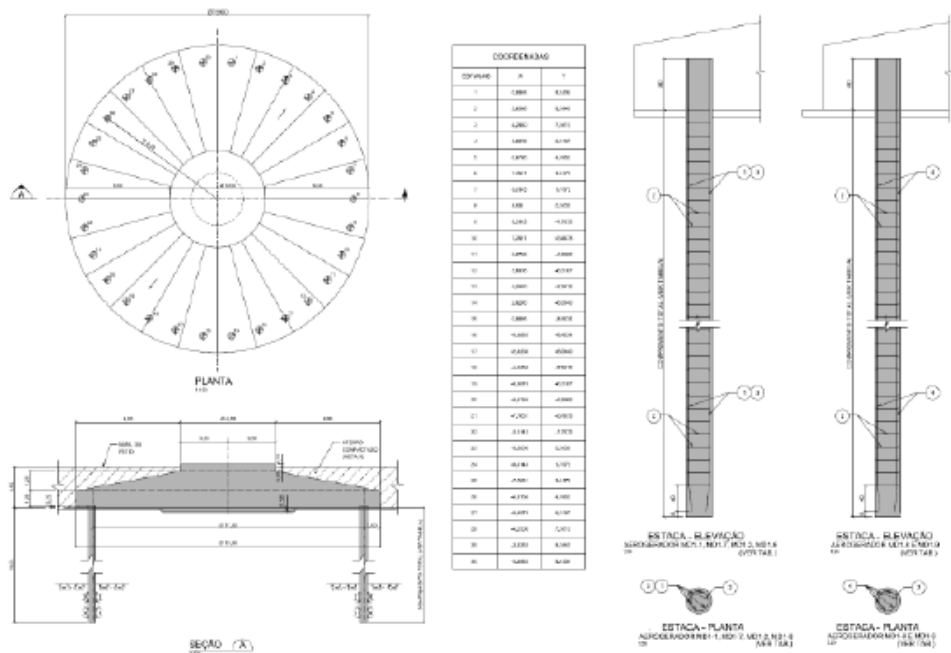


Figura 9 – Projeto da estaca (SILVA. (2013)).

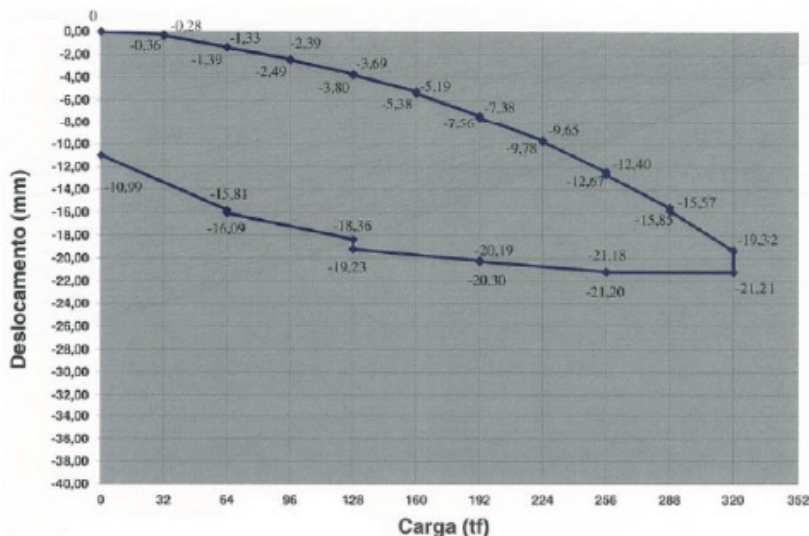


Figura 10 – Gráfico: carga *versus* deslocamento (SILVA. (2013)).

O ensaio de prova de carga se desenvolveu dentro do esperado apresentando estabilizações rápidas e deformações compatíveis com as esperadas. Com base nos resultados obtidos nas provas de carga (Figura 10), consideramos o comportamento da estaca ensaiada satisfatório e confirmamos a carga de trabalho vertical desta estaca em 160t com um coeficiente de segurança igual a 2.

5 | RESULTADO E DISCUSSÕES

Com base nas características do subsolo em estudo foram analisadas duas alternativas de fundação, sendo definida como as mais viáveis no aspecto técnico. A definição de cada uma foi efetuada com base nos dados individuais de cada sondagem, levando em consideração os valores específicos de resistência e capacidade de suporte para cada profundidade analisada. Uma vez identificado o tipo de solo através da investigação geotécnica por método confiável foi definido se a fundação é direta ou estacada.

Quando o subsolo apresentar, há pequenas profundidades, um solo de alta resistência ou uma alteração de rocha, a melhor opção é uma fundação direta (sapata) sobre este solo, porém, quando apresentar solo com alta resistência ou alteração de rocha a profundidade média, a solução será em estaca tipo “escavada” como a estaca raiz.

Para o dimensionamento, sugerimos, a utilização dos dados do nível de assentamento definido pelo geotécnico, a capacidade dinâmica e estática do solo, as cargas na turbina, o tipo de *insert* e o processo construtivo.

6 | CONCLUSÃO

A fundação adequada pode ser escolhida através de eliminação, selecionando os tipos que atendam tecnicamente os perfis abordados no estudo de caso. Para ser definida a solução, deve se ter conhecimento sobre todos os elementos citados no plano de necessidades.

A partir dos relatórios de sondagens e peculiaridades gerais de um parque eólico, foi utilizado este método de seleção, que evidenciou a viabilidade técnica ou não de cada tipo de fundação como solução.

A fundação que suporta as cargas da estrutura, com a devida segurança, harmonizando todas as condições, como: o maciço de solo, os aspectos técnicos e o plano de necessidades; não abalando a integridade das circunvizinhas, decerto é a adequada.

E para obter obras mais seguras e favoráveis, como consequência, se torna relevante a associação dos projetos de estrutura e fundação em um único

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Energia Eólica**. Distrito Federal: Aneel, 2017. 18 p. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf). Acesso em: 10 jul. 2017.

ÁGUIAR, Marcos Fábio Porto de. **Casos de Estudos Geotécnicos para Fundações de Aerogeradores em Subsolos Arenosos**. Fortaleza: 2º Simpósio de Geotecnia do Nordeste, 2011. 55 slides, color.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (Brasil). **Dados Mensais: Julho 2017. ABEEólica, 2017**. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/wpcontent/uploads/2017/07/Dados-Mensais-ABEEolica-07.2017.pdf>. Acesso em: 06 set. 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12131: **Estacas - Prova de Carga - Método de ensaio**. Rio de Janeiro; 2006. 8 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/360346910/NBR-12131-2006-Estacas-Prova-de-Carga-Estatica-Metodo-de-Ensaio>. Acesso em: 10 nov. 2017.

ABNT NBR 13133: **Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro; 1994. 35 p. Disponível em: <http://www.carto.eng.uerj.br/cdec/art/download/NBR13133.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2017.

ABNT NBR 13531: **Elaboração de Projetos de Edificações – Atividades Técnicas**. Rio de Janeiro; 1995. 10 p. Disponível em: <http://apoiodidatico.iau.usp.br/projeto3/2013/nbr13531.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2017.

ABNT NBR 6122: **Projeto e Execução de Fundações**. Rio de Janeiro; 2010. 33 p. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/cons-trucaode-edificios/nbr-06122-1996-projeto-e-execucao-de-fundacoes>.

ABNT NBR 6484: Sondagem de simples reconhecimento com SPT. Rio de Janeiro; 2001. 17 p. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/4188892/nbr-64842001---solo---sondagens-de-simples-reconhecimento-c>. Acesso em: 25 set. 2017.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. Energia Eólica no Brasil e Mundo: Minas Gerais: Núcleo de Estudos Estratégicos de Energia, 2016. Color. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+Eolica+-+ano+ref++2015+\(3\).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+Eolica+-+ano+ref++2015+(3).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2). Acesso em: 23 out. 2017.

CENTRO DE ESTRATÉGIAS EM RECURSOS NATURAIS E ENERGIA (Rio Grande do Norte). **Energia Eólica**. 2017. Disponível em: <http://cerne.org.br/energia-eolica/>. Acesso em: 01 jul. 2017.

CRUZ, Jocy Brandão et al. Diagnóstico Espeleológico do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Espeleologia - Rbe**, Natal, v. 1, n. 1, p.1-24, 07 nov. 2017.

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 7. ed. Norte-americana: Cengage Learning, 2012. 632 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. **PRO 102: Sondagem de Reconhecimento pelo Método Rotativo**. DNER, 1997. 24 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/procedimento-pro/dner-pro102-97.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2017.

Dez fatos sobre energia eólica brasileira que você talvez não saiba. 2017. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/noticias/dez-fatos-sobre-energia-eolica-brasileira-que-voce-talvez-nao-saiba-2/>. Acesso em: 03 ago. 2017.

DUTRA, Ricardo Marques. **Viabilidade Técnico-Econômica da Energia Eólica Face ao Novo Marco Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro**. 2001. 334 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/pproduction/tesis/rmdutra.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2017.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE - IDEMA (Rio Grande do Norte). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - Semarh. **Perfil do seu Município**. 10. ed. Afonso Bezerra: Idema, 2008. 22 p. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC00000000016668.PDF>. Acesso em: 10 nov. 2017.

MENDES, Lígia; COSTA, Marta; PEDREIRA, Maria João. **A Energia Eólica e o Ambiente: Guia de Orientação para a Avaliação Ambiental**. Alfragide: Instituto do Ambiente, 2002. Acesso em: 02 jun. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. Secretaria de Desenvolvimento Energético. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água subterrânea Estado do Rio Grande do Norte: Diagnóstico do Município de João Câmara**. João Câmara: Ministério de Minas e Energia, 2005. 23 p. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17007/1/rel_joao_camara.pdf. Acesso em: 28 out. 2017.

SANTA CATARINA. Celso José Pereira. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Manual de Execução de Sondagens**. Florianópolis: Casan, 1997. 55 p. Disponível em: http://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Documentos_Download/manual_sondagem.pdf. Acesso em: 09 ago. 2017.

SILVA, Giovanni Maciel de Araújo. [Ensaio de SPT]. João Câmara. 2013.1 Ensaio.

SINDICATO DAS EMPRESAS DO SETOR ENERGÉTICO DO RN (Rio Grande do Norte). **Brasil aposta na recuperação demanda por energia a partir 2018**. SEERN, 2017. Disponível em: <http://seern.com.br/brasil-aposta-na-recuperacao-demanda-porenergia-a-partir-2018/>. Acesso em: 05 set. 2017.

VELLOSO, Dirceu A.; LOPES, Francisco R. **Fundações: FUNDAÇÕES PROFUNDAS**. Rio de Janeiro: Coppe-ufRJ, 2002. 451 p. 2 v.

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

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