

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# **DESAFIOS E IMPACTO DAS ENGENHARIAS NO BRASIL E NO MUNDO**

**Carlos Augusto Zilli  
(Organizador)**



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# **DESAFIOS E IMPACTO DAS ENGENHARIAS NO BRASIL E NO MUNDO**

**Carlos Augusto Zilli  
(Organizador)**



**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 Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**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.



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

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. 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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
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. 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 Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa 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 Gonçalves 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 Miraniide 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 Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
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 Britto 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 Atilio 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 Ramírez – 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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
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  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
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



## Desafios e impacto das engenharias no Brasil e no mundo

**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)

D441 Desafios e impacto das engenharias no Brasil e no mundo /  
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 978-65-5983-132-6  
DOI 10.22533/at.ed.326210106

1. Engenharia. I. Zilli, Carlos Augusto (Organizador). II.  
Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

Esta obra, intitulada “Desafios e Impacto das Engenharias no Brasil e no Mundo”, apresenta 17 capítulos que abordam pesquisas relevantes sobre os impactos e desafios enfrentados pela engenharia mundo afora, tais como: Saneamento Básico, Concreto em Situações de Incêndio, Sistemas de Monitoramento Térmico em Construções, Estabilidade de Solos, Auditoria de Barragens, Rotas Rodofluviais, Políticas Públicas e Compostos Bioativos.

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.

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**

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO IMPACTO DA VARIAÇÃO DE CURVAS GRANULOMÉTRICAS DENSAS NO NÍVEL DE ABSORÇÃO SONORA DE MISTURAS ASFÁLTICAS**

Bettina Buchholz  
Breno Salgado Barra  
Yader Guerrero Pérez  
Alexandre Mikowski  
Marcelo Heidemann  
Helena Paula Nierwinski  
Daniel Hastenp lug

**DOI 10.22533/at.ed.3262101061**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

**DESIGN FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (DFMEA) OF THE ROD OF THE SUBSEA PIPELINE LOCKING SYSTEM IN AN OPEN PLET**

Raphael Basilio Pires Nonato  
Weslley Souza Gouvêa

**DOI 10.22533/at.ed.3262101062**

### **CAPÍTULO 3..... 29**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE OPÇÕES PARA A DISTRIBUIÇÃO DE CORDOALHAS EM LAJES LISAS PROTENDIDAS SEM ADERÊNCIA**

Anselmo Leal Carneiro  
Lorenzo Augusto Ruschi e Luchi

**DOI 10.22533/at.ed.3262101063**

### **CAPÍTULO 4..... 43**

**PROPOSTA DE UM MÉTODO SIMPLIFICADO PARA ANÁLISE DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO**

Marcelo Mesquita do Amaral  
Mauro de Vasconcellos Real

**DOI 10.22533/at.ed.3262101064**

### **CAPÍTULO 5..... 58**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO DE UMA HABITAÇÃO EM WOOD FRAME NA CIDADE DE SÃO CARLOS – SP**

Alexandre Rodriguez Murari  
Guilherme Côrrea Stamato  
Victor José dos Santos Baldan  
Javier Mazariegos Pablos

**DOI 10.22533/at.ed.3262101065**

### **CAPÍTULO 6..... 68**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO TÉRMICO DE BAIXO CUSTO PARA ÁREAS DE**

## ARMAZENAMENTO DE MEDICAMENTOS

Anderson Natel Soares

**DOI 10.22533/at.ed.3262101066**

## **CAPÍTULO 7..... 71**

### DESENVOLVIMENTO DE PAINEL RECONSTITUÍDO PLÁSTICO-MADEIRA DE BAIXA DENSIDADE

Alice Fontineles Ribeiro

Marcio Franck de Figueiredo

Jose Leonardo dos Santos Carvalho

Fabiana Martins Souza da Silva

Juliana Fonseca Cardoso

**DOI 10.22533/at.ed.3262101067**

## **CAPÍTULO 8..... 78**

### SANEAMENTO BÁSICO E ENTEROPARASIToses: INFLUÊNCIA DIRETA NA RELAÇÃO SAÚDE-DOENÇA

Bianca Vallery Fabiano

Leonardo Muniz Belizário

Andressa Cristina Kretschmer

Rodrigo José Paiva Cruz

Isis Carolina Massi Vicente

Daniela Sikorski

Luana Aparecida Cossentini

**DOI 10.22533/at.ed.3262101068**

## **CAPÍTULO 9..... 85**

### A APLICAÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NO CONTEXTO DO SANEAMENTO BÁSICO NA GESTÃO MUNICIPAL DE BELÉM, ANANINDEUA E CASTANHAL-PA, NO PERÍODO ENTRE 2010 A 2018

Educélio Gaspar Lisbôa

Leonardo Augusto Lobato Bello

Érico Gaspar Lisbôa

Heriberto Wagner Amanajás Pena

**DOI 10.22533/at.ed.3262101069**

## **CAPÍTULO 10..... 102**

### CRITÉRIOS DE SENIORIDADE E NÍVEIS SUBSEQUENTES PARA CLASSIFICAÇÃO DE AUDITORES DE BARRAGENS

Rafaela Baldi Fernandes

Karina Livia Vieira

Felipe Daiha Alves

**DOI 10.22533/at.ed.32621010610**

## **CAPÍTULO 11..... 113**

### DESEMPENHO MECÂNICO DE DIFERENTES SOLOS ESTABILIZADOS COM CAL HIDRATADA

Aloísio Felipe de Pádua Lima

Diogo Antonio Correa Gomes  
Eduardo Hélio de Novais Miranda  
Luís Eduardo Silveira Dias  
Pedro Luiz Terra Lima

**DOI 10.22533/at.ed.32621010611**

**CAPÍTULO 12..... 120**

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE ROTAS RODOFLUVIAIS NA CIDADE DE MARABÁ-PA  
COMO APOIO AO TRANSPORTE URBANO**

Isaac Gabriel Peixoto Borges de Oliveira  
Alan Monteiro Borges  
Nuria Pérez Gallardo

**DOI 10.22533/at.ed.32621010612**

**CAPÍTULO 13..... 127**

**ANÁLISE DE AEROFÓLIOS DE ALTA SUSTENTAÇÃO PARA APLICAÇÃO EM  
AERONAVE CARGUEIRA NÃO TRIPULADA DA EQUIPE ARAERO AERODESIGN**

Jéssica Sales Pereira dos Santos  
João Pedro Avancini Dias  
Antonio Ricardo Grippa Satiro

**DOI 10.22533/at.ed.32621010613**

**CAPÍTULO 14..... 146**

**ESTUDO ANALÍTICO, DIMENSIONAMENTO E FABRICAÇÃO DE UM VENTILADOR  
CENTRÍFUGO COM PÁS CURVADAS PARA TRÁS E TRAÇADO DAS CURVAS  
CARACTERÍSTICAS**

Carlos Alberto da Maia  
Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.32621010614**

**CAPÍTULO 15..... 156**

**ESTUDO ANALÍTICO DE UM VENTILADOR CENTRÍFUGO E CONFECÇÃO DE UMA  
BANCADA EXPERIMENTAL**

Carlos Alberto da Maia  
Marco Antonio Sampaio Ferraz de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.32621010615**

**CAPÍTULO 16..... 167**

**INFLUÊNCIA DA IMPREGNAÇÃO CONTRA DEMANDA BIOLÓGICA NAS PROPRIEDADES  
FÍSICO-MECÂNICAS DAS MADEIRAS DE CAIXETA (*Simarouba amara*)**

Andréa de Souza Almeida  
Gabriel Criscuolo  
Francisco Antonio Rocco Lahr  
André Luis Christoforo

**DOI 10.22533/at.ed.32621010616**

**CAPÍTULO 17..... 180**

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS BIOACTIVOS EN**

PURÉ INSTANTÁNEO DE DIEZ CLONES DE PAPAS NATIVAS (*Solanum tuberosum*)  
CULTIVADAS EN ANDAHUAYLAS

Carlos Alberto Ligarda Samanez

David Choque Quispe

Betsy Suri Ramos Pacheco

Elibet Moscoso Moscoso

**DOI 10.22533/at.ed.32621010617**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>192</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>193</b>

# CAPÍTULO 1

## AVALIAÇÃO COMPARATIVA DO IMPACTO DA VARIACÃO DE CURVAS GRANULOMÉTRICAS DENSAS NO NÍVEL DE ABSORÇÃO SONORA DE MISTURAS ASFÁLTICAS

Data de aceite: 25/05/2021

Data de submissão: 24/02/2021

**Daniel Hastenpflug**

Universidade Federal de Santa Catarina  
(UFSC)

Joinville – SC

<http://lattes.cnpq.br/7563604853609620>

**Bettina Buchholz**

Universidade Federal de Santa Catarina  
(UFSC)

Joinville – SC

<http://lattes.cnpq.br/5049004361552738>

**Breno Salgado Barra**

Universidade Federal de Santa Catarina  
(UFSC)

Joinville – SC

<http://lattes.cnpq.br/2025525990806416>

**Yader Guerrero Pérez**

Universidade Federal de Santa Catarina  
(UFSC)

Joinville – SC

<http://lattes.cnpq.br/7760597238169813>

**Alexandre Mikowski**

Universidade Federal de Santa Catarina  
(UFSC)

Joinville – SC

<http://lattes.cnpq.br/9095069694057203>

**Marcelo Heidemann**

Universidade Federal de Santa Catarina  
(UFSC)

Joinville – SC

<http://lattes.cnpq.br/5642066924918215>

**Helena Paula Nierwinski**

Universidade Federal de Santa Catarina  
(UFSC)

Joinville – SC

<http://lattes.cnpq.br/4640632012639918>

**RESUMO:** O objetivo deste estudo é avaliar comparativamente o impacto da variação de curvas granulométricas no nível de absorção sonora de misturas asfálticas. Para tanto, as composições granulares foram compostas com base no método teórico, utilizando a equação de Füller-Talbot. Foram analisadas três curvas granulométricas, com características densa (*Béton Bitumineux Semi-Grenus* - BBSG), semi-densa (*Béton Bitumineux Très Mince* - BBTM) e aberta (*Béton Bitumineux Drainante* - BBDr), compreendendo a variação do diâmetro considerado máximo na série de peneiras, 19,1mm (BBSG) e 12,7mm (BBTM e BBDr), bem como da inserção de descontinuidade fracionária no intervalo 2/6mm (BBTM e BBDr). Os granulares utilizados provêm de britagem de rocha gnáissica e os ligantes betuminosos de penetração 30/45 (0,1mm) para a mistura BBSG e com matriz base de penetração 50/70 com adição de 4% de polímero Estireno-Butadieno-Estireno (SBS) (Poliflex 60/85) para as misturas BBTM e BBDr. As misturas asfálticas foram produzidas no Laboratório de Desenvolvimento e Tecnologia em Pavimentação (LDTPav) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Joinville, a partir da metodologia Marshall, em função de ser oficialmente adotada no Brasil pelo Departamento Nacional



de Infraestrutura de Transportes (DNIT). As medidas de absorção sonora foram efetuadas com o equipamento denominado tubo de impedância acústica, do Centro de Pesquisas (CENPES) da Petrobrás, a fim de determinar o coeficiente de absorção sonora das misturas asfálticas. Os resultados obtidos indicam que a concepção de curvas granulométricas que compreendem descontinuidades em sua distribuição fracionária (BBTM e BBD<sub>r</sub>), a partir da geração de maior volume de vazios na estrutura interna do material, são mais eficientes na propiciação de absorção sonora em relação às misturas densas (BBSG). Sendo assim, são mais recomendadas para uso em camadas superficiais de rolamento nas estruturas de pavimento. Em contrapartida, a natureza do ligante betuminoso parece não influenciar de forma decisiva nesta propriedade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Curva granulométrica; mistura asfáltica; absorção sonora; ruído.

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF AGGREGATE GRADATION IMPACT ON THE SOUND ABSORPTION LEVEL OF DENSE ASPHALT MIXES

**ABSTRACT:** The main aim of this research is to evaluate comparatively the impact of distinct aggregate gradations on the sound absorption level of asphalt mixes. The granulometric curves were formulated based on the theoretical method of Füller-Talbot, in order to determine the gradation of the material. Three granulometric curves were analyzed, so-called as dense (Béton Bitumineux Semi-Grenus - BBSG), semi-dense (Béton Bitumineux Très Mince - BBTM) and opened (Béton Bitumineux Drainante - BBD<sub>r</sub>), comprising the variation of the maximum diameter of the sieve opening series, 19,1mm (BBSG) e 12,7mm (BBTM and BBD<sub>r</sub>), as well as the insertion of fractional discontinuity in the interval 2/6mm (BBTM and BBD<sub>r</sub>). The granular fractions are provided by gneissic crushed massive rock and the asphalt binders have penetration 30/45 (0,1mm) for BBSG and a base matrix 50/70 added to 4,0% of polymer Styrene-Butadiene-Styrene (SBS) for BBTM and BBD<sub>r</sub>. The asphalt mixes were produced in the Laboratório de Desenvolvimento e Tecnologia em Pavimentação (LDTPav) from Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Joinville, taking into account the Marshall methodology, due to be officially homologated in Brazil by Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), thus, applied in road works. The sound absorption measurements were carried out at Centro de Pesquisas (CENPES) from Petrobrás, with an equipment so-called acoustic impedance tube, aiming at to determine the sound absorption coefficients of the asphalt mixes produced in laboratory. The results obtained indicate that the conception of semi-dense and opened granulometric curves, mainly those with fractional discontinuities as BBTM and BBD<sub>r</sub>, provide higher air void volumes and, consequently, better sound absorption capacity than dense asphalt mixes, such as BBSG, being more recommended to be used as surface layers in pavement structures. In addition, the nature of the asphalt binder seems not to be decisively influent in this property.

**KEYWORDS:** Aggregate gradation; Asphalt mix; Sound absorption; Noise.

## 1 | INTRODUÇÃO

Veículos de carga e transporte de passageiros expõem seus usuários, operadores e tripulação a longos períodos de exposição a ruídos. Porém, este não é um problema apenas para os ocupantes destes meios de transporte, visto que a poluição sonora figura

no topo da lista de reclamações dos cidadãos. O controle deste problema pode ser feito atuando mecanicamente sobre as principais fontes irradiantes de som, buscando obter a maior redução de energia sonora emitida [OLIVEIRA, 2007].

A totalidade de ruído emitido por um veículo é determinada pela junção de duas fontes predominantes, sendo elas a interação do pneu com o pavimento e o ruído proveniente do motor. Quando em velocidades baixas, o ruído dominante provém do motor do veículo, já em velocidades altas, acima de 40 Km/h, o ruído dominante é advindo da interação pneu/pavimento [SANDBERG e EJSMONT, 2002].

A geração de ruído devido à interação pneu-pavimento está relacionada com a velocidade do movimento do veículo, além disso, é também afetado por características como o tipo de pneu utilizado, seu material, estrutura e largura e pressão de insuflagem, tendo ainda como fatores relevantes, a textura da superfície do pavimento, bem como sua capacidade de absorção sonora [OBSERVATOIRE DU BRUIT EN LLE DE FRANCE, 2011].

Ao considerar os aspectos da superfície do pavimento, os principais responsáveis pela geração de ruído são a macrotextura e a megatextura da pista de rolamento, além de influenciarem na resistência ao rolamento e conseqüentemente causar maior consumo de combustível, desconforto dos ocupantes do veículo e desgaste dos pneus [CALLAI, 2011].

Um das maneiras de interferir no nível de ruído gerado pela interação pneu/pavimento é a utilização de pavimentos mais silenciosos. A rigidez do pavimento influencia na geração de ruído pneu/pavimento. Pavimentos rígidos, mesmo apresentando textura mais lisa, produzem maior ruído em comparação com pavimentos flexíveis, sendo assim, uma mistura asfáltica que apresenta menor rigidez, tenderá a reduzir as forças de impacto transmitidas ao pneu, atenuando assim, o nível de vibração do contato [KNABBEN et. al., 2018].

Nesse contexto, o presente trabalho avalia o nível de absorção sonora de três tipos distintos de misturas asfálticas, a saber: Béton Bitumineux Drainante (BBDr), Béton Bitumineux Très Mince (BBTM) e Béton Bitumineux Semi-Grenus (BBSG), de características granulométricas aberta, semi-densa e densa. Os corpos de prova foram moldados no compactador Marshall por ser a metodologia oficialmente adotada no Brasil pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e a absorção sonora foi medida com o uso do tubo de impedância de Kundt.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O material pétreo utilizado é oriundo de britagem de maciço rochoso gnáissico e foi obtido a partir de jazida situada na região metropolitana de Joinville/SC, pertencente à empresa Rudnick Minérios Ltda.

No que diz respeito aos ligantes betuminosos, a amostra de penetração 30/45 (0,1 mm) em sua forma pura foi fornecida pela refinaria REPLAN da Petrobrás S.A, localizada

na cidade de Paulínia/SP. A matriz base de penetração 50/70 (0,1mm) modificada com 4% de polímero Estireno-Butadieno-Estireno (SBS), denominada Poliflex 60/85, é proveniente de distribuidora CBB Asfaltos, situada em Curitiba/PR.

As misturas asfálticas utilizadas nesta pesquisa foram concebidas granulometricamente de acordo com os princípios normativos franceses [MANUEL LPC, 2007], recebendo a seguinte denominação: *Béton Bitumineux Semi-Grenus* (BBSG), *Béton Bitumineux Très Mince* (BBTM) e *Béton Bitumineux Drainante* (BBDr). No Brasil, estas formulações recebem os nomes de mistura asfáltica densa, muito delgada e drenante, nesta ordem.

A formulação BBSG foi reproduzida da pesquisa de [BARRA, 2009], enquanto a BBTM e a BBDr do trabalho de [FAGUNDES, 2020]. A Figura 1 ilustra as distribuições granulométricas das misturas asfálticas.

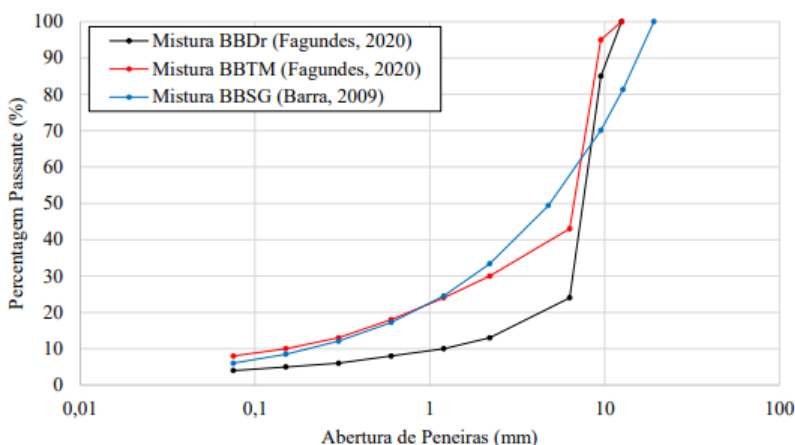


Figura 1 - Curvas Granulométricas das Misturas Asfálticas BBSG, BBDr e BBTM.

Fonte: Autor (2020).

É importante destacar que a mistura BBSG foi composta integralmente por frações granulares gnáissicas, enquanto as misturas BBTM e BBDr tiveram cada uma o aporte de 2,0% de cal hidratada CH-1 no percentual passante na peneira de abertura 0,075mm, pois como se tratam de formulações que possuem descontinuidades na composição granulométrica no intervalo 2/6mm (Figura 1), possuem maior volume de vazios em suas estruturas internas. Logo, necessitam do aporte de material com característica pozolânica para formação de um mástique resistente, capaz de auxiliar na melhor ancoragem do ligante betuminoso às frações granulares, inibindo a desagregação do material quando submetido ao carregamento solicitante no campo [CLARA et. al., 2020].

Com base na Equação 1 de Füller-Talbot, tem-se que as curvas granulométricas apresentadas na Figura 1 possuem os seguintes expoentes “n” de graduação: 0,51 (BBSG);

0,49 (BBTM) e 0,63 (BBDr). Os dois primeiros expoentes se enquadram na graduação densa, enquanto o último na graduação aberta. Porém, deve ser feita a ressalva de que como a mistura BBTM possui descontinuidade fracionária no intervalo 2/6mm, cabe de forma mais adequada enquadrá-la na graduação semi-densa [DNIT, 2006].

$$n = \frac{\log(\%p_{0,075\text{mm}}) - \log(100)}{\log\left(\frac{0,075}{D}\right)} \quad (1)$$

Onde D é o diâmetro máximo, correspondente à abertura da peneira em que passa 100% das frações (mm), n é o expoente indicador de graduação da curva (se mais aberta ou mais densa, por exemplo) e  $\%p_{0,075\text{mm}}$  é o percentual passante na menor abertura de peneira da série (0,075mm).

Os teores de ligante betuminoso, em peso, adotados para a dosagem das misturas asfálticas foram os mesmos considerados como ótimos pelas pesquisas já mencionadas de [BARRA, 2009] e [FAGUNDES, 2020], a saber: 4,86% (BBSG) e 4,22% (BBTM e BBDr). As amostras foram produzidas a partir do compactador Marshall, totalizando 30 corpos de prova (20 BBSG, 5 BBTM e 5 BBDr), devido ser a metodologia oficialmente adotada no Brasil pelo DNIT [DNIT - ME 043, 1995].

A partir das medições geométricas dos corpos de prova e da realização de procedimento a vácuo, com pressão de 0,05MPa [ABNT NBR 15619, 2012], foram determinadas as massas volumétricas aparente (MVA) e real (MVR) das misturas asfálticas, bem como o teor de vazios (%V). A Tabela 1 apresenta os valores médios obtidos.

Mistura Asfáltica	MVA (g/cm³)	MVR (g/cm³)	V (%)
BBSG	2,587	2,743	5,7
BBTM	2,314	2,594	10,8
BBDr	2,136	2,562	16,6

Tabela 1 - Propriedades Volumétricas das Misturas Asfálticas.

Fonte: Autor (2020).

Entretanto, nesta pesquisa, a ideia foi constituir amostras que representassem as condições de superposição das camadas asfálticas no campo, a fim de que fossem simuladas as propagações das ondas sonoras em um ambiente mais próximo possível da situação prática. Para tanto, foram montados 15 conjuntos de amostras com as configurações apresentadas na Tabela 2.

Conjunto N°	Posição	Composição
1-5	1ª Camada	BBSG
	2ª Camada	BBSG
6-10	1ª Camada	BBTM
	2ª Camada	BBSG
11-15	1ª Camada	BBDr
	2ª Camada	BBSG

Tabela 2 - Composição dos Conjuntos de Amostras.

Fonte: Autor (2020).

Cabe esclarecer que as composições apresentadas na Tabela 2. representam na 1ª camada as superfícies de rolamento, ou seja, aquelas que estarão diretamente em contato com os pneumáticos quando da aplicação das cargas solicitantes no campo. Já a 2ª camada desempenha a função de ligação (*binder*) entre as camadas de rolamento e estruturais do pavimento (Figura 2).



Figura 2 - Estrutura do Pavimento com as Camadas de Rolamento e de Ligação.

Fonte: Autor (2020).

A adesão entre as superfícies dos corpos de prova para compor a superposição das amostras foi viabilizada com a aplicação de emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta (RL-1C) (Figura 3), usualmente utilizada em obras de pavimentação para a execução dos serviços de pintura de ligação, em que as seguintes dosagens foram adotadas a partir da curva granulométrica: 0,8 l/m<sup>2</sup> (BBSG), 0,9 l/m<sup>2</sup> (BBTM) e 1,0 l/m<sup>2</sup> (BBDr). Cabe ressaltar que as dosagens adotadas estão conformidade com as especificações brasileiras [DNIT - ES 145, 2012] para aplicações de emulsões diluídas em pinturas de ligação.



Figura 3 - Aplicação da Emulsão na Interface dos Conjuntos de Amostras.

Fonte: Autor (2020).

Outro aspecto importante a ser destacado é que a emulsão RL-1C foi utilizada em substituição à de ruptura rápida RR-1C, pois como duas das três curvas granulométricas possuem descontinuidades (BBTM e BBDr; Figura 1), ou seja, com maior quantidade de vazios (Tabela 1), conseqüentemente mais rugosa, verificou-se que seria prudente aplicar uma emulsão que permitisse maior tempo de ruptura, a fim de propiciar uma adesão mais efetiva das superfícies. Assim, para que não houvesse distinção entre as emulsões utilizadas entre os conjuntos de amostras, foi adotada a mesma para todos. O tempo médio de ruptura foi de 72h.

Para compor as camadas de ligação, a mistura BBSG foi escolhida em razão de suas características serem destinadas também a este tipo de funcionalidade no projeto de pavimentos reais [MANUEL LPC, 2007]. Para manter a 2ª camada como uma variável constante no processo de tomada das medições de absorção sonora, tendo-se como única variante nos experimentos a camada superficial.

A Figura 4 ilustra os conjuntos dos corpos de prova constituídos após os procedimentos de aplicação da emulsão RL-1C em suas interfaces.



Figura 4 - Conjuntos de Amostras Após a Aplicação da Emulsão em suas Interfaces: Esquerda (BBDr/BBSG), Centro (BBTM/BBSG) e Direita (BBSG/BBSG).

Fonte: Autor (2020).

Para a realização das medições absorção sonora dos conjuntos de amostras descritos, foi utilizado um tubo de impedância, também denominado de tubo de Kundt. O equipamento utilizado pertence ao Centro de Pesquisas (CENPES) da Petrobrás.

O tubo utilizado é feito em aço inoxidável, com diâmetro interno de  $101,6\text{mm} \pm 1,0\text{mm}$ ,  $1000,0\text{mm}$  de altura, dispendo ainda de uma chapa de aço perfurada em sua base, com dimensões de  $30,0\text{cm} \times 30,0\text{cm} \times 0,03\text{cm}$ , a fim de evitar perda da propagação sonora na área de contato com os corpos de prova. O posicionamento entre os pontos de captação dos microfones é de  $68,0\text{mm}$ .

Os conjuntos de corpos de prova foram colocados no interior da base do tubo, a fim de que recebessem diretamente as ondas sonoras propagadas pela caixa amplificadora acoplada a um flange na parte superior (Figura 6), sem qualquer interferência entre a fonte emissora e o material receptor.

Foram definidas as faixas de frequência: mínima (250Hz), central (1260Hz) e de corte (1980Hz) para que não houvesse problemas na propagação das ondas sonoras. As determinações do coeficiente de absorção sonora ( $\alpha$ ) foram realizadas em cada conjunto amostral, obtendo-se o resultado médio em cada caso. O processamento dos dados obtidos nos testes para as representações gráficas foi desenvolvido com o uso da ferramenta computacional MatLab.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado obtido para o conjunto amostral BBSG/BBSG apresentou valor médio de 0,25 para o coeficiente de absorção sonora ( $\alpha$ ), comportando oscilação a partir de 1800Hz, em que o valor médio de " $\alpha$ " até 1900Hz foi 0,18. Para a frequência de 1000 Hz, considerada crítica quanto ao incômodo gerado pelo ruído pneu-pavimento, o valor obtido foi de 0,26 (Figura 5).

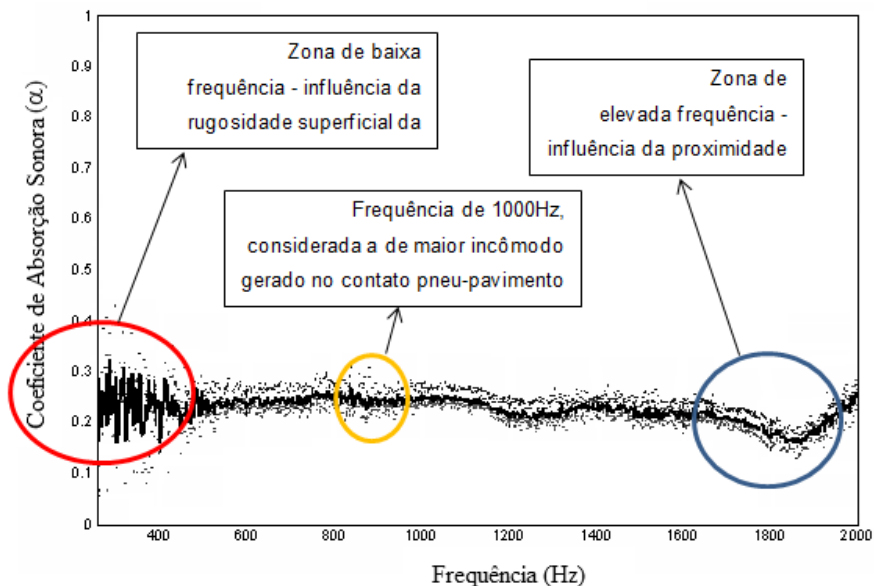


Figura 5 - Curva de absorção sonora em relação à frequência do conjunto BBSG/BBSG.

Fonte: Autor (2020).

Destaca-se também a forte variação de 'a' para frequências abaixo de 600Hz, o que pode ser atribuído à rugosidade superficial das misturas asfálticas associada à menor velocidade de propagação das ondas a baixas frequências, mais sensíveis à modificação de trajetória que em condições mais rápidas de incidência.

A partir de 1800Hz, percebe-se a influência da proximidade à frequência de corte ' $f_c$ ' de 2000Hz, em que as ondas sonoras não se propagam de forma plana, mas em trajetórias laterais ou cilíndricas, gerando perturbações no ponto de captação.

Verificar-se que estas tendências abaixo de 600Hz e acima de 1800Hz se repetem para todos os conjuntos amostrais testados, ratificando o raciocínio apresentado.

No caso dos conjuntos BBTM/BBSG, é perceptível que as oscilações de ' $\alpha$ ' que ocorreram abaixo de 600Hz são de maior escala que no conjunto BBSG/BBSG (Figura 5). Isto se explica pela descontinuidade granulométrica da mistura asfáltica BBTM no intervalo fracionário 2/6mm (Figura 1), formando uma superfície com maior rugosidade que a BBSG, de característica densa. Como resultado, tem-se maior difusão das ondas reflexivas propagadas a baixa frequência.



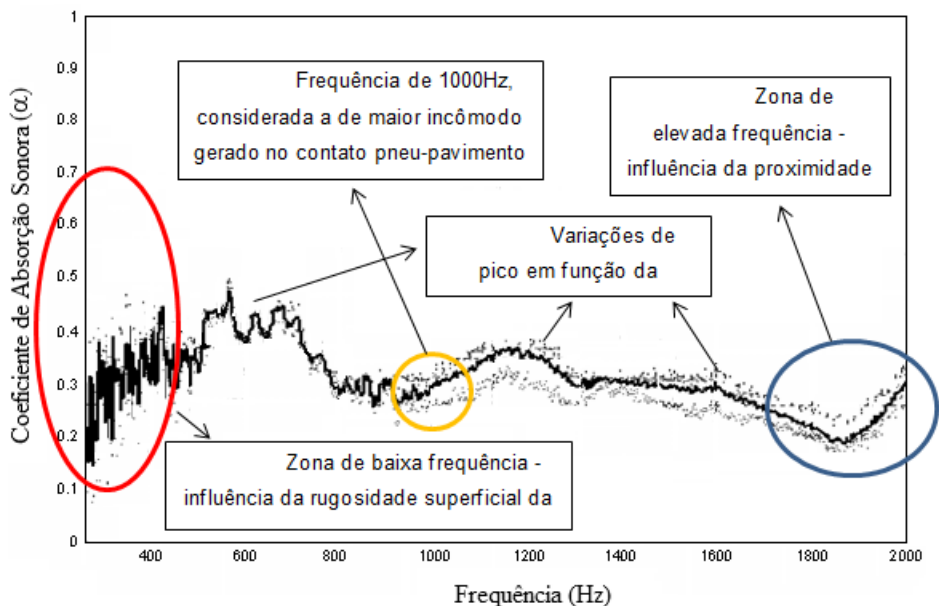


Figura 6 - Curva de absorção sonora em relação à frequência da mistura asfáltica BBTM.

Fonte: Autor (2020).

Em contrapartida, também é notória a maior absorção sonora da mistura BBTM em comparação à BBSG, em razão da maior presença do volume de vazios (%V) (Tabela 1) na estrutura interna do material, o que possibilita a formação de maior quantidade de pontos de passagem das ondas sonoras, mesmo a curva granulométrica tendo menor diâmetro máximo. Para efeito de escala, foram atingidos picos ' $\alpha$ ' de 0,49 para frequências abaixo de 600Hz, e entre 1800Hz a 1900Hz o valor médio de 0,22. Na frequência referencial de 1000Hz o valor médio foi de 0,30.

Entre 600Hz e 1800Hz percebe-se um comportamento típico de materiais que possuem característica absorvedora do som, em razão das oscilações constantes dos picos. Esta situação é suportada no fato de que as misturas asfálticas sofrem um processo de acomodação dos granulares de forma aleatória durante a compactação. Portanto, há regiões do material que concentram maior quantidade de vazios em relação a outras, o que distingue as zonas de absorção sonora, em que maior será o ' $\alpha$ ' na medida que maior for a concentração de vazios.

Esta afirmação é sustentada pela observação do espectro referente ao conjunto BBSG/BBSG (Figura 5), pois em razão de possuir maior densificação, face à curva granulométrica sem descontinuidades, apresenta maior linearidade de absorção no espectro frequencial, indicando menor variação na distribuição dos vazios na estrutura interna do material.

Para o conjunto BBDr/BBSG valem as mesmas considerações efetuadas para o

conjunto BBTM/BBSG, porém, como o BBDr se trata de uma mistura asfáltica com curva granulométrica de graduação aberta ( $n = 0,63$ ) (Figura 1), com maior teor de vazios que todas as demais testadas (Tabela 1) e menor percentual de frações finas na composição granulométrica, houve um aumento na escala de  $\alpha$  em relação à mistura BBTM abaixo de 600Hz, tendo sido atingidos picos de 0,60, e na frequência de 1000Hz o valor médio foi de 0,43 (Figura 7).

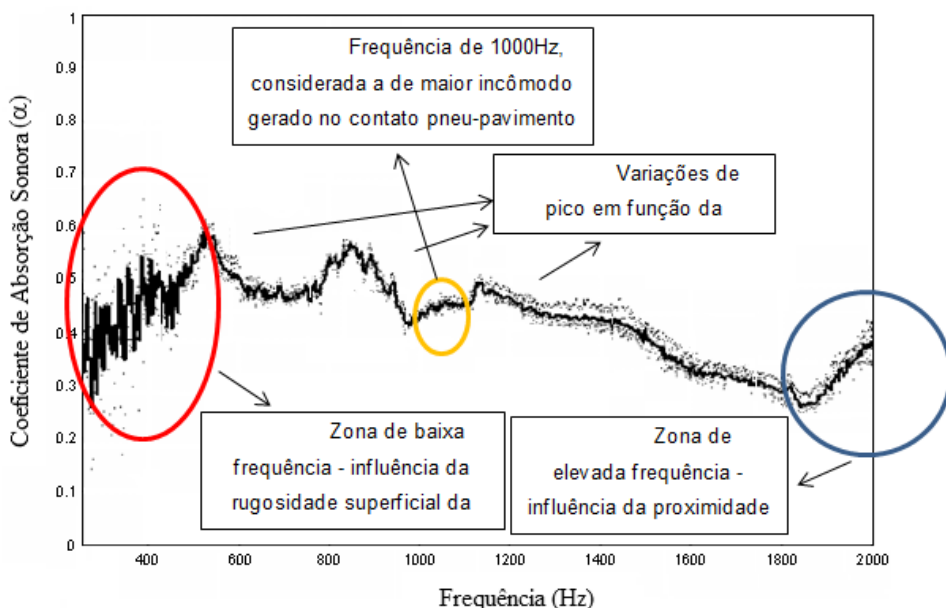


Figura 7 - Curva de absorção sonora em relação à frequência da mistura asfáltica BBDr.

Fonte: Autor (2020).

Entre 1800Hz e 1900Hz o  $\alpha$  ficou situado em torno de 0,30, o que evidencia de forma reiterada que próximo à frequência de corte as perturbações sonoras na zona de captação geram incertezas nas medições executadas. Isto porque era de se esperar valores mais elevados para a BBDr.

Analisando os espectros frequenciais de todos os conjuntos testados, tem-se que os resultados obtidos estão coerentes com as características das misturas asfálticas testadas. Sendo assim, é possível estabelecer a seguinte ordem de classificação quanto ao nível de absorção sonora: BBDr (drenante) > BBTM (semi-densa) > BBSG (densa).

Em função de o processo de compactação pela metodologia Marshall ser muito severa em comparação com o processo de compactação por amassamento, presentes em outras metodologias, como a francesa por exemplo, o teor de vazios podem ser diminuído, afetando, por consequência a capacidade de absorção sonora das misturas

devido a intensidade do impacto empregado. Sendo assim, recomenda-se a confecção das amostras com procedimentos de compactação por amassamento para verificar a real capacidade de absorção sonora das misturas asfálticas.

## 4 | CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que o processo de concepção das misturas asfálticas é um parâmetro fundamental no que diz respeito ao nível de absorção sonora, contribuindo para a propiciação de maior qualidade de vida dos usuários e moradores das áreas lindeiras, ou seja, próximo às rodovias, e em áreas urbanas, a partir da diminuição do ruído gerado no contato pneu-pavimento.

Neste contexto, tem-se que as composições granulométricas com característica semi-densa e aberta, como as misturas asfálticas BBTM e BBDr, sobretudo com presença de descontinuidades, geram aumento do teor de vazios na estrutura interna do material em relação às misturas densas (BBSG). O aumento do teor de vazios influencia de forma decisiva para o aumento da absorção sonora das misturas asfálticas, sobretudo na frequência crítica de 1000Hz no contato pneu-pavimento. Portanto, é mais recomendado este tipo de formulação em camadas de rolamento nas estruturas de pavimento.

Todavia, a distribuição aleatória dos vazios gerados na estrutura interna dos materiais é também fator crucial na variação dos picos de absorção sonora em um mesmo espectro de análise, devendo ser observado com cuidado em cada caso.

Em contrapartida, o ligante betuminoso parece não ser tão influente na capacidade de absorção sonora das misturas asfálticas testadas. As formulações BBTM e BBDr utilizaram a mesma matriz betuminosa (Poliflex 60/85), com o mesmo teor de dosagem (4,22%), bem como o diâmetro máximo da curva granulométrica (12,7mm), e apresentaram comportamento similar quanto aos níveis de absorção sonora.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15619**: Misturas asfálticas – Determinação da densidade máxima teórica e da massa específica máxima teórica em amostras não compactadas. 6 p. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

BARRA, B. S. **Avaliação da ação da água no módulo complexo e na fadiga de misturas asfálticas densas**. 2009. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

CALLAI, S. C. **Estudo do ruído causado pelo tráfego de veículos em rodovias com diferentes tipos de revestimentos e pavimentos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharias de Transporte, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CLARA, E.; BARRA, B. S.; MOMM, L.; MIKOWSKI, A.; SANTOS, A. G. dos. Influência da utilização das cinzas de carvão em misturas asfálticas densas, *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA AMBIENTAL. **Anais [...]** Porto Alegre, 23 a 28 de outubro de 2020. CD-ROM.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT - ME 043:** Misturas betuminosas a quente: ensaio Marshall. Rio de Janeiro, 1995. 11 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me043-95.pdf>. Acesso em: 13 de jul. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT - ES 145:** Pavimentação: Pintura de ligação com ligante asfáltico convencional. Rio de Janeiro, 2012. 7 p. Disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit145\\_2012\\_es.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit145_2012_es.pdf). Acesso em: 13 de jul. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Pavimentação.** Rio de Janeiro, 2006. 274 p. Disponível em: [http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual%20de%20Pavimenta%E7%E3o\\_05.12.06.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Pavimenta%E7%E3o_05.12.06.pdf). Acesso em: 13 de jul. 2020.

FAGUNDES, P. M. **Avaliação do comportamento funcional de misturas BBDr e BBTM.** 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências Mecânicas) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2020.

KNABBEN, R. M. *et al.* Análise comparativa do ruído pneu-pavimento entre pavimento rígido e flexível através do Trailer-CPX . *In:* 32º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET. **Anais** [...] Gramado, 04 a 07 de novembro de 2018. Disponível em: [http://www.anpet.org.br/anais32/documentos/2018/Aspectos%20Economicos%20Sociais%20Politicos%20e%20Ambientais%20do%20Transporte/Transporte%20e%20Meio%20Ambiente%20II/6\\_5\\_AC.pdf](http://www.anpet.org.br/anais32/documentos/2018/Aspectos%20Economicos%20Sociais%20Politicos%20e%20Ambientais%20do%20Transporte/Transporte%20e%20Meio%20Ambiente%20II/6_5_AC.pdf). Acesso em: 12 fev.2020.

Manuel LPC. **Manuel LPC d'aide à la formulation des enrobés.** Groupe de Travail RST "Formulation des enrobés". 199 p. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Paris, France, 2007.

OBSERVATOIRE DU BRUIT EN LLE DE FRANCE. **Etat des lieux des performances acoustiques des revêtements de chaussées.** Dossier technique et pédagogique. 114 p. France, 2011.

OLIVEIRA, L. P. R. **Controle ativo de ruído em veículos e seu impacto na qualidade sonora.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SANDBERG, U.; J. A. EJSBOM. **Tyre/Road Noise reference book.** Sweden: Informex, 2002.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Absorção sonora 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Aditivos químicos 113

Aerodesign 127, 128, 132, 144, 145

Antocianinas 180, 181, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191

Argissolo 113, 115, 117, 118, 119

Arrasto 127, 128, 129, 130, 134, 135, 137, 138, 140, 144

Auditores de barragens 102

### B

Bancada experimental 146, 150, 151, 152, 153, 156, 163, 164, 165

Boas práticas de fabricação 68, 69, 70

### C

Cambissolo 113, 115, 117, 118, 119

Capacidade antioxidante 180, 182, 183, 184, 190, 191

Caracterização 74, 75, 113, 116, 117, 119, 146, 152, 167, 168, 171, 174, 175, 177

Carregamento equivalente 29, 31, 32, 39, 40, 41

Certificação 102, 105

Clones de papa nativa 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190

Concreto armado 43, 44, 46, 55, 56, 57, 59

Curva granulométrica 2, 6, 10, 11, 12

### D

Desempenho acústico 58, 59, 60, 63, 64, 65, 66

DFMEA 14, 18, 20, 21, 25, 27, 28

Diagrama de velocidades 146, 149, 156, 162

Dimensionamento à flexão 43

Distribuição das cordoalhas 29, 34, 36, 39

### E

Epidemiologia 80, 84

Escoamento 30, 31, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 140, 144, 147, 148, 149, 150, 154, 156, 158, 161, 162, 164, 166

Estruturas portuárias 43, 44

## **F**

Fenoles 180, 182, 183, 184, 185, 187, 190, 191

FMEA 14, 18, 20, 28

## **I**

Incêndio 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 54, 56, 57

Indústria farmacêutica 68, 69

Internet das coisas 68

Investimentos públicos 85, 99

## **L**

Laje lisa 29

Latossolo vermelho 113, 115, 117, 118, 119

## **M**

Madeiras tropicais 168, 169

Mistura asfáltica 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11

Mobilidade urbana 120, 121, 123, 125

Modelo de correlação 85, 87

## **O**

Open PLET 14, 28

## **P**

Painéis de vedação vertical 58

Painel de baixa densidade 71, 76

Painel reconstituído 71, 72, 73, 75, 76

Perfis aerodinâmicos 127, 128, 136, 140

Plástico-madeira 71, 73, 74, 75, 76

Policloreto de vinila 71, 72, 73

Políticas de incentivo 120, 121

Políticas públicas 82, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 94, 95, 96, 99, 100, 101, 125

Preservação 167, 168, 170, 177, 178, 179

Propriedades físico-mecânicas 167, 168, 169, 170, 171, 177

Protensão sem aderência 29

## **Q**

Quantidade de movimento 147, 148, 156, 158, 160, 161

## **R**

Ruído 2, 3, 8, 12, 13, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 147, 159, 164

Rupturas de barragens 102, 103

## **S**

Saneamento básico 78, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101

Senioridade 102, 107

Sistemas embarcados 68

Structural analysis 14

## **T**

Transporte aquaviário 120

Transporte urbano 120, 124, 125, 126

Turbomáquinas 146, 147, 148, 149, 156, 158, 160, 161, 162

## **V**

Variáveis 69, 70, 85, 87, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

Ventilador centrífugo 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 163, 164, 165, 166





## **W**

Wood frame 58, 59, 60, 61, 65, 67

## **X**

XFLR5 127, 128, 131, 134, 135, 136, 137, 139, 144, 145

# **DESAFIOS E IMPACTO DAS ENGENHARIAS NO BRASIL E NO MUNDO**

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



# **DESAFIOS E IMPACTO DAS ENGENHARIAS NO BRASIL E NO MUNDO**

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