

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

Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
 Prof^a Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
 Prof^a 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
 Prof^a 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
 Prof^a Dr^a 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
 Prof^a Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
 Prof^a 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
 Prof^a Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
 Prof^a Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Dr^a Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
 Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
 Prof^a Dr^a 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
 Prof^a Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Ma. Lillian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
 Prof^a Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a 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
 Prof^a Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
 Prof^a 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
 Prof^a 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

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DE MISTURAS RAP E SOLO PARA APLICAÇÃO EM VIAS VICINAIS

Data de aceite: 01/07/2021

Adriely Maria Sandi

Acadêmica do curso de Engenharia Civil,
Universidade do Oeste de Santa Catarina
Concórdia-SC

Gislaine Luvizão

Engenheira Civil, doutoranda, Professora,
Universidade do Oeste de Santa Catarina
Joaçaba-SC

Fabiano Alexandre Nienov

Engenheiro Civil, doutor, professor,
Universidade do Oeste de Santa Catarina
Joaçaba-SC

RESUMO: Em muitas cidades, bairros e principalmente no interior ainda existem ruas com revestimento primário, onde utilizam cascalhos na camada superficial. Esse material está cada vez mais difícil de encontrar e ainda, pode apresentar baixa resistência. Busca-se misturas com baixo custo, para melhorar as condições das ruas sem pavimentos. Há muitos materiais sem utilidade depositados na natureza e em locais proibidos que poderiam ajudar na mistura com solo para uma melhor via urbana ou rural. Um desses materiais é o fresado (resíduo) de mistura asfáltica, mais conhecido como RAP (*Recycled Asphalt Pavement*), eles são armazenados em bota fora e não tem nenhuma utilidade. O objetivo dessa pesquisa é verificar se essa mistura (SOLO+RAP) melhora as características da via, aferindo em laboratório a

resistência à compressão e a resistência à tração por compressão diametral das misturas, onde S (solo) e R (RAP): 1 (90S10R), 2 (80S20R), 3 (70S30R), 4 (60S40R), 5 (50S50R), 6 (40S60R), 7 (30S70R), 8 (20S80R), 9 (10S90R). Foram realizados ensaios de caracterização dos materiais, compactação, RCS e RTCD, e ascensão capilar. Após, analisou-se a mistura ideal, resultando na mistura 6 (40S60R), 7 (30S70R) e 8 (20S80R). Realizou-se então três pistas experimentais, com as melhores misturas, para acompanhar o desempenho da mesma no decorrer do tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Solo; RAP; Pavimentação; Vicinais; Fresagem.

EVALUATION OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF RAP AND SOIL MIXTURES FOR APPLICATION IN VICINARY ROADS

ABSTRACT: In many cities, neighborhoods and especially in the interior, there are still streets with primary cladding, where gravels are used in the surface layer. This material is more and more difficult to find and yet, it can present low resistance. Low cost mixtures are sought to improve street conditions without pavements. There are many useless materials deposited in nature and in prohibited places that could help in mixing with soil for a better urban or rural route. One of these materials is the asphalt mixture (residue), better known as RAP (*Recycled Asphalt Pavement*), they are stored outside and have no use. The objective of this research is to verify if this mixture (SOLO + RAP) improves the characteristics of the track, measuring in the laboratory the compressive strength and the

tensile strength by diametrical compression of the mixtures, where S (soil) and R (RAP): 1 (90S10R), 2 (80S20R), 3 (70S30R), 4 (60S40R), 5 (50S50R), 6 (40S60R), 7 (30S70R), 8 (20S80R), 9 (10S90R). Material characterization tests, compaction, RCS and RTCD, and capillary rise were carried out. Afterwards, the ideal mixture was analyzed, resulting in the mixture 6 (40S60R), 7 (30S70R) and 8 (20S80R). Then, three experimental tracks were carried out, with the best mixtures, to monitor the performance of the same over time.

KEYWORDS: Soil RAP; Paving; Vicinals; Milling.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil o modal de transporte rodoviário é o mais utilizado. Mas nem sempre ele é o melhor, o mais eficiente e seguro. Para que ele atenda todos esses requisitos é preciso uma infraestrutura adequada. Porém com a grande extensão territorial do país, há muitos locais em situações precárias e sem infraestrutura, devido ao alto investimento necessário.

Essas rodovias são pavimentadas com revestimentos asfálticos, que proporcionam uma durabilidade em torno de 10 anos, com manutenções periódicas. Porém essas manutenções não acontecem, devido à falta de investimentos e de fiscalização. Pela ausência dessas manutenções, as rodovias ficam em condições desfavoráveis à segurança e conforto, com mais de 20 anos sem nenhuma melhoria.

Em alguns estados do país, como em Santa Catarina, as rodovias passam por manutenções periódicas, uma vez que é a única forma de escoamento da produção agroindustrial da região oeste. Parte destas manutenções consiste em uma fresagem (corte do revestimento) e recapeamento desta camada. O material retirado é descartado em bota-fora, ou nas margens das rodovias. Pela quantidade elevada desse resíduo, ele acaba gerando um passivo ambiental.

Em Joaçaba ainda há muitas vias que não estão pavimentadas, elas são mais conhecidas como vias vicinais. As mesmas também necessitam de manutenção. Atualmente utiliza-se o resíduo fresado aplicado sobre a camada de solo existente, porém não apresenta durabilidade compatível com custo executivo.

Como tema da pesquisa serão estudadas misturas de fresado com o solo local, aferindo em laboratório a resistência à compressão e a resistência a tração por compressão diametral. Dessa forma, será reutilizado o material fresado, reduzindo assim a quantidade de resíduos descartados na natureza e a exploração da matéria-prima que compõe o pavimento, resultando em um menor custo final da restauração.

2 | OBJETIVO

Aferir em laboratório e em campo o comportamento mecânico e temporal de misturas fresado/solos utilizadas como camada estrutural de vias com baixo volume de tráfego, destinando de forma adequada o resíduo de fresado presente em locais de bota-fora, onde pode contaminar o lençol freático.

3 | CONTEXTUALIZAÇÃO

3.1 Vias vicinais

Conforme Baesso & Gonçalves (2003), as estradas rurais, ou estradas vicinais, são vias pequenas que compõem o sistema de transporte e são responsáveis pelo escoamento da produção agrícola. São estradas não-pavimentadas, muito importantes pois fornecem acesso da população rural aos serviços urbanos (educação, saúde e lazer) e comercialização das atividades produtivas e insumos agrícolas fundamentais à produção.

Hanashiro (2016) afirma que estradas não pavimentadas podem causar danos aos veículos e, às vezes, até impossibilitam o tráfego, forçando rotas mais longas e, em consequência, maior tempo gasto em transporte e perdas de qualidade dos produtos em decorrência da vibração ocasionada pelas irregularidades das pistas.

Conforme Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2019), verifica-se que, de um total de 1.724.924 km de estradas brasileiras, 1.429.296 km, ou seja, 83% são estradas municipais não-pavimentadas. Mesmo sendo de grande importância econômica e social, as estradas não-pavimentadas são relegadas a segundo plano.

Os melhores profissionais não são recrutados a participar da manutenção dessas estradas, não são desenvolvidas técnicas que propiciem tal manutenção, além de os usuários afirmarem que a única solução para o problema das estradas vicinais seria a pavimentação destas, ignorando o alto custo de tal operação (ODA, 1995).

Segundo Nunes (2003 apud CRUZ, 2005), sem manutenção adequada e constante, estradas rurais irão se deteriorar, aumentando os custos operacionais dos veículos, o número de incidentes e reduzindo a confiabilidade nos serviços de transporte.

Uma estrada vicinal deve apresentar, acima de tudo, boas condições estruturais, que se refere à capacidade de suporte, e boas condições funcionais, referente às condições de rolamento e aderência. A primeira se refere à característica que confere à estrada capacidade maior ou menor de não se deformar frente às solicitações de tráfego, garantida pelo uso de materiais granulares e compactação da pista. A segunda diz respeito à prevenção de irregularidades da pista que interferem negativamente sobre a comodidade e segurança do tráfego, tais como buracos, materiais soltos na via e pista escorregadia, garantida pelo uso de materiais granulares (aderência) e material argiloso (diminuindo a incidência de material solto), compactados. É também necessário, um bom sistema de drenagem (SANTOS et al., 1988).

3.2 Restauração

Abdou (2014) afirma que, uma das técnicas mais comuns em pavimentos flexíveis é o reforço da estrutura, que é a recuperação das características estruturais do pavimento pela colocação de uma espessura adicional de material betuminoso, aumentando a capacidade estrutural e prolongando a sua vida útil. Essa técnica é popularmente conhecida

como, tapa buracos.

Quando as camadas de revestimento ou da base estiverem comprometidas, poderá ser feito a reciclagem do pavimento. São retirados esses materiais com uma máquina, misturados e assim a nova base torna-se mais resistente. Após feito isso, uma nova camada de asfalto é aplicada sobre a nova estrutura. Em alguns casos, quando a estrutura está muito condenada é aconselhável a reconstrução total do pavimento, onde todas as camadas são retiradas e refeitas. O que torna o procedimento muito trabalhoso e caro (ABDOU, 2014).

3.3 Fresagem

Segundo Bernucci et al. (2008), a fresagem em pavimentos consiste na remoção parcial ou integral dos materiais asfálticos, operação realizada sobre a camada de revestimento asfáltico, utilizando-se de processo mecânico a frio.

É utilizada para reciclagem e para reconstrução de pavimentos asfálticos. Para a operação, primeiramente deve-se interditar a via a ser fresada e com a espessura determinada em projeto deve ser fresado, utilizando-se de equipamento específico (Figura 3) com sistema autopropulsionado e com dispositivo de esteira para elevação do material fresado para a caçamba de caminhão basculante (BERNUCCI et al.,2008).

Já Departamento de Estradas de Rodagem/PR (DER/PR, 2005) afirma que fresagem é uma espécie de corte de uma ou mais camadas de um pavimento por intermédio de processo mecânico a frio. A espessura deve ser bem criteriosa, seguindo o projeto da via.

Após a remoção do pavimento, ele é posteriormente reciclado, o que, tendo em conta os materiais envolvidos, é altamente benéfico para o ambiente. Para este efeito, antes de executar a fresagem deve-se limpar a sujeira e resíduos da superfície do pavimento através de varrimento mecânico (DNIT, 2006).

3.4 RAP - Recycled Asphalt Pavement

Conforme Pereira (2017) RAP é o produto da trituração e remoção das camadas asfálticas deterioradas e podem ser reutilizadas para a elaboração de novas estradas.

Segundo Kallas (1984) esse termo é definido como materiais de pavimentação que são removidos ou reprocessados contendo asfalto e agregados. Esses materiais são gerados na remoção de pavimentos asfálticos para reconstrução ou recapeamento. Geralmente a maior parte do material produzido é reciclado e utilizado, embora nem sempre no mesmo ano em que é produzido. Esse material pode ser utilizado em misturas como uma base ou sub-base, como substituto de agregado e suplemento de cimento asfáltico em pavimentação de asfalto reciclado, agregado de base estabilizada e como um aterro ou material de enchimento.

As propriedades do RAP dependem das propriedades dos materiais constituintes e do tipo de concreto asfáltico usado no pavimento antigo. Também influenciam na composição,

o número de vezes que o pavimento foi recapeado e a quantidade de remendos (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2016).

4 | METODOLOGIA

Neste capítulo será explanado os materiais e métodos utilizados para a realização da pesquisa, ou seja, todos os ensaios utilizados para a caracterização dos materiais (solo e fresado de asfalto) além dos procedimentos de mistura e aferição do desempenho mecânico.

Para a realização da mistura, utilizou solo argiloso e resíduo fresado de pavimento asfáltico (RAP). A mistura foi utilizada para a aferição da resistência à compressão simples e resistência à tração por compressão diametral.

Após cura de 28 dias para bases de pavimentos, deve-se apresentar resistência à compressão simples igual ou superior à 2,1 MPa, conforme exige a ES-P-09/16 (DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUTURA, 2016), mas, no caso de vias vicinais, não há legislação que determine uma resistência mínima necessária. Os resultados obtidos foram extremamente baixos, por isso, adicionou-se 3% de cimento CP II – Z na mistura, diminuiu-se o período de cura para 7 dias e selecionou-se algumas misturas apenas, para realizar o ensaio.

As cinco misturas desenvolvidas com solo (S), fresado (F) e cimento, apresentaram as seguintes proporções: 1) 70%(S)/30%(F); 2) 60%(S)/40%(F); 3) 50%(S)/50%(F); 4) 40%(S)/60%(F) e 5) 30%(S)/70%(F).

4.1 Caracterização dos materiais

Foram efetuados ensaios de densidade real dos grãos (Figura 1a) conforme a norma DNER-ME 093 (DNIT, 1994), os ensaios de limite de liquidez (Figura 1b) e limite de plasticidade (Figura 1c), conforme a normativa DNER-ME 122 (DNIT, 1994) e DNER-ME 082 (DNIT, 1994), respectivamente.



Figura 1: a) Densidade real dos grãos, b) Limite de liquidez, c) Limite de plasticidade.

FONTE: Autoria própria.

Obteve-se como parâmetros do solo: densidade real dos grãos de 2,67, limite de liquidez de 56%, limite de plasticidade de 39% e índice de plasticidade de 17%.

Foram efetuados ensaios de granulometria do agregado graúdo e do agregado miúdo, seguindo os procedimentos prescritos pela norma ME 083 (DNIT, 1998), ensaio de massa específica real, sendo necessário separar o material em graúdo e miúdo de acordo com as exigências da ME 081 (DNIT, 1998). O agregado graúdo foi realizado conforme exposto na NBR NM 53 (ABNT, 2003), já o agregado miúdo conforme ME 084 (DNIT, 1995). Realizou-se também ensaio de teor de ligante, conforme a normativa ME 158 (DNIT, 2011), para determinar a porcentagem em massa de betume em mistura asfáltica, através do equipamento extrator Soxhlet e resultou em 7,22% de betume na mistura.

No Gráfico 1 apresenta-se a faixa granulométrica do resíduo (fresado) e as faixas A e B do DNIT para bases estabilizantes granulometricamente, conforme rege a norma ES 098 (DNIT, 2007).

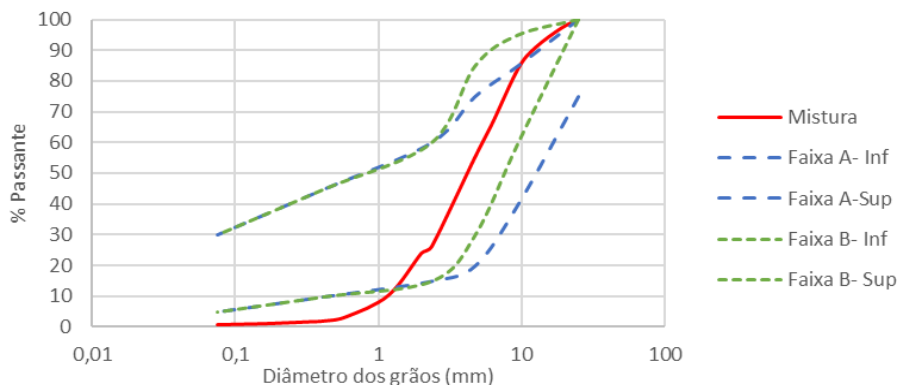


Gráfico 1: Curva Granulométrica do RAP.

FONTE: Autoria própria.

Nota-se que o resíduo (material fresado) necessita de material miúdo. Neste caso de bases de solo com material fresado, o mais indicado seria o cascalho. Como resultados da caracterização do resíduo de asfalto (RAP), obteve-se massa específica real do agregado miúdo de 2,47 g/cm³, do graúdo de 2,56 g/cm³, absorção do agregado miúdo de 18,13% e do miúdo de 8,96%.

4.2 Compactação

Para o ensaio de compactação (Proctor), foram seguidas as exigências da NBR 7182 (ABNT, 2016). A moldagem foi realizada com 3 camadas de solo, compactadas por um soquete correspondente a energia normal, aplicando-se 26 golpes uniformemente sobre cada camada de solo.

O cimento utilizado foi o CP II – Z - 32, o mesmo foi peneirado a fim de eliminar as bolas de cimento. Após todos os materiais preparados, os mesmos foram pesados. Misturou-se o solo e o RAP conforme cada proporção apresentada, totalizando uma massa total de 2,9 kg para cada corpo de prova. Em seguida, foi adicionado 3% de cimento para assim atingir a resistência necessária, conforme De Barba (2018).

Após realizado o ensaio obteve-se uma curva de compactação, que pode ser observada pelo Gráfico 2. O valor encontrado para a umidade ótima foi de 29% e o de massa específica aparente seca foi de 1,44 g/cm³ de massa específica aparente seca.

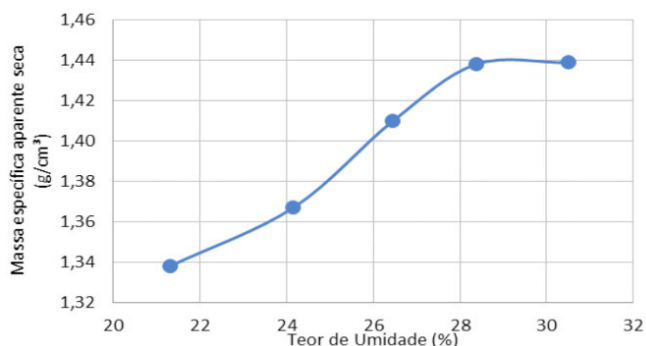


Gráfico 2: Curva de compactação.

FONTE: Autoria própria.

4.3 Comportamento mecânico

Conforme solicitações da norma ME 181 (DNIT, 1994), foram utilizados moldes com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm. Ainda seguindo as recomendações da norma, porém com algumas modificações, foram realizadas para a compactação 5 camadas com 42 golpes em cada, com auxílio do soquete grande.

Os materiais utilizados foram: solo, RAP e também adição de 3% de cimento, para atingir-se a resistência mínima desejada pela norma ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016), que cita a necessidade de apresentar 2,1 MPa de resistência à compressão simples, na mistura, ou mais, no período de 7 dias, para bases de pavimentos.

Para ensaio de resistência à compressão (RCS) e resistência à tração compressão diametral (RTCD) foram moldados 2 corpos de provas para cada, totalizando 4 corpos de prova para cada mistura. A moldagem foi feita conforme recomendado na norma ME 181 (DNIT, 1994). A norma ME 202 (DNIT, 1994) prevê a cura em câmara úmida, porém com a ausência da mesma, os corpos de provas foram colocados em caixas de isopor, pelo período de 7 dias, atendendo a norma para assim manter a temperatura e umidade constante.

Foram calculados os módulos de elasticidade tangente e secante por meio da curva

tensão x deformação dos resultados do rompimento de resistência à compressão simples. Obteve-se o valor do módulo tangente adotando um intervalo de tensão e dividindo pela diferença de deformação específica encontrada. Já o módulo de elasticidade secante foi definido por um parâmetro adotado, de 80% sob a resistência à compressão simples.

O ensaio de CBR foi realizado com a mistura de 60% RAP e 40% solo, que apresentou o melhor desempenho perante as outras. Conforme exposto na NBR 9895 (ABNT, 2017), foi aplicada energia de compactação normal, com 5 camadas de 12 golpes em cada. Para homogeneização da mistura utilizou-se o teor de umidade baseado nos resultados obtidos pelo ensaio de Proctor (29%).

4.4 Capilaridade

Para este ensaio foram seguidas as orientações da NBR 9779 (ABNT, 1995). Foram moldados dois corpos de prova para cada proporção (1) 90%(S)/10%(F); 2) 80%(S)/20%(F); 3) 70%(S)/30%(F); 4) 60%(S)/40%(F); 5) 50%(S)/50%(F); 6) 40%(S)/60%(F), 7) 30%(S)/70%(F), 8) 20%(S)/80%(F) e 9) 10%(S)/90%(F)), de forma idêntica aos do ensaio de resistência à compressão simples. Com 10 cm de diâmetro e 12 cm de altura, sendo que foram compactados em três camadas de 21 golpes cada. A cura também ocorreu em caixa de isopor, a fim de garantir a umidade da amostra, pelo período de 28 dias.

Inicialmente retirou-se da cura os dois corpos de prova de cada mistura, deixando os mesmos secarem em temperatura ambiente durante um período de 24 horas. Em seguida pesou-se os mesmos, obtendo o peso seco.

Posteriormente os corpos de prova foram dispostos em formas niveladas, sobre grades, com a finalidade de garantir que a base ficasse em contato com a água. Em seguida foi colocada a água no interior da forma, de modo que o nível ficasse 5mm acima da face inferior do corpo de prova.

No decorrer do ensaio, foi aferido a altura da ascensão capilar em centímetros e a massa dos corpos de prova com 3h, 6h, 24h, 48h e 72h, contadas a partir da colocação destes em contato com a água, determinando o peso úmido no respectivo tempo. Os mesmos foram previamente secos superficialmente com pano úmido. Após cada etapa os corpos de prova retornaram imediatamente ao recipiente de ensaio. E sempre que necessário foi adicionada a quantia necessária para que o nível de 5mm acima da face inferior fosse mantida.

4.5 Pista experimental

Após ensaios laboratoriais, definiu-se a mistura 6 (40% de solo e 60% de RAP), 7 (30% de solo e 70% de RAP) e 8 (20% de solo e 80% de RAP) como melhores misturas.

Executou-se a pista experimental, em parceria com a UNOESC Joaçaba, seguindo todas as prescrições da norma ME 098 (DNIT, 2007), que descreve como é executada qualquer via vicinal. Foram feitas três aberturas, de 50 cm por 70 cm, com 10 cm de profundidade.

Pesou-se os materiais e misturou-os, conforme cada teor. Posteriormente homogeneizou-se a mistura com teor de umidade ótima e despejou-o nas aberturas. Foram controlados teores de umidade, que foi definido pelo ensaio de compactação desenvolvido em laboratório (ME 213; DNER, 1994).

Para a primeira abertura utilizou-se a mistura de 80% de RAP e 20% de solo com 3% de cimento, para a segunda abertura a mistura era de 60% de RAP, 40% de solo e adição de 3% de cimento CP II Z 32. Já para a terceira e última abertura utilizou-se 70% de RAP e 30% de solo, com adição de 3% de cimento.

Em cada abertura colocou-se duas camadas de mistura e, cada camada foi compactada em energia intermediária. Após a finalização da pista, despejou-se uma camada de brita, para então poder acompanhar o desempenho ao longo do tempo das condições do clima e do tráfego, de forma visual. Essa avaliação visual acontecerá à cada determinado espaço de tempo, de preferência após período de chuva, pois a chuva acelera o processo erosivo, aliado ao tráfego de veículo e a presença de água.

Durante esse período de acompanhamento, será efetuado levantamento de fissuras, desagregações, problemas com drenagem, manutenções, tráfego que transita sobre o local (tipo e quantidade), precipitação diária.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios desenvolvidos, além de avaliação e discussão dos valores.

5.1 Comportamento mecânico

Referente ao comportamento mecânico das misturas desenvolvidas foi possível avaliar os parâmetros de resistência à compressão simples e resistência à tração por compressão diametral conforme apresentado no Gráfico 3a e b.

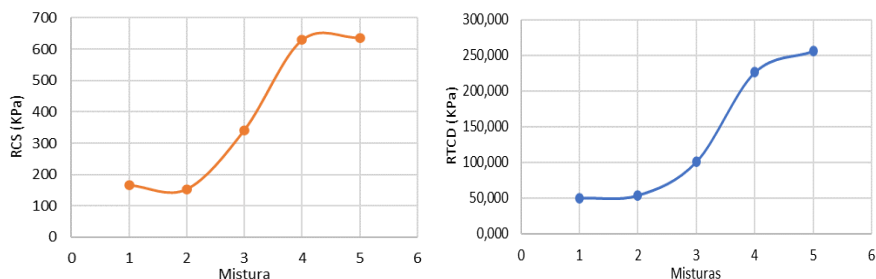


Gráfico 3: a) Resistência à compressão simples, b) Resistência à tração por compressão diametral.

FONTE: Autoria própria.

De forma geral os corpos de prova atingiram baixa resistência aos 7 dias, isso pode ser atribuído a baixa quantidade de cimento presente na mistura, já que é um aglomerante e possui características específicas para isso. É sabido que solos argilosos necessitam de quantidades superiores de cimento para atingir resistências consideráveis, porém isso aumentaria o custo da construção. Buscando uma solução para a utilização de fresado em vias de baixo tráfego, considera-se os resultados obtidos suficientes para a finalidade diante da inexistência de legislação que especifique uma resistência mínima para vias não pavimentadas.

Dentre as misturas testadas, observou-se que a mistura 5 apresentou resistência média superior as demais, e conseqüentemente chegou mais perto da resistência mínima exigida por norma para bases de pavimentos. A mistura 4 atingiu um ganho de resistência extremamente próximo.

Do ponto de vista economia-resistência, a mistura ideal seria a 4, com adição de 3% de cimento. Mas se a necessidade fosse maior resistência final, seria necessária a adição de maior quantidade de cimento ou a adição de materiais pétreos na mistura. As baixas resistências também podem ser dadas pela quantidade de água adicionada na mistura, acredita-se que quanto maior o teor de umidade, menos resistente é a mistura.

Após cura de 7 dias a norma ES-P-09/16 (DEINFRA, 2016) exige que a mistura reciclada apresente para bases de pavimentos, uma resistência à tração por compressão diametral igual ou superior à 0,25 MPa. Para a finalidade desejada não há recomendações em legislações. Apenas a mistura 5 atingiu a resistência mínima necessária, porém, para vias vicinais que é o objetivo da pesquisa, como o tráfego é menor, é recomendado utilizar as misturas 4 e 5, que possuem as maiores resistências.

Após cálculos dos módulos de elasticidade tangente e secante obteve-se o valor médio dos mesmos. Os valores encontrados foram expostos no Gráfico 4.

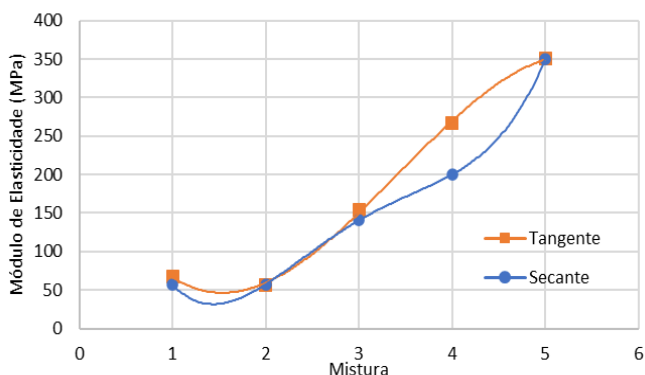


Gráfico 4: Módulo de elasticidade Secante e Tangente.

FONTE: Autoria própria.

Como o módulo de elasticidade se dá pela razão entre a tensão e a deformação específica, quanto menor é o módulo, maior é a deformação que o material apresenta. Por isso, acredita-se que quanto maior a quantidade de RAP presente, maior a capacidade do material se ajustar internamente, elevando assim a resistência e a deformação. Esse comportamento fica visível no gráfico acima, visto que as misturas com 60 e 70% de RAP apresentaram os maiores valores de módulo. Ao efetuar o dimensionamento da estrutura do pavimento, deve-se levar em consideração a capacidade de carga, a resistência ao carregamento vertical e longitudinal, além das deformações resultantes destes carregamentos. Portanto a avaliação dos módulos é importante para a aplicação no campo.

De forma a corroborar com os ensaios mecânicos foi desenvolvido o ensaio de CBR, buscando o índice de suporte Califórnia. No Gráfico 5a apresenta-se a massa específica aparente seca decorrente da umidade de compactação adotada para as misturas. No Gráfico 5b os resultados do índice de suporte Califórnia e no Gráfico 5c a expansão para cada umidade de moldagem.

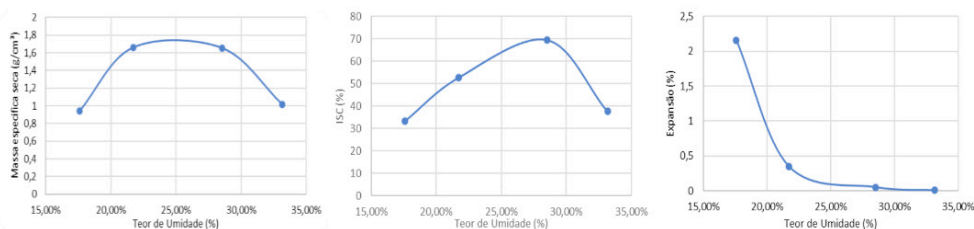


Gráfico 5: a) Massa específica aparente seca, b) Índice de Suporte Califórnia, c) Expansão.

FONTE: Autoria própria.

Baseando-se no ensaio de compactação, onde obteve-se a umidade ótima de compactação e a massa específica aparente seca máximo a ser obtida e campo, comparou-se com os resultados obtidos no ensaio de CBR, obtendo para a massa específica aparente seca máxima o valor de 1,60 g/cm³ para a umidade de 29%, Índice de suporte Califórnia de 69% e expansão de 0,2%. Todos os parâmetros encontrados são aceitáveis para aplicação da mistura como camada de base de pavimentos. Diante disso, analisou-se a ascensão capilar das misturas.

5.2 Capilaridade

A partir do ensaio de capilaridade foi possível aferir a absorção e a ascensão capilar de água nas diferentes misturas. Neste caso utilizou-se dois corpos de prova para cada mistura e com tempo de cura de 28 dias. A Tabela 1 apresenta os resultados da absorção média de água de cada mistura e o Gráfico 6, mostra os resultados médios obtidos quanto a ascensão capilar, ambos em períodos de 3, 6, 24, 48 e 72 horas.

Traço	3h	6h	24h	48h	72h
9	16,412	16,153	*	*	*
8	18,428	18,411	NI	NI	18,430
7	18,029	18,014	17,853	17,773	17,736
6	17,585	17,557	17,452	17,379	17,339
5	17,616	17,610	17,667	17,758	98,255
4	17,660	17,591	17,549	17,526	17,538
3	16,672	16,653	16,627	16,608	16,605
2	16,479	16,297	15,960	15,943	15,942
1	15,852	15,744	15,667	15,667	15,697

*: quebrado.

NI: não identificado.

TABELA 1: Absorção de água por capilaridade (g/cm²).

FONTE: Autoria própria.

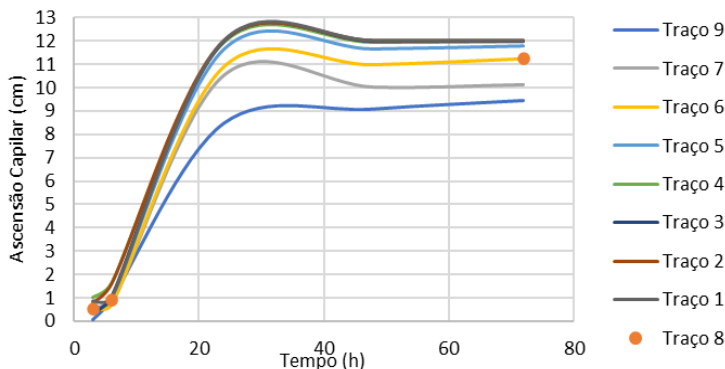


Gráfico 6: Ascensão capilar.

FONTE: Autoria própria.

Pode-se notar que quanto maior a porcentagem de RAP menor é a ascensão de água, a diferença é melhor percebida nas primeiras 3 misturas, onde as mesmas apresentaram uma diferença maior em relação as demais. A partir da mistura 4 o valor de ascensão em centímetros ocorre gradualmente quase de forma igualitária entre as amostras.

A menor ascensão capilar em misturas com maior quantidade de RAP se dá devido ao tamanho dos canalículos formados na estrutura, tornando o espaço necessário de preenchimento de água superior as misturas com maior quantidade de solo, principalmente devido ao solo ser argiloso e apresentar granulometria fina.

Ao aplicar as misturas em campo, deseja-se que as mesmas apresentem características adequadas de resistência aos esforços, de deformações elásticas e plásticas, da mesma fora de drenagem das águas. Apesar da execução de dispositivos de drenagem para escoamento das águas superficiais e das profundas, buscando a eliminação

da água do contato com as camadas inferiores do pavimento, muitas vezes não é possível a eliminação completa. Portanto adotar misturas que auxiliem ou retardem o caminhamento das águas no interior da camada é muito importante.

Diante dos resultados obtidos e da reutilização de material que hoje é um passivo ambiental, além da melhoria das vias vicinais, quanto ao conforto, segurança e durabilidade, recomenda-se a utilização das misturas com maior quantidade de RAP, porém vale ressaltar que o comportamento ao longo do tempo só será possível avaliar após o acompanhamento das pistas experimentais executadas.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

É visível a influência da variação do teor de RAP nas misturas, sendo possível observar que quanto maior for a porcentagem deste material, maior será a resistência.

Para a RCS nenhuma mistura atingiu o mínimo especificado pela norma, que é de 2,1 Mpa, para bases de pavimentos rodoviários. Para vias vicinais, não há legislação que determine uma resistência mínima necessária, por isso todas as misturas poderiam ser utilizadas. Porém o melhor resultado encontrado para os 7 dias de cura foi na mistura 5, que consiste em um teor de 30% de solo e 70% de RAP.

Para a resistência à tração por compressão diametral, a resistência mínima exigida por norma para bases estabilizantes é de 0,25 MPa, para o mesmo período de cura. Desta forma, nota-se que as misturas 3, 4 e 5, obtiveram a resistência requerida, mas a que mais se destacou foi a 5. Como não há uma resistência mínima exigida para vias vicinais, aconselha-se utilizar a mistura 4 e 5.

Os módulos de elasticidades calculados através das curvas de rompimento (Tensões x Deformações), também apresentaram melhores desempenhos com as maiores porcentagens de RAP, visto que maiores valores de módulos acarretam em menores deformações nos pavimentos, característica desejável na execução dessas estruturas.

Por fim, o resíduo de pavimento fresado (RAP) misturado ao solo, mostra-se como uma opção viável para se utilizar em vias vicinais, o que torna este método uma alternativa para a diminuição dos custos e dos passivos ambientais.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Universidade do Oeste de Santa Catarina pela disponibilização da estrutura e equipamento e ao Estado de Santa Catarina, representado pela Secretaria de Estado da Educação PROGRAMA DE BOLSAS UNIVERSITÁRIAS DE SANTA CATARINA – UNIEDU ART. 171.

REFERÊNCIAS

ABDOU, Moisés Ribeiro. **Recuperação e Reforço de Pavimentos**. New Roads. Brasília, 2015. Disponível em: <https://newroads.com.br/recuperacao-e-reforco-de-pavimentos/>. Acesso em: 22 de março de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181 – **Solo: Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182 – **Solo – Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779 – **Argamassa e concreto endurecido - Determinação da absorção da água por capilaridade - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9895 – **Solo - Índice de suporte Califórnia**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53 – **Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2003.

BAESSO, D. P. GONÇALVES, F. L. R. **Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção**. Florianópolis, 2003. 204 p. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258205/1/Alves_MichelleAparecidaNicola_M.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2019.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. DER/PR - ES - P 31/05. **Pavimentação: Fresagem a frio**. Curitiba – PR. 2005.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA. DEINFRA SC – ES – P – 09. **Pavimentação: reciclagem profunda de pavimentos**. Florianópolis, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 081– **Agregados – Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo**. Rio de Janeiro, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 082 – **Solo – Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 083 – **Agregados – Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 084 – **Agregado Miúdo – Determinação da densidade real**. Rio de Janeiro, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 093 – **Solos – Determinação da densidade real**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ES 098 - **Pavimentação – base estabilizada granulometricamente com utilização de solo**. Rio de Janeiro, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 122 – **Solo – Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 158 - **Misturas asfáltica – Determinação na porcentagem de betume em mistura asfáltica utilizando o extrator Soxhlet**. Rio de Janeiro, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 181 – **Solos estabilizados com cinza volante e cal hidratada – determinação da resistência à tração por compressão diametral**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 201 – **Solo-cimento – compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. ME 202 – **Solo-cimento – moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Conservação Rodoviária**. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT. **Manual de Pavimentação, 2006**. Disponível em: <<https://www.unipublicabrasil.com.br/uploads/materiais/7b79b026e4a54ac5634bbf7265d3077d08082017203025.pdf>>. Acesso: 05 de fevereiro de 2019.

DE BARBA, Alexandre Filipe. **Avaliação do teor de rap no comportamento mecânico de misturas recicladas com adição de cimento**. Joaçaba, SC, 2018. Disponível em: <<http://pergamum.unoesc.edu.br/pergamumweb/vinculos/000031/00003142.pdf>>. Acesso em: 02 de novembro de 2020.

HANASHIRO, F. **Importância da Manutenção e Recuperação de Estradas Vicinais**. Goiânia, 2016. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2016a/engenharias/Estradas%20vicinais.pdf>>. Acesso em: 6 de maio de 2020.

KALLAS, B.F. **Projeto de mistura de pavimento flexível usando concreto asfáltico recuperado**. Rio de Janeiro, 1984.

NUNES, T.V.L. **Método de Previsão de Defeitos em Estradas Vicinais de Terra**. 2003, 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2003 apud CRUZ, A. V. **Estradas Vicinais: Abordagem Pedológica, Geotécnica, Geométrica e de Serventia de Dois Trechos Rodoviários Não-Pavimentados no Campus da UFV – MG**. 2005, 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) □ Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258205/1/Alves_MichelleAparecidaNicola_M.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2019.

ODA, S. **Caracterização de uma Rede Municipal de Estradas não-pavimentadas**. 1995, 186 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258205/1/Alves_MichelleAparecidaNicola_M.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2019.

PEREIRA, Rodrigo. **Técnicas e tendências dos processos de restauração de rodovias**. Rio Grande do Sul, 21 de novembro de 2017. Disponível em:< http://www.sinicesp.org.br/boletins/realizados/2017_11_21/apresentacao3.pdf>. Acesso em: 22 de outubro de 2020.

SANTOS, A. R.; PASTORE, E. L.; AUGUSTO JR, F.; CUNHA, M. A. **Estradas Vicinais de Terra: Manual Técnico para Conservação e Recuperação**. 2^a. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1988, 125 p. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258205/1/Alves_MichelleAparecidaNicola_M.pdf>. Acesso em: 12 de março de 2019.

SILVEIRA, Luiz. **A Recuperação Do Pavimento Asfáltico Urbano**. São Paulo, 2014. Disponível em:< <https://docplayer.com.br/61227724-A-recuperacao-do-pavimento-asfaltico-urbano.html>>. Acesso em: 09 de novembro de 2020.

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