

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. Eloi 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
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 Lívia 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

SOBRE O ORGANIZADOR.....	192
ÍNDICE REMISSIVO.....	193

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

Data de aceite: 25/05/2021

Data de submissão: 25/03/2021

Anselmo Leal Carneiro

Universidade Federal do Rio de Janeiro -
Campus Macaé, Engenharia Civil
Macaé - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/3303416737276543>

Lorenzo Augusto Ruschi e Luchi

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Engenharia Civil
Vitória – Espírito Santo
<http://lattes.cnpq.br/1673469347273305>

RESUMO: Este trabalho discute o projeto de lajes lisas protendidas sem aderência com relação aos modos de distribuição dos feixes de cordoalhas no pavimento. Para tanto, propõe-se um pavimento onde os feixes de cordoalhas são distribuídos de três modos, à saber: distribuídos de forma uniforme nas duas direções; distribuídos em faixas nas duas direções; e distribuídos de forma uniforme em uma direção e concentrados sobre os pilares na outra. Comparam-se os momentos fletores e os deslocamentos das cargas equivalentes na laje, mediante a análise por analogia de grelha. Realiza-se o pré-dimensionamento da armadura ativa pelo método de balanceamento de cargas para então se considerar a protensão na análise por meio de cargas equivalentes lineares que são inseridas manualmente nos modelos de grelha. Verificou-se que a distribuição dos feixes de cordoalhas

do modo concentrados e uniformes foi o mais adequado do ponto de vista de distribuição dos momentos fletores na laje.

PALAVRAS-CHAVE: Protensão sem aderência, laje lisa, carregamento equivalente, distribuição das cordoalhas.

COMPARATIVE ANALYSIS OF OPTIONS FOR TENDON LAYOUTS IN POST-TENSIONED FLAT SLAB SET WITH UNBONDED TENDONS

ABSTRACT: This work discusses the design of post-tensioned flat slab set with unbonded tendons with relation to the modes of tendon layouts. For that, a floor is proposed where the tendons are distributed in three ways: distributed uniform in both directions; distributed in bands in both directions; and uniform distributed in one direction and concentrated on the pillars in the other. It compares the bending moments and floor displacements of the equivalent loads on the slab. The analysis occurs by means of grid analogy. The pre-design of the tendons is performed by the load balancing method so that the post-tension is considered in the analysis by means of linear equivalent loads that are inserted manually in the grid models. It was found that the distribution uniform in one direction and concentrated on the pillars in the other was the most adequate from the point of view of distribution of the bending moments on the slab.

KEYWORDS: Unbonded post-tension, flat slab, equivalent loads, tendon layout.

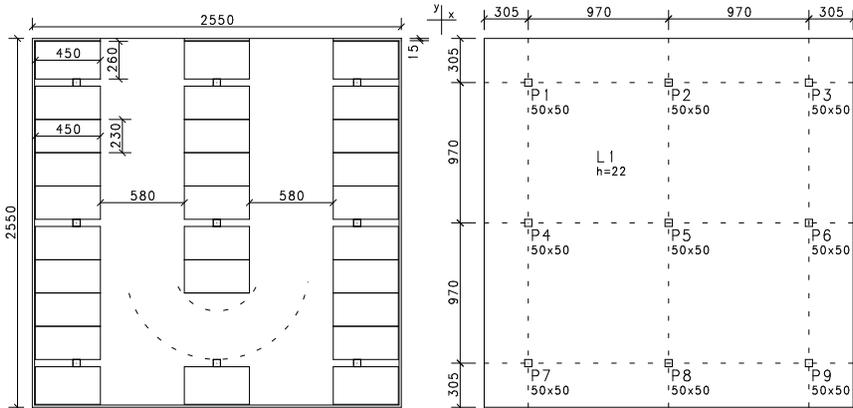
1 | INTRODUÇÃO

O sistema de lajes lisas protendidas sem aderência tem-se tornado amplamente utilizado em edificações, quando se pretende vencer, com segurança, maiores vãos, sem deixar de lado praticidade na construção e economia na estrutura. O objetivo deste trabalho é discutir opções para distribuição dos feixes de cordoalhas em projetos de lajes lisas protendidas sem aderência. Para tanto, se utiliza um pavimento proposto (Figura 1) considerando três configurações de distribuições, à saber: distribuídos uniformemente nas duas direções; distribuídos em faixas nas duas direções; e distribuídos uniformemente em uma direção e concentrados sobre os pilares na outra. Comparam-se os momentos fletores e os deslocamentos das cargas equivalentes de protensão na laje.

A análise ocorre por meio da analogia de grelha utilizando-se o sistema Grelha-TQS. Realiza-se o pré-dimensionamento da armadura ativa pelo método de balanceamento de cargas para então se considerar a protensão na análise por meio de cargas equivalentes lineares que são inseridas manualmente nos modelos de grelha. Assim, o módulo de lajes protendidas do programa TQS não é utilizado, de modo que metodologia apresentada independe de recursos pré-estabelecidos em programas computacionais comerciais.

2 | CARACTERÍSTICAS DA LAJE ANALISADA

A espessura da laje (h) foi obtida por $L/45$, onde L é o vão da laje, de acordo com Nawy (2003), que corresponde à 22 cm para o pavimento analisado (Figura 1). Para os carregamentos considera-se o peso próprio $g_1 = 5,5$ kN/m², revestimento $g_2 = 2,0$ kN/m², acidental $q = 3,0$ kN/m² e alvenaria de 1,50 m de altura no contorno $g_3 = 2,7$ kN/m. Considera-se classe de agressividade ambiental II (moderada) com adequado controle de qualidade e rígidos limites de tolerância da variabilidade das medidas durante a execução. Desse modo, adota-se 3 cm para o cobrimento das cordoalhas de protensão. O concreto utilizado é o C30 (resistência característica à compressão aos 28 dias $f_{ck} = 30$ MPa) que apresenta módulo de deformação secante aos 28 dias $E_{cs} = 27000$ MPa. A armadura ativa utilizada é a cordoalha de sete fios engraxada e plastificada CP 190 RB 12,7 com diâmetro nominal $\phi_p = 12,7$ mm, área de aço nominal $A_p = 98,7$ mm², massa linear de 0,88 kg/m, carga de escoamento convencional $R_{pyk} = 168,6$ kN (referente à 1% de alongamento) e carga de ruptura $R_{ptk} = 187,3$ kN.



NOTA: COTAS E DIMENSÕES EM CENTÍMETROS

Figura 1 – Pavimento garagem

Para elevação das cordoalhas, considera-se o perfil parabólico (Figura 2) com 10% do vão ou balanço para o ponto de inflexão, onde as elevações indicam a distância do eixo da cordoalha à face inferior da laje. De acordo com a ABNT NBR 6118 (2014), a tensão da armadura de protensão na saída do aparelho de tração (σ_{pi}) deve obedecer aos limites máximos de $0,88f_{pyk}$ e $0,8f_{ptk}$, onde f_{pyk} é a tensão de escoamento convencional e f_{ptk} é a tensão de ruptura. No exemplo, σ_{pi} resulta em 1518 MPa. Dessa forma, a força inicial considerada na cordoalha é de 150 kN ($151,8 \cdot 0,987 \approx 150$ kN). O cálculo das perdas médias resultou em aproximadamente 6% para as perdas imediatas e 14% para as perdas progressivas, totalizando 20% de perdas, conforme se verifica em Carneiro (2015). Dessa forma, considera-se 120 kN para a força na cordoalha no tempo “infinito” (P_{∞}), após todas as perdas.

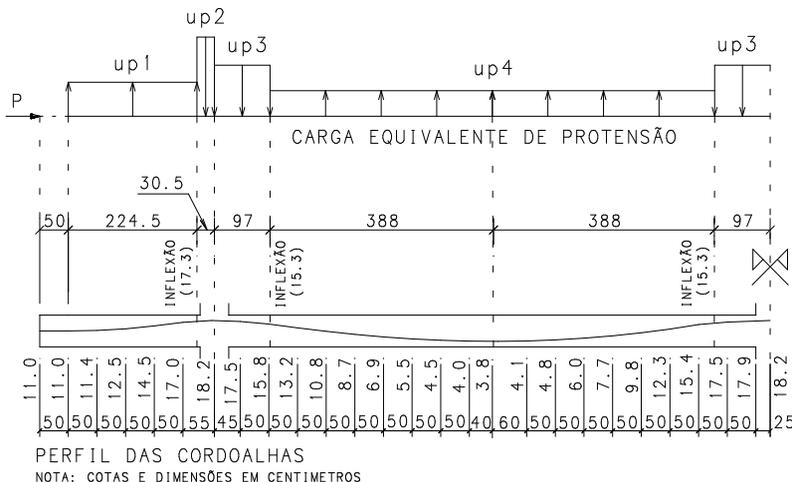


Figura 2 – Perfil (elevação) das cordoalhas e indicação do carregamento equivalente

Sendo “P” a força na cordoalha, “f” a flecha do perfil da cordoalha (diferença de elevação do trecho analisado) e “l” o comprimento do trecho de parábola do perfil, o carregamento equivalente de protensão “ u_p ” é dado pela expressão (1), conforme indicado por Lin e Burns (1981).

$$u_p = \frac{8Pf}{l^2} \quad (1)$$

Em geral, utilizam-se agrupamentos de cordoalhas denominados feixes, que podem constituir grupos de duas, três ou quatro cordoalhas. A Tabela 1 apresenta o carregamento equivalente (u_p), auto equilibrado, de acordo com a Figura 2, para feixes de duas e três cordoalhas no tempo “infinito”. A convenção é que o carregamento positivo atua no sentido gravitacional. Foi utilizada a expressão (1) com $l=2l_s$, onde l_s corresponde aos comprimentos dos trechos de semiparábolas (cotas horizontais na Figura 2).

u_p (kN/m)	u_{p1}	u_{p2}	u_{p3}	u_{p4}
feixes de 2 cordoalhas	-6,00	46,44	14,79	-3,67
feixes de 3 cordoalhas	-9,00	69,66	22,19	-5,50

Tabela 1 - Cargas equivalentes de protensão por feixe após todas as perdas

3 | ANÁLISE DA LAJE

3.1 Método da grelha equivalente

O processo de analogia de grelha substitui a placa (laje) por uma grelha equivalente bidirecional composta de elementos de barra. O método de analogia de grelha permite inserir os carregamentos equivalentes no modelo, onde, de fato, estão localizados os feixes de cordoalhas na laje. Para cada feixe de cordoalha, são inseridas a cargas equivalentes lineares da Tabela 1. Para modelagem e resolução da grelha, utiliza-se o sistema Grelha-TQS com barras espaçadas em 50 cm, onde os carregamentos equivalentes de protensão foram inseridos manualmente no modelo. Assim, a metodologia utilizada neste trabalho é independente de recursos pré-estabelecidos em programas computacionais comerciais de lajes protendidas.

Em lajes lisas modeladas como grelhas, a análise a flexão é realizada por meio de regiões (faixas) da laje. Em geral, são determinados os momentos médios das barras da grelha contidas nas regiões. Nesse trabalho, utilizam-se as faixas conforme se indica na Figura 3 (faixas dos apoios e faixas centrais de acordo com o método dos pórticos múltiplos), de modo a comparar os momentos fletores na laje. No método dos pórticos múltiplos a faixa do apoio é compreendida pelo eixo do pilar acrescida de um quarto do vão para cada lado e o restante do painel da laje é considerado como faixa central.

Em cada faixa da Figura 3 são obtidos os valores médios de momento fletor por metro da laje nas direções x e y. As regiões A e C representam a faixa dos apoios (faixas externas no método dos pórticos múltiplos) e a região B representa a faixa central (faixas internas no método dos pórticos múltiplos). O esquema do diagrama de momentos fletores para as faixas na direção y está indicado na Figura 3.

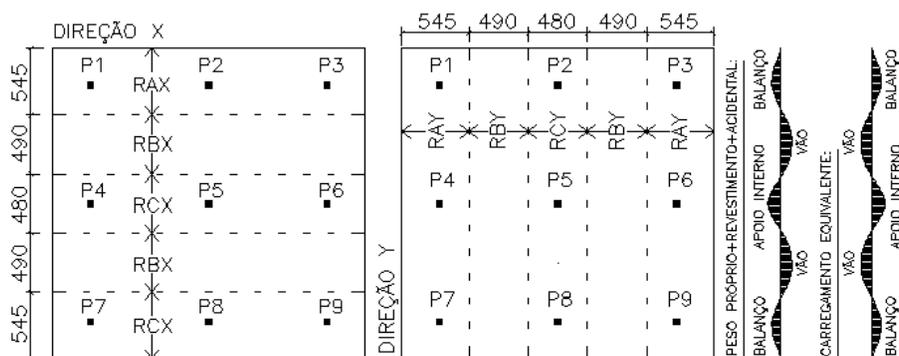


Figura 3 – Faixas utilizadas para a comparação dos momentos fletores (dimensões em centímetros)

3.2 Cálculo da quantidade de cordoalhas

Conhecido o perfil da cordoalha, a expressão (1) possibilita determinar a força de protensão “P” por metro de laje necessária para equilibrar determinada parcela “ q_b ” da carga externa aplicada por metro quadrado de laje. Aalami e Jurgens (2003) orientam balancear entre 60% e 80% da carga permanente, considerando o carregamento externo integralmente para cada direção da laje. Escolhendo o balanceamento de 60% da carga permanente, deve-se balancear a carga distribuída de 4,5 kN/m² e a carga linear de alvenaria do balanço de 1,62 kN/m. Assim, para uma faixa de largura unitária (1 m), a força de protensão necessária, de acordo com a expressão (1), com $q_b = u_p$ e $l = 2l_s$, é dada pela Tabela 2.

No balanço	No vão
$\frac{\left(4,5 + \frac{1,62}{2,245}\right) \cdot (2,245)^2}{8 \cdot (0,173 - 0,11)} \cong 209 \text{ kN/m}$	$\frac{4,5 \cdot (2,388)^2}{8 \cdot (0,153 - 0,038)} \cong 295 \text{ kN/m}$

Tabela 2 - Força de protensão (P_{∞}) necessária, por metro de laje, para balanceamento de 60% da carga permanente

Deve-se adotar “ P_{∞} ” como sendo o maior valor obtido entre o balanço e o vão.

Assim, considerando-se o valor de 295 kN/m, verifica-se que para cada direção da laje de 25,5 m são necessárias 63 cordoalhas com força, após todas as perdas, de 120 kN cada. Considerando feixes de duas cordoalhas, são necessários 32 feixes em cada direção da laje, totalizando 64 cordoalhas em cada direção. A tensão média de compressão na laje é dada por 1,4 MPa (64.1200/2550.22), que por sua vez atende a tensão de compressão média mínima de 1 MPa recomendada pela ABNT NBR 6118 (2014). Considerando o comprimento de 26 m para cada cordoalha, o índice de massa das 128 cordoalhas por metro quadrado de área do pavimento é de, aproximadamente, 4,5 kg/m². Emerick (2005) apresenta que para valores práticos de projeto, esse consumo gira em torno de 4 kg/m² para lajes lisas com vãos entre 7 e 9 metros. Como o pavimento proposto possui vão de 9,70 m, o índice de consumo obtido está coerente.

3.3 Distribuição das cordoalhas na laje

3.3.1 Considerações gerais

Existem diversas possibilidades para disposição dos feixes de cordoalhas na laje (Figuras 6, 7 e 8). Feixes são agrupamentos de cordoalhas que, em geral, podem constituir grupos de duas, três e quatro cordoalhas. Em geral, os feixes podem estar concentrados sobre os pilares, distribuídos em faixas ou de forma uniforme. Em todos os casos, recomenda-se passar pelo menos duas cordoalhas, em cada direção ortogonal, sobre os pilares.

No caso de uma laje apoiada no seu perímetro por paredes ou vigas rígidas, a distribuição uniforme dos feixes é a mais aconselhável, uma vez que os valores dos momentos fletores são próximos. No entanto, em lajes apoiadas diretamente sobre os pilares, os valores dos momentos fletores são maiores nas faixas dos pilares e a distribuição dos feixes de cordoalhas em faixas se torna mais eficiente que a distribuição uniforme. Nawy (2003) orienta utilizar entre 65% a 75% dos cabos nas faixas dos pilares e 25% a 35% dos cabos na faixa central (faixa do vão).

O ACI 423 (1996) orienta que o número de cabos necessário para a faixa compreendida de centro a centro de painéis de laje adjacentes deve ser concentrado sobre os pilares em uma direção e distribuídos na outra. Em geral, os feixes distribuídos assumem espaçamentos uniformes. O referido código esclarece ainda que a região entre as faixas de cabos concentrados, onde não há nenhum cabo, também é considerada protendida desde que se respeite a tensão de compressão média mínima de 0,9 MPa. Nesse caso, os efeitos da protensão não se fazem sentir integralmente apenas nas regiões triangulares entre as faixas de cabos concentrados próximas às bordas da laje (zonas de regularização das tensões indicada na Figura 4).

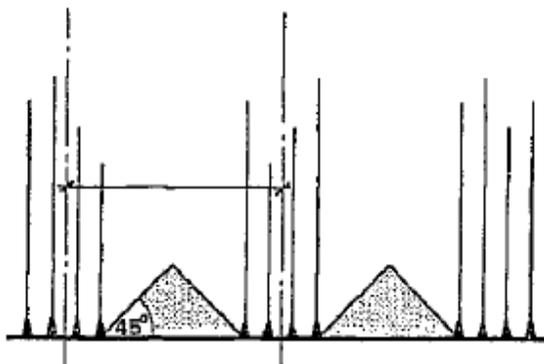


Figura 4 – Zonas de regularização de tensões para os feixes concentrados (Adaptado de Concrete Society, 1994).

Aalami (2000) esclarece que a disposição concentrados e uniformes, se mostra vantajosa por não causar interferência entre os cabos nas duas direções, uma vez que os cabos não se cruzam em suas excentricidades máximas. A única exceção é o encontro dos feixes concentrados com o feixe distribuído que passa sobre os pilares (Figura 5). Nesse caso, apenas esse feixe distribuído é posicionado sob os cabos concentrados (Figura 5). Desse modo, com exceção do feixe distribuído que passa sobre o pilar, todos os outros feixes, nas duas direções, assumem as excentricidades máximas possíveis obedecendo ao cobrimento mínimo de projeto. Em geral, os outros tipos de disposições causam alguma interferência entre os feixes, dificultando o aspecto construtivo. Assim, a disposição concentrados e uniformes é a opção mais usual em lajes lisas. O Relatório nº43 do Concrete Society (1994) orienta que o modo de distribuição concentrados e distribuídos é interessante também quando há aberturas na laje e em situações em que os pilares não estejam devidamente alinhados.

A ABNT NBR 6118 (2014) estabelece que o espaçamento entre cordoalhas ou feixes de cordoalhas deve ser no máximo $6h$ (sendo h a espessura da laje), não excedendo 120 cm. A norma indica também que cabos dispostos em faixa externa (região dos apoios) devem estar contidos numa porção de laje, de tal forma que a largura desta não ultrapasse a dimensão em planta do pilar de apoio, tomada transversalmente à direção longitudinal da faixa, acrescida de 3,5 vezes a espessura da laje para cada um dos lados do pilar. Para espaçamentos mínimos entre feixes, é usual utilizar 20 cm, 25 cm e 30 cm entre feixes de dois, três e quatro cordoalhas, respectivamente.

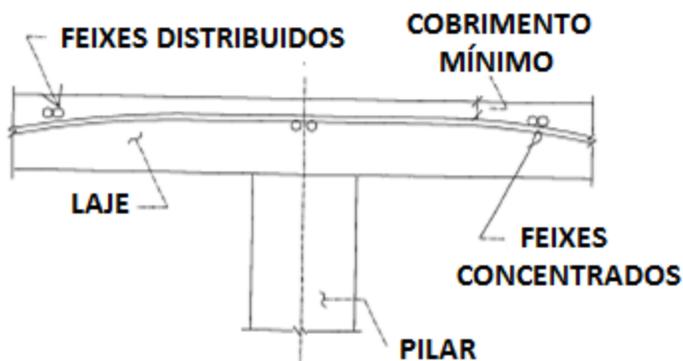


Figura 5 – Feixes de cordoalhas sobre o apoio (Adaptado de Aalami, 2000).

3.3.2 Opções de distribuição das cordoalhas na laje

Os três modos considerados de distribuição das cordoalhas na laje estão ilustrados nas Figuras 6, 7 e 8. Em todos os casos consideram-se dois feixes no alinhamento dos pilares centrais a fim de possibilitar simetria na distribuição.

Na distribuição uniforme (Figura 6), as 64 cordoalhas calculadas para cada direção são distribuídas em 32 feixes de 2 cordoalhas a cada 80 cm.

Na distribuição em faixas (Figura 7), as 64 cordoalhas calculadas para cada direção são distribuídas em feixes de 2 cordoalhas utilizando 75% das cordoalhas para as faixas dos pilares (8 feixes para cada uma das três faixas) e 25% das cordoalhas para as faixas centrais (4 feixes para cada uma das duas faixas). Os feixes das faixas dos pilares e das faixas centrais são espaçados em 70 cm e 104 cm, respectivamente.

Na distribuição concentrados e uniformes (Figura 8), as 64 cordoalhas calculadas para a direção x são distribuídas em 32 feixes de 2 cordoalhas a cada 80 cm. Na direção y, utilizam-se 20 cordoalhas (10 feixes de 2 cordoalhas a cada 20 cm) para a faixa de 7,90 m compreendida da borda ao centro do painel de laje e 24 cordoalhas (8 feixes de 3 cordoalhas a cada 25 cm) para a faixa de 9,70 m compreendida de centro à centro de painéis de laje. Utilizam-se feixes de 3 cordoalhas nos pilares centrais da direção y de modo a atender a largura máxima de 204 cm (dimensão do pilar de apoio acrescida de 3,5 vezes a espessura da laje para cada um dos lados do pilar) para a faixa de distribuição dos feixes concentrados, conforme a prescrição da ABNT NBR 6118 (2014).

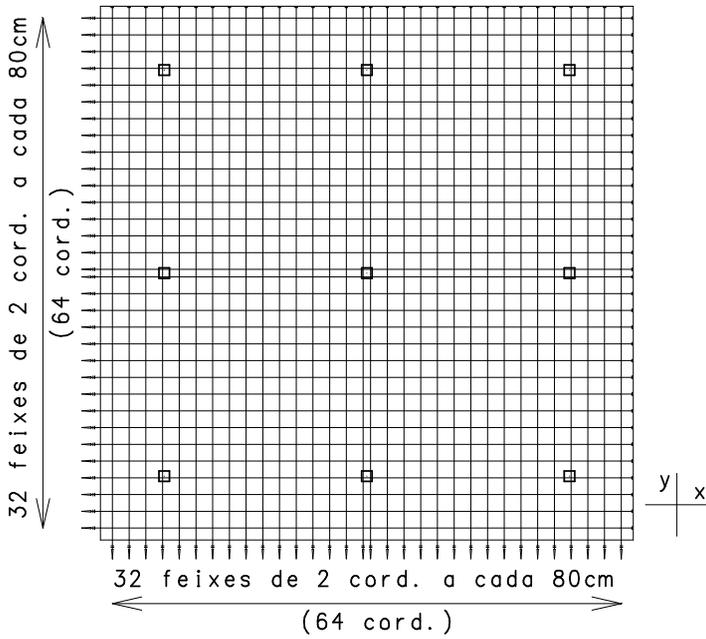


Figura 6 – Distribuição uniforme nas duas direções

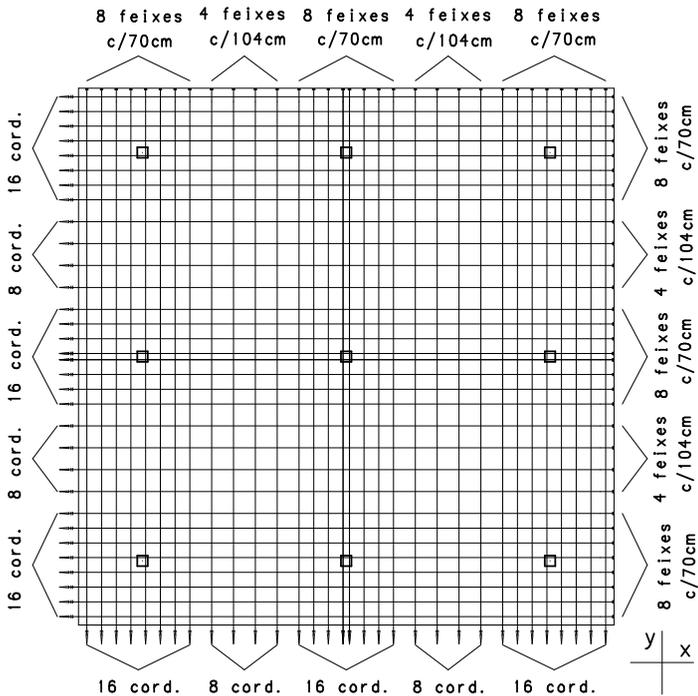


Figura 7 – Distribuição em faixas nas duas direções

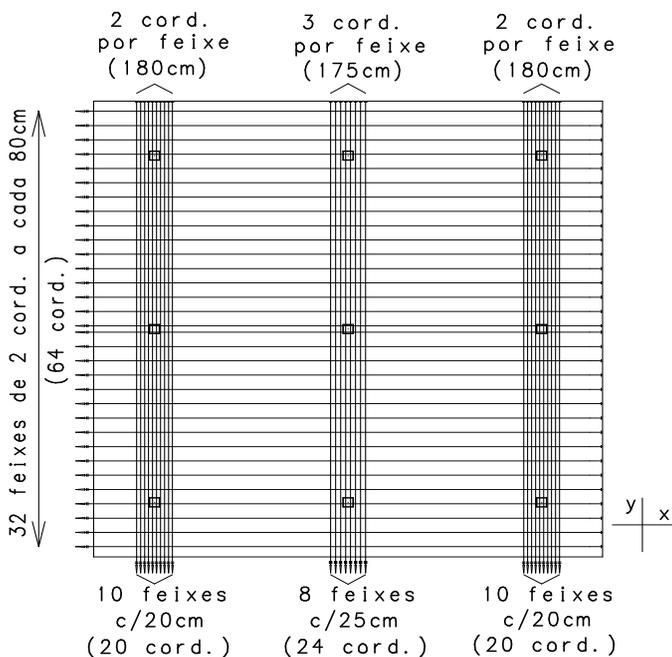


Figura 8 – Distribuição concentrados e uniformes

3.4 Avaliação dos deslocamentos (flechas)

Neste item, avaliam-se os deslocamentos do pavimento considerando comportamento elástico e linear, ou seja, admitindo o momento de inércia bruto do concreto. Em virtude da simetria da laje, os deslocamentos são apresentados de acordo com os pontos (A, B, ..., K) da Figura 9. Como o objetivo é comparar os deslocamentos das distribuições de feixes de cordoalhas, não se inclui, por simplificação, o efeito de fluência já que o coeficiente de fluência será o mesmo para todas as distribuições consideradas.

A Figura 10 apresenta o comparativo dos deslocamentos da laje para os pontos (A, B, ..., K) em relação aos carregamentos considerados. Como os deslocamentos devido somente a protensão são negativos, isto é, no sentido oposto ao gravitacional, os mesmos são apresentados em valores absolutos a fim de se comparar com os deslocamentos da combinação quase permanente sem considerar a protensão.

Observa-se que os deslocamentos devido apenas à protensão para as distribuições consideradas apresentam valores próximos. A distribuição concentrados e uniformes apresenta, em geral, flechas devido apenas à carga equivalente ligeiramente maiores e, portanto, mais próximas da flecha para a combinação quase permanente sem considerar a protensão.

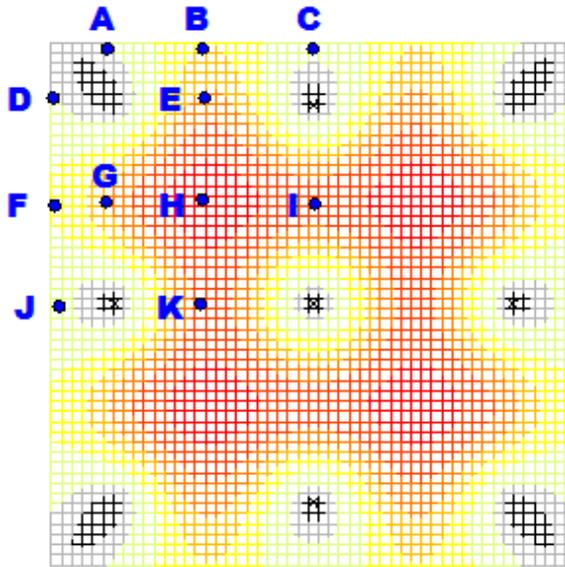


Figura 9 – Pontos do pavimento para a análise dos deslocamentos

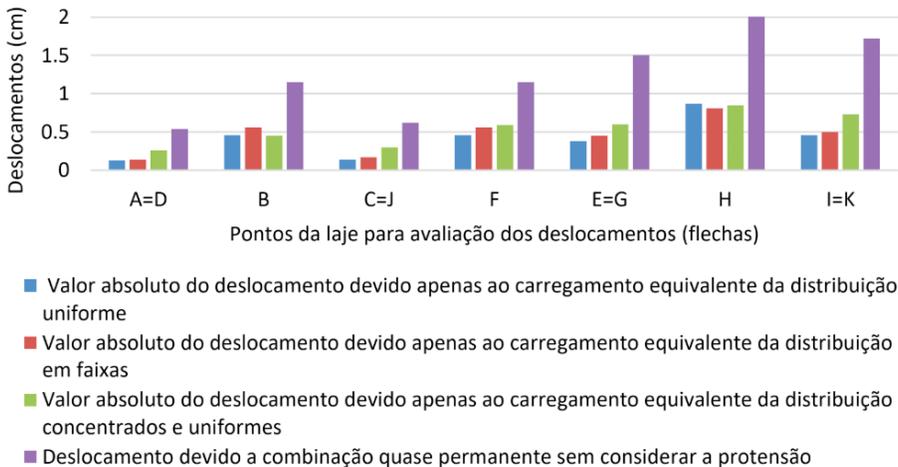


Figura 10 – Deslocamentos de acordo com os carregamentos

3.5 Avaliação dos momentos fletores

Com base nas faixas indicadas na Figura 3, as Figuras 11, 12 e 13 apresentam os momentos fletores do carregamento equivalente de protensão para as distribuições analisadas e os momentos fletores dos demais carregamentos considerados na laje. Analisam-se os momentos fletores no apoio do balanço, no vão e no apoio interno das faixas da Figura 3. Na distribuição concentrados e uniformes é apresentado separadamente os momentos fletores em cada direção da laje tendo em vista que a distribuição das cordoalhas é diferente nas duas direções.

Verifica-se que a distribuição concentrados e uniformes, em relação aos outros modos de distribuição, apresenta os maiores momentos fletores do carregamento equivalente nas faixas dos apoios e os menores momentos na faixa central. Assim, esses valores da distribuição concentrados e uniformes acompanham a configuração dos momentos fletores dos demais carregamentos que também apresentam maiores valores nas faixas dos apoios e menores na faixa central. A distribuição uniforme e a distribuição em faixas apresentam maior uniformidade nos valores dos momentos fletores entre as faixas, e desse modo, não acompanham tão bem a variação dos momentos fletores dos demais carregamentos.

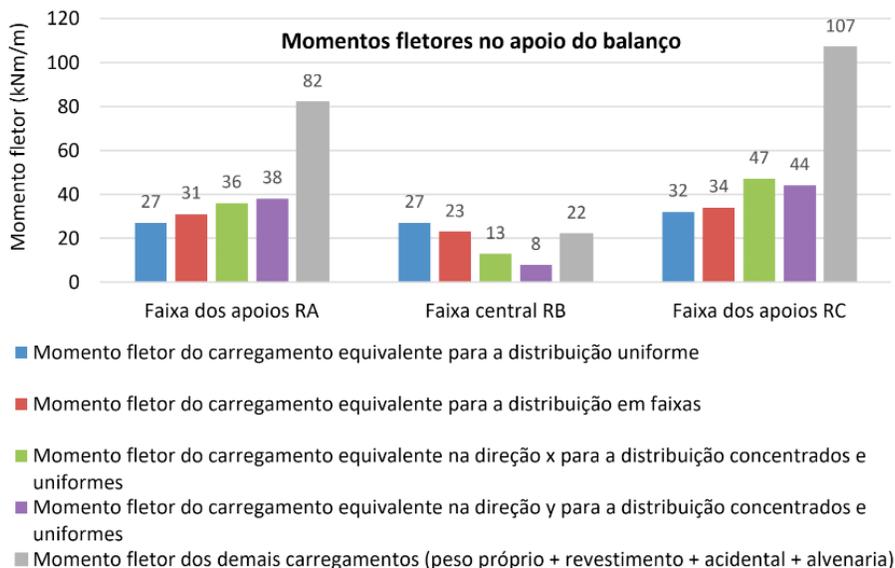


Figura 11 – Valores absolutos dos momentos fletores no apoio do balanço

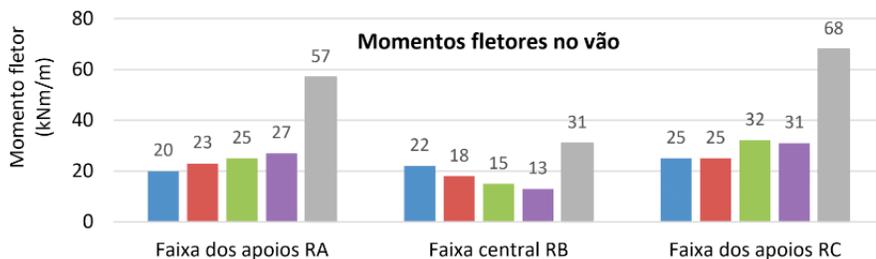


Figura 12 – Valores absolutos dos momentos fletores no vão (legenda na Figura 11)

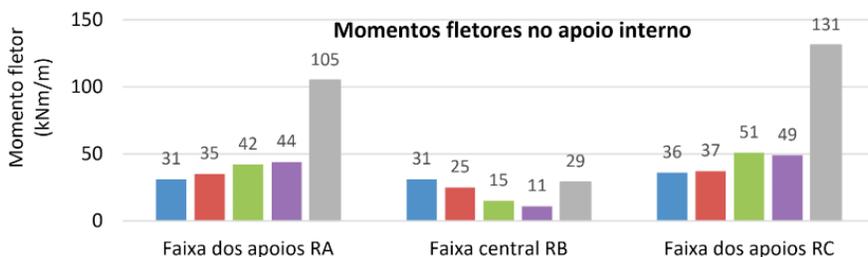


Figura 13 – Valores absolutos dos momentos fletores no apoio interno (legenda na Figura 11)

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho, mediante a análise de diferentes distribuições de feixes de cordoalhas em um pavimento proposto, possibilita concluir que a distribuição de feixes de cordoalhas do modo concentrados e uniformes, além de ser a de maior praticidade construtiva, também é a mais adequada em relação a distribuição dos momentos fletores de protensão na laje. Ao comparar os momentos fletores do carregamento equivalente entre as distribuições consideradas verifica-se que a distribuição concentrados e uniformes apresenta os maiores momentos nas faixas dos apoios e os menores momentos na faixa central. Assim, os valores dos momentos fletores do carregamento equivalente da distribuição concentrados e uniformes são mais coerentes com a variação dos momentos dos demais carregamentos do pavimento. Em relação aos deslocamentos da laje, verifica-se que as distribuições consideradas apresentam valores próximos.

REFERÊNCIAS

AALAMI, B. O. **Layout of Post-Tensioning and Passive Reinforcement in floor slabs**. Post-Tensioning Institute, n.8, Arizona, 2000, 12 p.

AALAMI, B. O.; JURGENS, J. D. **Guidelines for the Design of Post-Tensioned Floors**. Concrete International, 2003; p.77-83.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **Recommendations for Concrete Members Prestressed with Unbonded Tendons** - ACI 423.3R, Farmington Hills, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de Estruturas de Concreto. – Procedimento**. - NBR 6118, Rio de Janeiro, 2014.

CARNEIRO, A. L. **Análise e Dimensionamento de Lajes Lisas Protendidas sem Aderência**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015, 159 p.

CONCRETE SOCIETY. **Post-Tensioned Concrete Floors** – Design Handbook. Technical Report, n. 43, 1994, 176 p.

EMERICK, A. A. **Projeto e Execução de Lajes Protendidas**. 1. ed. Brasília: Interciência, 2005, 192 p.

LIN, T. Y.; BURNS, N. H. **Design of Prestressed Concrete Structures**. New York: John Wiley & Sons, 3ed, 1981, 646 p.

NAWY, E. G. **Prestressed Concrete – A Fundamental Approach**, New Jersey: Prentice Hall, 4ed, 2003, 939 p.

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

DESAFIOS E IMPACTO DAS ENGENHARIAS NO BRASIL E NO MUNDO

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