

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

Data de aceite: 25/05/2021

Data de submissão: 08/03/2021

Jéssica Sales Pereira dos Santos

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica
São Paulo - SP
<http://lattes.cnpq.br/7928058746144881>

João Pedro Avancini Dias

Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes,
campus Aracruz
Aracruz - ES
<http://lattes.cnpq.br/4899896313846558>

Antonio Ricardo Grippa Satiro

Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes,
campus Aracruz
Aracruz - ES
<http://lattes.cnpq.br/0529000071673226>

RESUMO: O presente trabalho desenvolveu uma metodologia de escolha de perfis de alta sustentação com base em perfis já existentes e amplamente utilizadas por equipes de aerodesign, de forma a ser aproveitada no progresso de projetos futuros da Equipe Araero Aerodesig do Ifes Campus Aracruz, além da criação de um perfil aerodinâmico de maior eficiência para a Equipe. Foram realizados cálculos estatísticos de informações fornecidas pela SAE Brasil das equipes participantes em torneios anteriores, de modo a estabelecer critérios mais apropriados ao projeto. Também se utilizaram os softwares XFLR5 para análise de coeficientes aerodinâmicos de momento, sustentação e

arrasto dos perfis e o Microsoft Excel no auxílio de cálculos. Percebeu-se que a metodologia criada foi efetiva para a escolha e aplicação do perfil no projeto de 2019 da Equipe Araero no Torneio de Acesso por conceder uma estratégia criteriosa de definição dos aerofólios, além da diminuição considerável de tempo na designação dos demais parâmetros, sendo possível sua utilização em projetos futuros. O software XFLR5 se mostrou sensível aos dados fornecidos, permitindo uma melhor eficiência na análise além da fácil projeção gráfica de apresentação. Por fim, o perfil desenvolvido se apresenta como eficaz em projetos futuros da Equipe Araero e também abre oportunidades de pesquisas específicas na área de desenvolvimento de aerofólios.

PALAVRAS-CHAVE: Aerodesign, perfis aerodinâmicos, sustentação, arrasto, XFLR5.

ANALYSIS OF HIGH-SUSTAINABLE AIRLINES FOR APPLICATION IN AIRCRAFT UNRAVELED LOAD OF THE ARAERO AERODESIGN TEAM

ABSTRACT: The present work developed a methodology to select high lift profiles based on existing profiles and widely used by other teams, in order to be used in the progress of future projects of the Araero Aerodesign Team of the Ifes Campus Aracruz, in addition to the creation of a aerodynamic profile of greater efficiency for the Team. Statistical calculations were performed on information provided by SAE Brasil from teams participating in previous tournaments, in order to set more appropriate criteria for the project. The XFLR5 software was also used to analyze the

aerodynamic coefficients of the moment, lift and drag of the profiles, Microsoft Excel in the aid of calculations. It was noticed that the methodology created was effective for the choice and application of the profile in the 2019 Araero Team's project in the Access Tournament for granting a careful strategy for defining the airfoils, in addition to the considerable decrease of time in the designation of the other parameters, being possible use in future projects. The XFLR5 software proved to be sensitive to the data provided, allowing for better efficiency in the analysis in addition to the easy graphic presentation projection. Finally, the profile developed is shown to be effective in future projects by the Araero Team and also opens up opportunities for specific research in the area of airfoil development.

KEYWORDS: Aerodesign, aerodynamics profiles, lift, drag, XFLR5.

1 | INTRODUÇÃO

A competição SAE Brasil Aerodesign foi criada no ano de 1999, com influências da SAE International, sociedade que organiza a competição SAE Aerodesign nos Estados Unidos desde 1986. (SAE, 2019).

O evento realizado pela SAE Brasil Aerodesign possui três diferentes classes de competição, Regular, Micro e Advanced, além do Torneio de Acesso que funciona como uma etapa preliminar para a competição principal. (SAE, 2019)

Segundo Rodrigues (2014), projetos com o propósito de participarem desta competição devem utilizar perfis aerodinâmicos que possuam um alto coeficiente de sustentação com coeficientes de arrasto e momento pequenos, tendo assim uma alta eficiência.

Portanto, este trabalho tem por objetivo criar uma metodologia de seleção de perfis aerodinâmicos de alta sustentação para utilização no Torneio de Acesso e Competição desenvolvida pela SAE Brasil Aerodesing, além de desenvolver, com o auxílio do software XFLR5, um perfil aerodinâmico de maior eficiência em relação aos perfis já existentes na base de dados utilizada neste projeto.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Perfil aerodinâmico

O perfil aerodinâmico de um avião é descrito como a seção transversal das asas que o compõe, possuindo algumas importantes características geométricas. Segundo Rosa (2006), a geometria do perfil pode ser definida por determinados parâmetros, como a corda, linha média, raio do bordo de ataque, ângulo do bordo de fuga, entre outros, como pode ser visto na Figura 1.

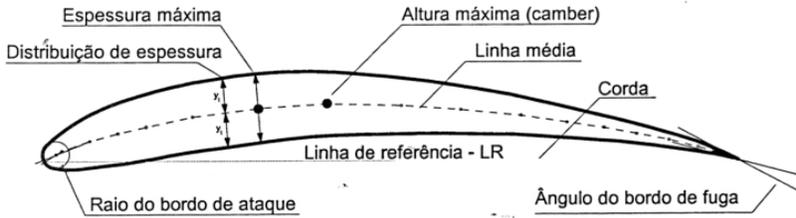


Figura 1 – Geometria do perfil aerodinâmico

Fonte: Rosa (2006)

Os perfis de alta sustentação são reconhecidos por possuírem uma linha média com grande curvatura e o ponto de altura máxima (camber) deslocado para frente, gerando um momento. (ROSA, 2006).

2.2 Ângulo de ataque

O ângulo agudo (α) formado entre a linha da corda do perfil e a direção do vento relativo ao escoamento é chamado de ângulo de ataque. Este parâmetro influi diretamente na capacidade de sustentação de um determinado perfil. De forma geral, o aumento do ângulo de ataque produz aumento na força de sustentação até o ponto de estol. (SAMPAIO, 2006). A força de sustentação, que representa uma das forças aerodinâmicas, ocorre simultaneamente a uma força paralela ao escoamento que dificulta o movimento no sentido contrário a ele, chamada de força de arrasto.

2.3 Forças aerodinâmicas

As modificações nas propriedades do aerofólio são espelhadas para a asa finita. Essa análise é fundamentada no estudo das forças e momentos que atuam sobre o aerofólio e são originadas por dois fatores: distribuição de tensão de cisalhamento e força pressão. (NETTO; CAMACHO; SOUZA, 2019). Tais forças agem sobre a superfície do corpo de forma a gerar um momento M e uma força resultante R . A força aerodinâmica R pode ser decomposta em uma força perpendicular ao escoamento de velocidade V , chamada de Força de Sustentação (L) e uma força paralela ao escoamento, chamada de Força de Arrasto (D), como pode ser visto na Figura 2. (VISCONTI, 2016).

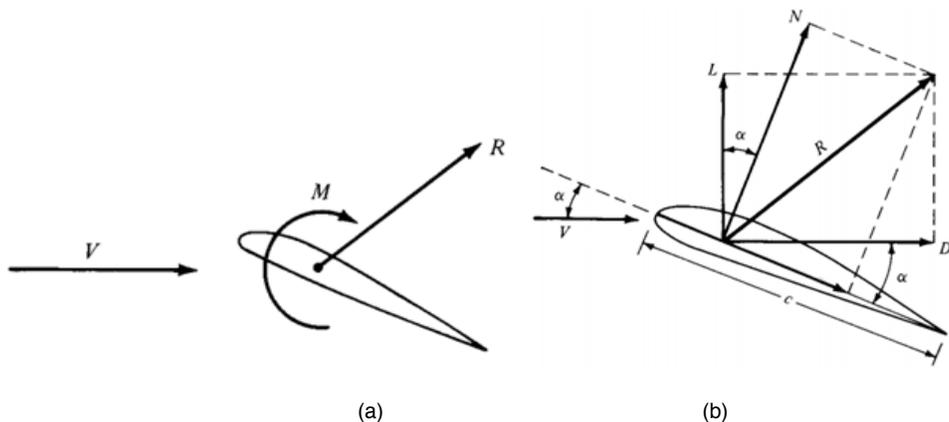


Figura 2 – (a) Força Resultante R e Momento M . (b) Decomposição da Força R em L e D

Fonte: Anderson Jr (2010)

Rodrigues (2014) afirma que o momento e as forças de sustentação e arrasto que atuam sobre as asas durante o voo podem ser calculados por meio das Equações 1, 2 e 3, respectivamente.

$$M = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot c \cdot C_M \quad (1)$$

$$L = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot c \cdot C_L \quad (2)$$

$$D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot c \cdot C_D \quad (3)$$

sendo ρ a densidade do ar (por ser este o fluido do escoamento em voo), V a velocidade do escoamento, S a área alar, c a corda do perfil e C_M , C_L e C_D os coeficientes aerodinâmicos, que serão apresentados na próxima seção.

Os coeficientes aerodinâmicos mostram-se de grande importância na aeronáutica, uma vez que tornam possível a comparação entre perfis ou entre asas de dimensões variadas, tendo por base parâmetros adimensionais.

2.4 Coeficientes aerodinâmicos

As características aerodinâmicas de um perfil são atribuídas por três coeficientes adimensionais, o de sustentação (C_L), o de arrasto (C_D) e o de momento (C_M) que é relacionado ao centro aerodinâmico do perfil. (ROSA, 2006). O coeficiente de sustentação configura a eficiência do perfil em produzir a força de sustentação. Este coeficiente é obtido em função do modelo do perfil, Número de Reynolds e também pelo ângulo de ataque. (RIBEIRO, 2011). De forma similar, o coeficiente de arrasto representa a capacidade do perfil em gerar a força de arrasto. Dessa forma, valores menores devem ser desejados para que o perfil seja apontado como aerodinamicamente eficiente. (RODRIGUES, 2014).

3 | FERRAMENTA COMPUTACIONAL

3.1 XFLR

Segundo Clark (2013, apud DANTAS, 2014), o software XFLR5 foi desenvolvido tendo como base o XFOIL, criado por Mark Drela, professor do Massachusetts Institute Technology (MIT), no ano de 1998, facilitando as análises de estudantes de engenharia aeronáutica em projetos de pequeno e até médio porte oferecendo uma interface gráfica bastante intuitiva.

Dantas (2014) acrescenta que o XFLR5, proporciona uma vasta e refinada análise dos efeitos que ocorrem em um escoamento sobre um corpo imerso em um fluido, permitindo uma boa aproximação dos parâmetros necessários aos projetos de perfis, baseado em métodos numéricos tais como teoria da linha sustentadora, método da malha de vórtices (VLM) e método dos painéis tridimensional.

Pontanto, neste trabalho será utilizado o software XFLR5 para obtenção e análise dos gráficos de coeficiente de sustentação ($C_l \times \alpha$), coeficiente de momento ($C_m \times \alpha$) e eficiência ($C_l/C_d \times \alpha$).

4 | METODOLOGIA

Para o melhor entendimento do desenvolvimento deste trabalho, a metodologia desenvolvida pode ser visualizada por meio do fluxograma descrito na Figura 3.

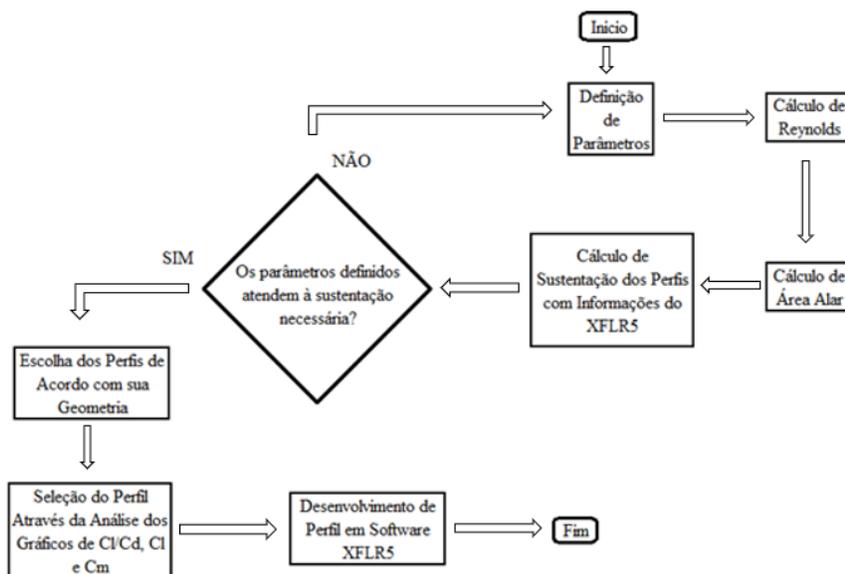


Figura 3 – Metodologia do projeto

Fonte: Autores (2019)

4.1 Análise e seleção de perfis de alta sustentação

4.1.1 Definição de Parâmetros

A escolha dos parâmetros leva em consideração, de maneira geral, a obtenção de pontos no Torneio de Acesso, os conceitos teóricos de aeronáutica, complexidade de fabricação dos aerofólios e asas, bem como o deslocamento dos mesmos até à pista de voo.

4.1.1.1. Viscosidade Cinemática do Ar

Para o cálculo do número de Reynolds é necessário estabelecer a viscosidade cinemática do ar em conformidade com as condições atmosféricas do local de voo, sendo tal parâmetro definido pela pressão e temperatura. Para estabelecer a pressão e temperatura, utiliza-se como estimativa, a altitude e temperatura média anual da cidade em que ocorrerá o teste de voo, por meio de dados oficiais de institutos governamentais. Portanto, tendo estes parâmetros definidos, a viscosidade cinemática será obtida utilizando-se a ferramenta de cálculo do site The Engineering ToolBox.

4.1.1.2. Velocidade do Escoamento

A velocidade do escoamento será definida de maneira teórica de acordo com Rosa (2006) como sendo de 15m/s, que estima a velocidade de voo em projetos de aerodesign da ordem de 15 a 20m/s.

4.1.1.3. Carga Paga e Peso Vazio

Como meio de identificar a pontuação suficiente para a classificação da equipe Araero dentro do 1º Grupo de Inscrição para a Competição do ano posterior, será realizada uma análise estatística dos resultados obtidos por outras equipes nos Torneios de Acesso dos anos anteriores, nos quais os objetos de estudo (informações sobre as equipes classificadas no 1º Grupo de Inscrição) serão coletadas como parâmetro para cálculo da média aritmética (μ_{ano}), desvio padrão (σ_{ano}) e coeficiente de variação (CV_{ano}) das pontuações de voo (onde *ano* representa a informação do respectivo ano do Torneio de Acesso), para análise da viabilidade das médias como parâmetro de projeto para a Equipe Araero Aerodesign. As principais informações a serem analisadas serão:

- Carga Paga (*CP*) - carga transportada pela aeronave, em quilogramas;
- Peso Vazio da Aeronave (*PV*), em quilogramas;
- Eficiência da Aeronave (*EE*);
- Pontuação de Voo (P_{voo});

- Pontuação Geral.

Utiliza-se tais valores como parâmetros para definição da eficiência mais adequada ao projeto, estipulando-se o peso vazio da aeronave e da carga paga transportada, levando-se em consideração a carga paga mínima exigida pelo regulamento.

A pontuação total de classificação consiste na soma da Pontuação de Voo (P_{Voo}) e da Pontuação de Projeto (P_p), sendo a Pontuação de Voo a mais significativa na Pontuação Geral. Desta forma, de acordo com o Regulamento, as equações para cálculo da Pontuação de Voo e da eficiência, são descritas pelas Equações 4 e 5, respectivamente.

$$P_{Voo} = 15 \times EE + CP \quad (4)$$

$$EE = \frac{CP}{PV} \quad (5)$$

4.1.1.4. Envergadura e Corda

Tendo estipulado os valores de carga paga, peso vazio e velocidade do escoamento, a próxima etapa consiste em estabelecer os valores de envergadura e corda de modo a produzir uma área alar que promova uma sustentação igual ou ligeiramente superior ao Peso Máximo de Decolagem – comumente expresso na aviação como a abreviação MTOW, do inglês Maximum Take-Off Weight – designado. Para isto, será utilizado o menor Reynolds possível dentro da faixa descrita por Rodrigues (2014), para se possa estipular a menor corda possível, de forma a se elevar gradativamente a área alar aumentando-se apenas a envergadura, considerando-se a construção de uma asa retangular. Definindo-se a corda, em metros, com precisão de duas casas decimais, recalcula-se o Reynolds para encontrar seu valor correto e, logo após, estabelece-se a envergadura por meio de duas condições fundamentais, sendo o primeiro, o requisito de alongamento de asa $AR > 4$, calculado pela Equação 6 para uma asa de geometria retangular (onde b é a envergadura da asa e c é a corda do perfil), e o segundo, o tamanho máximo da envergadura.

$$AR = \frac{b}{c} \quad (6)$$

4.1.2 Cálculo de Reynolds

Para o cálculo de Reynolds será utilizada a Equação 7, levando-se em consideração a velocidade do escoamento V , a viscosidade cinemática ν e a corda c definidas nas seções anteriores.

$$Re = \frac{Vc}{\nu} \quad (7)$$

4.1.3 Cálculo de Área Alar

Considerando-se a escolha do projeto de uma asa retangular, o cálculo da área alar

para este tipo de geometria será realizado por meio da Equação 8, conforme Filho e Júnior (2019).

$$S = b \cdot c \tag{8}$$

4.1.4 Cálculo de Sustentação dos Perfis com Informações do XFLR5

As análises dos perfis de interesse para este trabalho serão iniciadas utilizando-se o software gratuito XFLR5 versão 6.41, para obtenção dos coeficientes de sustentação, arrasto e momento gerados de acordo com o Número de Reynolds estabelecido pela velocidade do escoamento, viscosidade cinemática do ar a uma determinada temperatura e pressão, e pela corda do perfil.

Será realizada a análise dos perfis de alta sustentação, expostos na Tabela 1, presentes na base de dados do site do Departamento de Engenharia Aeroespacial da Universidade de Illinois, para seleção do perfil mais adequado ao projeto.

| Aerofólio | Código |
|---------------------------------|---------------|
| Chen | CHEN |
| Chuch Hollinger CH 10-48-13 | CH10SM |
| Eppler E420 | E420 |
| Eppler E421 | E421 |
| Eppler E422 | E422 |
| Eppler E423 | E423 |
| Wortmann FX 74-CL5-140 | FX74CL5140 |
| Modified Wortmann FX 74-CL5-140 | FX74MODSM |
| Kennedy and Marsden | KENMAR |
| Liebeck | L1003 |
| Liebeck | LA5055 |
| Douglas/Liebeck LA203A | LA203A |
| Douglas/Liebeck LNV109A | LNV109A |
| Selig S1210 | S1210 |
| Selig S1223 | S1223 |
| Strand | STRAND |
| University of Illinois UI-1720 | UI1720 |

Tabela 1 – Aerofólios de Alta Sustentação a serem analisados

Fonte: https://m-selig.ae.illinois.edu/ads/coord_database.html

Será utilizando o software Microsoft Excel, de modo a facilitar e tornar mais rápidas as análises utilizando sua ferramenta de fórmulas, calculando-se o momento e as forças de sustentação e arrasto geradas pelas asas por meio das Equações 1, 2 e 3, utilizando

os coeficientes de sustentação, arrasto e momento obtida pelos gráficos das análises do XFLR5. Portanto, nesta etapa, serão eliminados os perfis que não atenderem, por meio da área alar estipulada, a sustentação necessária para o MTOW definido.

4.1.5 Escolha dos Perfis de Acordo com sua Geometria

A próxima etapa de análise está relacionada à geometria dos perfis (Figura 4), de forma a se observar as condições de fabricação de acordo com o material e ferramentas disponíveis para corte.

| | | | | |
|---|---|--|---|---|
| CHEN  | CH10SM  | E420  | E421  | E422  |
| E423  | FX74CL5140  | FX74MODSM  | KENMAR  | L1003  |
| LA5055  | LA203A  | LNV109A  | S1210  | S1223  |
| STRAND  | UI1720  | | | |

Figura 4 – Geometria dos Aerofólios de Alta Sustentação Analisados

Fonte: Autores (2019)

Dentre os perfis restantes da Seção 4.1.4, eliminam-se aqueles que possuem uma geometria de difícil fabricação, que comumente se caracteriza pelo extremo afilamento do bordo de fuga.

4.1.6 Seleção do Perfil por meio da Análise dos Gráficos de Cl/Cd , Cl e Cm

Como forma de estabelecer o perfil mais adequados ao projeto dentre os restantes até o presente momento, se utilizará a metodologia apresentada em Souza et al. (2016), retratando uma tabela de pesos, sendo respectivamente 3, 2 e 1 para análise dos gráficos de eficiência ($Cl/Cd \times \alpha$), sustentação ($Cd \times \alpha$) e momento ($Cm \times \alpha$), obtidos no software XFLR5, e estabelecendo pontuações mais altas para gráficos com altos valores de eficiência e sustentação e também aos de menores valores de momento.

4.2 Desenvolvimento de perfil em software XFLR5

4.2.1 Desenvolvimento do Aerofólio com Maior Eficiência

Será realizada a análise no software XFLR5 com os aerofólios que atenderam

às condições pré-determinadas na Seção 4.1.1.4, com o intuito de selecionar os que possuírem maiores curvas de eficiência ($Cl/Cd \times \alpha$). O desenvolvimento de novos perfis será executado com o auxílio da função Interpolate Foils do software XFLR5, que permitirá interpolar dois perfis aerodinâmicos, determinando a porcentagem que cada um dos perfis contribuirá para o perfil gerado. Neste trabalho, realizar-se-á interpolações de perfis em pares, variando de 10 em 10% a influência de cada um sobre o novo aerofólio. Após feitas as interpolações, serão analisados os novos perfis desenvolvidos a fim de comparar seus parâmetros com o perfil aerodinâmico previamente selecionado.

4.2.2 Seleção dos Perfis por meio da Análise dos Gráficos de Cl/Cd , Cl e Cm

Utilizando novamente a metodologia descrita por Souza et al. (2016), será produzida uma tabela de pesos para analisar os gráficos de eficiência ($Cl/Cd \times \alpha$), sustentação ($Cd \times \alpha$) e momento ($Cm \times \alpha$), que serão obtidos utilizando o software XFLR5.

4.2.3 Análise da Força de Sustentação em Asas

Nesta etapa, serão analisadas as forças de sustentação referente a asas com o perfil selecionado e o perfil desenvolvido.

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Apresentação das análises e dos perfis selecionados

5.1.1 Parâmetros Utilizados

Os primeiros parâmetros analisados estão relacionados às condições impostas no Regulamento de Torneio de Acesso à Competição SAE Brasil Aerodesing 2020 que nos limita a uma envergadura máxima de 2,4m; limite de decolagem livre; transporte de carga paga de no mínimo 5kg e peso máximo (carga paga mais peso vazio) de 20kg.

5.1.1.1. Cálculo da viscosidade cinemática do ar

Sendo o local de voo da aeronave no Torneio de Acesso situado na cidade de Aracruz, no estado do Espírito Santo onde, de acordo com Incaper (2011), tal cidade apresenta-se à apenas 50m acima do nível do mar, utilizou-se, por simplificação, a altitude ao nível do mar e, conseqüentemente sua pressão atmosférica de 1atm. Com relação à temperatura, levou-se em consideração a temperatura média anual da cidade de Aracruz que, também segundo Incaper (2011), é de aproximadamente 28°C. Logo, a viscosidade cinemática, de acordo com *The Engineering ToolBox* será aproximadamente $15,8 \times 10^{-6} m^2/s$.

5.1.1.2. Carga paga e peso vazio estipulados

A análise estatística dos anos de 2017 e 2018 forneceu as seguintes informações da Pontuação de Voo nos respectivos anos:

$$\mu_{2017} = 36,959 \text{ pontos} \text{ e } \sigma_{2017} = 7,579 \text{ pontos} \Rightarrow CV_{2017} = 20,507\%$$

$$\mu_{2018} = 40,87 \text{ pontos} \text{ e } \sigma_{2018} = 14,439 \text{ pontos} \Rightarrow CV_{2018} = 35,33\%$$

Por meio dos coeficientes de variação obtidos, podemos observar que a média de pontuação de voo para o ano de 2017 apresenta-se como boa estimativa de pontuação para o projeto vigente da Equipe Araero. Entretanto, no ano de 2018 percebe-se uma elevação de, aproximadamente, 72% no coeficiente de variação em relação ano anterior em decorrência do aumento do número de equipes classificadas no 1º Grupo de Inscrição, o que proporciona indícios de maiores cuidados no uso de tal parâmetro como base para o projeto da Equipe, devendo-se levar em consideração que houveram equipes com pontuações muito destoantes.

Desta forma, analisou-se o cálculo do MTOW para variadas possibilidades de PV e CP, de forma a se obter uma pontuação condizente com as médias calculas, dentro das especificações do Regulamento de Torneio de Acesso, chegando-se nos valores ótimos como pode ser visto a seguir:

$$MTOW: 98,1N \Rightarrow \text{Massa de } 10kg \Rightarrow 7kg \text{ de CP} \text{ e } 3kg \text{ de PV} \Rightarrow P_{V00} \cong 42 \text{ pontos}$$

5.1.1.3. Envergadura e corda estipuladas

Utilizando-se dos parâmetros discutidos na Seção 5.1.1.2, chegou-se no valor inicial estimado de envergadura $b = 1,8m$ e corda $c = 0,32m$, atendendo ao requisito de $AR = 5,625 > 4$, obtido pela Equação 6.

5.1.2 Reynolds Calculado

O valor de Reynolds calculado pela Equação 7 foi de 300375,5, caracterizado como laminar segundo Rodrigues (2014).

5.1.3 Área Alar Calculada

Utilizando os valores de envergadura e corda estipulados, o valor da área alar calculada por meio da Equação 8, foi igual a $0,576m^2$.

5.1.4 Perfis Selecionados pelo Cálculo de Sustentação

Empregando o software XFLR5, obteve-se, para cada um dos perfis da Tabela 1, os gráficos de coeficientes de momento, arrasto, sustentação e eficiência de acordo com o Reynolds estipulado. Por meio dos gráficos foi possível transportar os pontos necessários

para o software Microsoft Excel de forma a se calcular os valores de momento, força de sustentação e arrasto, além da velocidade de estol.

Após as primeiras análises, observou-se que alguns aerofólios apresentaram valor aproximado ao MTOW estipulado pela equipe, o que tornou interessante a investigação de novas análises dos perfis com essa característica, aumentando sua área alar por meio do alongamento da envergadura e/ou da corda, como pode ser visto na Tabela 2.

| Aerofólio | Análise 1 <i>b = 1,8m e</i> <i>c = 0,32m</i> | Análise 2 <i>b = 1,9m e</i> <i>c = 0,32m</i> | Análise 3 <i>b = 1,9m e</i> <i>c = 0,33m</i> | Análise 4 <i>b = 1,9m e</i> <i>c = 0,34m</i> | Análise 5 <i>b = 1,9m e</i> <i>c = 0,35m</i> |
|------------------|---|---|---|---|---|
| CHEN | Não Atende | | | | |
| CH10SM | Atende | | | | |
| E420 | Aproximado | Aproximado | Atende | | |
| E421 | Atende | | | | |
| E422 | Aproximado | Aproximado | Aproximado | Aproximado | Atende |
| E423 | Atende | | | | |
| FX74CL5140 | Aproximado | Não Atende | | | |
| FX74MODSM | Aproximado | Aproximado | Aproximado | Atende | |
| KENMAR | Análise não converge | | | | |
| L1003 | Atende | | | | |
| LA5055 | Não Atende | | | | |
| LA203A | Análise não converge | | | | |
| LNV109A | Não Atende | | | | |
| S1210 | Aproximado | Atende | | | |
| S1223 | Aproximado | Atende | | | |
| STRAND | Análise não converge | | | | |
| UI1720 | Não Atende | | | | |

Tabela 2 – Condições de Análise dos Aerofólios de Alta Sustentação

Fonte: Autores (2010)

A Tabela 2 estabelece, além dos aerofólios que se aproximam do valor esperado de MTOW, aqueles que conseguem atender ao requisito, os que não atendem e os que não convergem para nenhum valor dentro da faixa de ângulos de ataque conforme os demais. Os que atendem, atingem de maneira satisfatória o MTOW. Os perfis que não atendem possuem a característica de apresentar uma força de sustentação muito inferior ao esperado o que, conseqüentemente, tenderia a aumentar significativamente as dimensões das asas de forma a obter a área alar suficiente para atender ao requisito, ultrapassando

as dimensões estipuladas. Já os perfis que não convergiram nas análises foram eliminados na Análise 1.

5.1.5 Perfis Selecionados Pela Geometria

Examinando a Figura 4 juntamente à Tabela 2, é possível ver que os perfis FX74MODSM, L1003, S1210 e S1223 apresentam bordo de fuga extremamente afilados sendo, então, eliminados das próximas análises. Portanto, apenas os perfis CH10SM, E420, E421, E422 e E423 seguem nas análises para escolha dos três perfis que serão implementados no projeto.

5.1.6 Seleção do Perfil pela Comparação de Gráficos do XFLR5

Os gráficos de eficiência ($C_l/C_d \times \alpha$), sustentação ($C_l \times \alpha$) e momento ($C_m \times \alpha$), de acordo com os perfis selecionados na Seção 4 estão ilustrados na Figura 5.

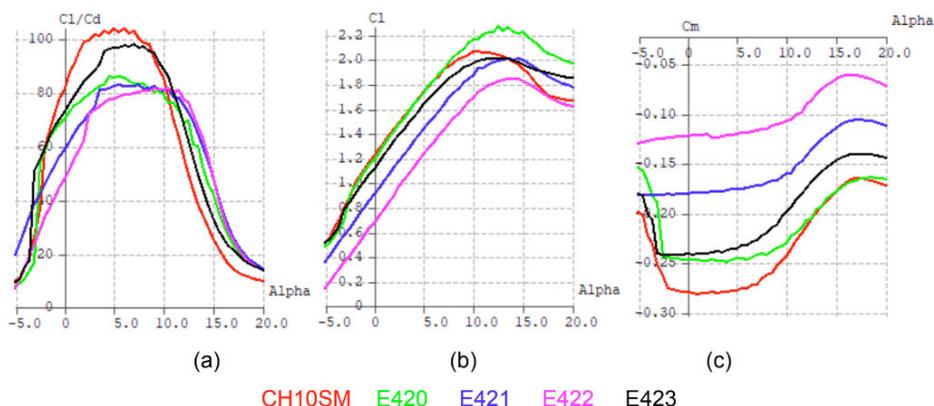


Figura 5 – (a) Gráfico de eficiência; (b) Gráfico de sustentação; (c) Gráfico de momento

Fonte: Autores (2019)

A Tabela 3 apresenta os resultados obtido pela metodologia de Souza et al. (2016).

| Peso | Parâmetro | CH10SM | E420 | E421 | E422 | E423 |
|-------|---------------------------|--------|------|------|------|------|
| 3 | $C_l / C_d \times \alpha$ | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 2 | $C_l \times \alpha$ | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | $C_m \times \alpha$ | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| Total | | 16 | 12 | 8 | 6 | 12 |

Tabela 3 – Comparação dos Aerofólios

Fonte: Autores (2019)

O parâmetro ($Cl/Cd \times \alpha$) indicado na Tabela 3 possui o maior peso por ser o parâmetro mais importante dentre todas as análises, isto porque ele estabelece uma relação entre a sustentação que o perfil proporciona e sua produção de arrasto. Desta forma, perfis com altas razões de Cl/Cd indicam que a sustentação se sobrepõe de maneira acentuada em relação ao arrasto produzido em determinadas faixas de ângulo de ataque. Já o parâmetro $Cm \times \alpha$, que diz respeito ao momento gerado pelo perfil, recebe menor pontuação dentre os três por não estar diretamente ligado à sustentação, mas sim à estabilidade longitudinal que o perfil apresentará no escoamento, não devendo ser, contudo, excluída da análise.

Portanto, de acordo com a Tabela 3, o aerofólio CH10SM apresenta a melhor pontuação dentro das três análises referidas sendo, desta forma, o perfil mais adequado dentre todas as etapas para o projeto da Equipe Araero no projeto do Torneio de Acesso à Competição 2020.

5.2 Perfil desenvolvido

Para a criação do novo perfil, retorna-se à Tabela 2 para geração do gráfico de eficiência de todos os perfis que atendem às especificações do projeto, independentemente de sua geometria. A Figura 6 mostra tais resultados e percebe-se que os perfis CH10SM, E423, S1210 e FX74MODSM são os que possuem os maiores valores de eficiência Cl/Cd , portanto estes foram os escolhidos para serem utilizados na etapa de interpolação. Etapa esta, que resultou em 54 interpolações entre os quatro perfis selecionados.

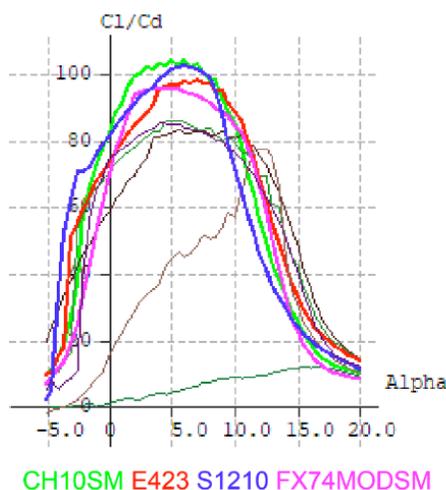
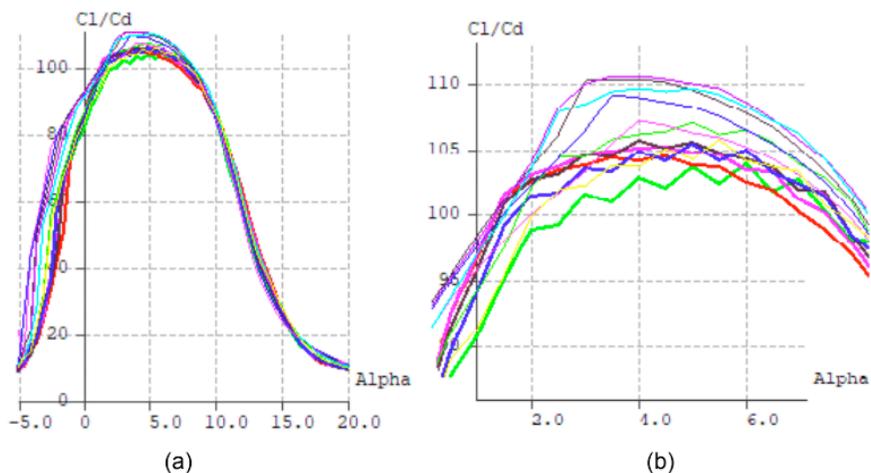


Figura 6 – Eficiência dos perfis aerodinâmicos

Fonte: Autores (2019)

Após as interpolações foram obtidos onze aerofólios novos que possuíam uma eficiência superior ao CH10SM, conforme mostrados na Figura 7, de maneira que os

perfis da Classe A foram elaborados por meio da interpolação entre os perfis CH10SM e FX74MODSM e os da Classe B, utilizando os perfis CH10SM e S1210. As interpolações entre os perfis CH10SM e E423 não apresentaram valores de eficiência melhores do que o CH10SM.



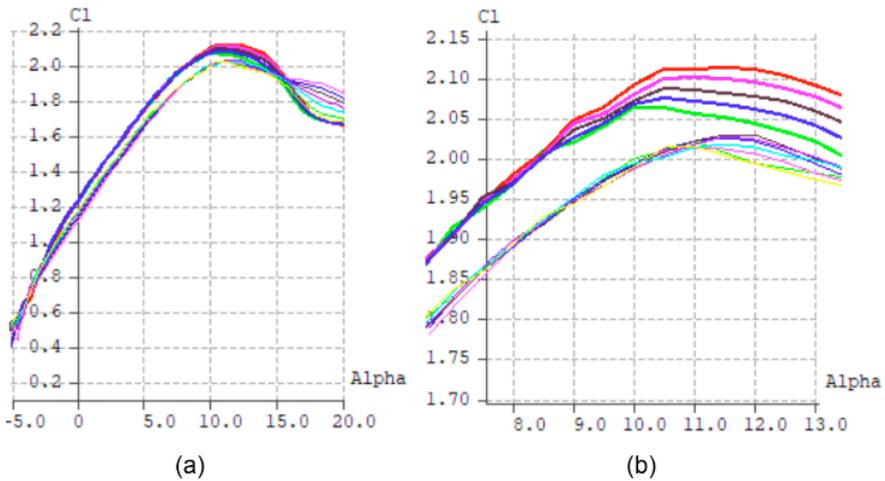
Linha gráfica espessa: CH10SM, A6, A7, A8 e A9.

Linha gráfica não espessa: B2, B3, B4, B5, B6, B7 e B9.

Figura 7 – (a) Gráfico de Eficiência; (b) Ampliação do Gráfico de Eficiência

Fonte: Autores (2019)

O gráfico de sustentação da Figura 8 destes onze aerofólios mostra que os da Classe A possuem sustentação superior ao CH10SM na maioria dos ângulos de ataque analisados, o que não acontece com os aerofólios da Classe B.

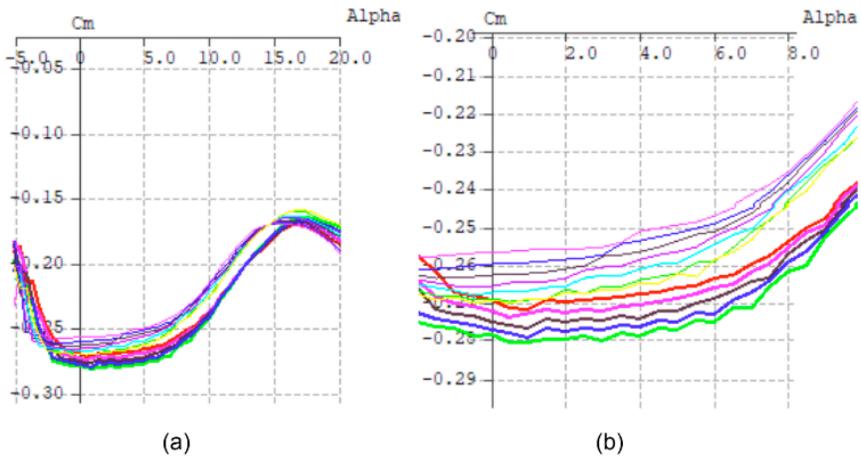


(a)
 Linha gráfica espessa: CH10SM, A6, A7, A8 e A9.
 Linha gráfica não espessa: B2, B3, B4, B5, B6, B7 e B9.

Figura 8 – (a) Gráfico de Sustentação; (b) Ampliação do Gráfico de Sustentação

Fonte: Autores (2019)

A Figura 9 representa o gráfico de momentos dos mesmos perfis, onde os da Classe A possuem valores de C_m menores que os perfis da Classe B.



(a)
 Linha gráfica espessa: CH10SM, A6, A7, A8 e A9.
 Linha gráfica não espessa: B2, B3, B4, B5, B6, B7 e B9.

Figura 9 – (a) Gráfico de momento; (b) Ampliação do gráfico de momento

Fonte: Autores (2019)

Montando-se novamente a tabela de pesos utilizando a metodologia de Souza et al

(2016), fez-se possível perceber que os aerofólios A8, B4, B5, B6 e B7 possuem maiores pontuações na soma total dos três quesitos, contudo, sendo a eficiência a característica mais importante para escolha de um perfil e o perfil A8 apresentar uma pontuação para este inferior aos demais, exclui-se o mesmo da próxima etapa de análise juntamente aos demais aerofólios não citados, mantendo-se apenas os da Classe B, de B4 até B7.

| Peso | 3 | 2 | 1 | Total |
|------------------|---------------|------------|------------|--------------|
| Parâmetro | cl/cd x alpha | cl x alpha | cm x alpha | |
| CH10SM | 1 | 2 | 3 | 10 |
| A6 | 2 | 3 | 2 | 14 |
| A7 | 2 | 3 | 2 | 14 |
| A8 | 2 | 3 | 3 | 15 |
| A9 | 2 | 2 | 3 | 13 |
| B2 | 2 | 1 | 1 | 9 |
| B3 | 2 | 1 | 1 | 9 |
| B4 | 4 | 1 | 1 | 15 |
| B5 | 4 | 1 | 1 | 15 |
| B6 | 4 | 1 | 1 | 15 |
| B7 | 4 | 1 | 1 | 15 |
| B9 | 2 | 1 | 1 | 9 |

Tabela 4 – Comparação dos aerofólios obtidos após interpolação com o CH10SM

Fonte: Autores (2019)

Para se determinar o perfil mais eficiente em relação ao CH10SM dentre os quatro selecionados, verificou-se o máximo valor de Cl / Cd de cada um, como pode ser visto na Tabela 5, em que mostra a eficiência dos perfis para o respectivo ângulo de ataque. O range de α descrito na tabela foi escolhido pois nele contém a maior eficiência de cada um dos perfis analisados.

| α (°) | Cl/Cd | | | | |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | CH10SM | B4 | B5 | B6 | B7 |
| 3,5 | 100,8022 | 109,1011 | 110,2262 | 110,4300 | 109,2812 |
| 4 | 102,7790 | 108,8474 | 110,2577 | 110,4428 | 109,4753 |
| 5 | 103,5410 | 108,0951 | 109,3665 | 109,8755 | 109,5140 |
| 6 | 103,7279 | 106,3904 | 107,6763 | 108,5051 | 108,1080 |

Tabela 5 – Comparação da eficiência entre os aerofólios escolhidos e o CH10SM

Fonte: Autores (2019)

Desta forma, o perfil B6 será o aerofólio mais eficiente, com maior valor de Cl / Cd sendo igual a 110,4428. Portanto, como pode ser visto na Figura 10, o perfil B6 possui eficiência maior do que o CH10SM para todos os ângulos de ataque analisados.

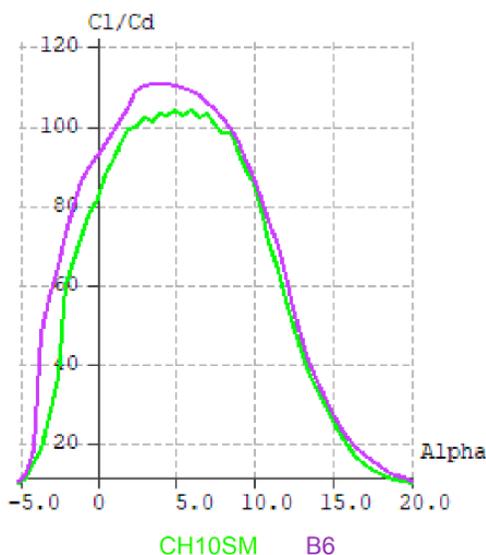


Figura 10 – Comparação entre as eficiências dos aerofólios B6 e CH10SM

Fonte: Autores (2019)

Para o estudo em questão, a força de arrasto do novo perfil permitiu uma diminuição da ordem de 22,64%. Por fim, o aerofólio B6 foi nomeado de Araero Aerodesign 2019, com a sigla AA2019.

6 | CONCLUSÃO

A partir das simulações realizadas em software XFLR5, foi possível afirmar sua eficiência na análise do momento e forças de sustentação e arrasto que agem sobre perfis e asas inseridas em um escoamento subsônico. Sua interface visual além dos resultados em forma de gráficos dos coeficientes aerodinâmicos em relação à variação do ângulo de ataque, permitiram a compreensão e uma facilitada escolha do perfil mais eficiente ao projeto vigente através da metodologia de pesos de Souza et al (2016). O perfil CH10SM escolhido percebeu-se superior a todos os outros perfis da base de dados coletada de acordo com a corda e envergadura estipuladas, levando-se em consideração também a sua geometria de bordo de fuga satisfatória para fabricação dos perfis. A metodologia desenvolvida no presente trabalho mostrou-se eficaz por proporcionar a Equipe uma forma mais simples de escolha do perfil, visto que a literatura sobre o tema não abrange detalhadamente os passos a serem seguidos, causando um atraso nesta fase de projeto,

influenciando negativamente no tempo disponível para fabricação. Tal metodologia também poderá ser utilizada para asa de geometria diferente à utilizada no projeto vigente, de forma apenas a usar as equações adequadas para cálculo de área alar e alongamento. Por fim, através da utilização do software XFLR5, o desenvolvimento do perfil Araero Aerodesing 2019 (AA2019) que, quando comparado aos perfis disponíveis na base de dados, mostrou-se de maior eficiência, possibilita à Equipe uma vantagem competitiva nos Torneios de Acesso e Competição da SAE Brasil Aerodesign, torna-se possível sua utilização em projetos futuros da Equipe Araero, além de abrir oportunidades de pesquisas específicas na área de desenvolvimento de aerofólios.

REFERÊNCIAS

ANDERSON JR, John David. **Fundamentals of aerodynamics**. Tata McGraw-Hill Education, 2010.

DANTAS, Albert Franklin de Moura. **Análise Aerodinâmica de Perfis de Asa para Veículos Aéreos Não Tripulados Usando o Software XFLR5**. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, 2014.

RIBEIRO, Fernanda Alves. **Análise aerodinâmica de perfis de asa para aeronaves experimentais tipo jn-1**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal: 2011.

RODRIGUES, Luiz Eduardo Miranda José. **Fundamentos da Engenharia Aeronáutica com Aplicações ao Projeto SAE-AeroDesign**: Aerodinâmica e Desempenho. 1ª ed. Salto: 2014.

ROSA, Edison da. **Introdução ao Projeto Aeronáutico**: Uma contribuição à Competição Sae Aerodesig. Florianópolis: UFSC/GRANTE, 2006.

SAMPAIO, Ronivaldo Passos. **Sistema de controle de atitude embarcado para voo autônomo de aviões em escala**. Salvador: 2006.

SOUZA, Lucas Guimarães et al. **Metodologia de um Projeto Aerodinâmico Básico Voltado A Competição Sae Brasil Aerodesign**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 44. *Anais...* Natal: UFRN/ABENGE. 2016.

VISCONTI, João Pedro Portela Guedes. **Estudo inicial de um veículo aéreo não tripulado do tipo tilt-rotor**. Juiz de Fora: 2016.

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

Audidores 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