

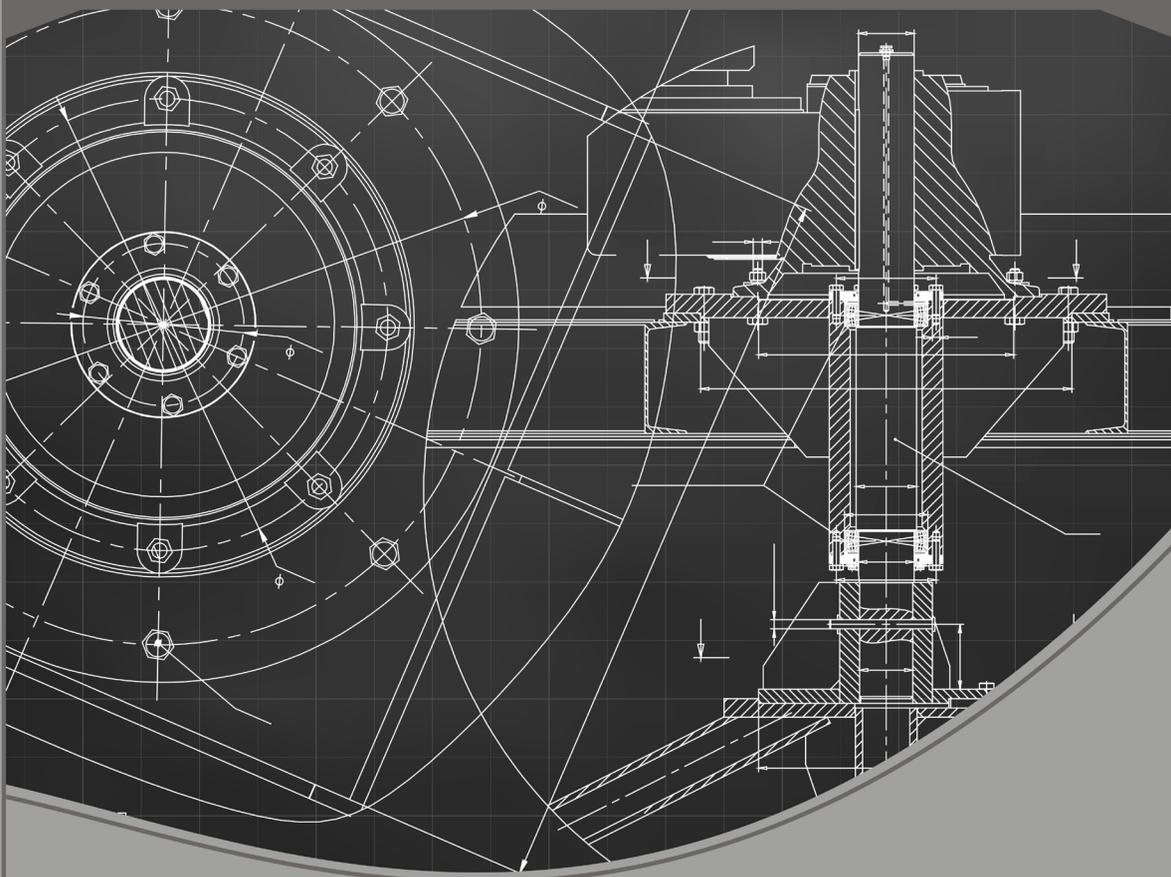
Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2021

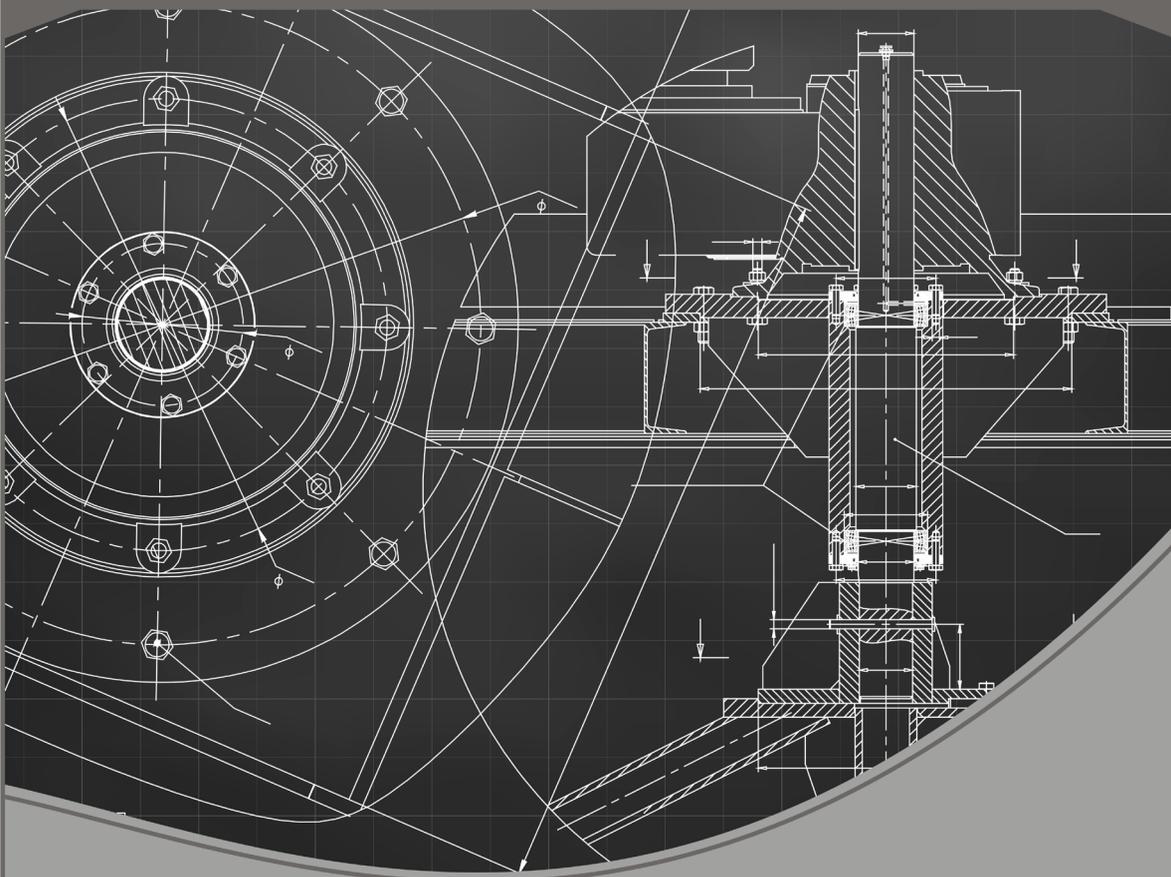
Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de 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
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele 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
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
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^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª 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
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª 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. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. 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. 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
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/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Engenharia mecânica: a influência de máquinas, ferramentas e motores no cotidiano do homem

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia mecânica: a influência de máquinas, ferramentas e motores no cotidiano do homem / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-882-3

DOI 10.22533/at.ed.823211703

1. Engenharia mecânica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.
CDD 621

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

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. O aumento no interesse por essa área se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral.

Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas, reduzindo o tempo de execução e a utilização de materiais.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de mecânica e materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PROPRIEDADES FÍSICAS E QUALIDADE DE COLAGEM DE PAINEL COMPENSADO
PRODUZIDO COM LÂMINAS TERMORRETIFICADAS E RESINA POLIURETANA

Danilo Soares Galdino

Cristiane Inácio de Campos

Ricardo Marques Barreiros

DOI 10.22533/at.ed.8232117031

CAPÍTULO 2..... 9

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE LIGAS DE MEMÓRIA DE FORMA EM AERONAVES NÃO
TRIPULADAS

João Gabriel Benedito Duarte

Mayara Auxiliadora Castilho Benites

Victor Leone Rabito Chaves

Edson Godoy

Vanessa Motta Chad

Márcia Moreira Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.8232117032

CAPÍTULO 3..... 22

APLICAÇÃO DE UM MECANISMO BALANCE BAR A UM SISTEMA DE FREIO DE UM
VEÍCULO *OFF ROAD* DO TIPO BAJA

Gustavo da Rosa Fanfa

Bruno Almeida Nunes

Antonio Domingues Brasil

DOI 10.22533/at.ed.8232117033

CAPÍTULO 4..... 34

DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO ALTERNATIVO PARA
APROVECHAR LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA

Diógenes Manuel de Jesús Bustan Jaramillo

José Leonardo Benavides Maldonado

Andrea del Pilar Narváez Ochoa

DOI 10.22533/at.ed.8232117034

CAPÍTULO 5..... 48

AVALIAÇÃO TÉRMICA DE VEICULOS COM E SEM PELICULA TÉRMICA

Weverson Carlos Fortes

Maribel Valverde Ramirez

DOI 10.22533/at.ed.8232117035

CAPÍTULO 6..... 57

COMPARISON OF EXPERIMENTAL DATA AND PREDICTION MODELS OF MINIMUM
FLUIDIZATION VELOCITY FOR A RICE HUSK AND SAND MIXTURE IN FLUIDIZED BED

Fernando Manente Perrella Balestieri

Carlos Manuel Romero Luna

Ivonete Ávila

DOI 10.22533/at.ed.8232117036

CAPÍTULO 7..... 65

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA AVALIAÇÃO DOS ATUAIS PROCESSOS DE SECAGEM DE GRÃOS

José Roberto Rasi

Mario Mollo Neto

Roberto Bernardo

DOI 10.22533/at.ed.8232117037

CAPÍTULO 8..... 81

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA INTERFACE HÁPTICA PARA TESTES DE CONTROLE MOTOR. DESIGN E VALIDAÇÃO DE UMA NOVA INTERFACE MECÂNICA

Adriano Augusto Antongiovanni

Arturo Forner Cordero

DOI 10.22533/at.ed.8232117038

CAPÍTULO 9..... 100

BRAÇO ROBÓTICO UTILIZANDO SENSOR DE COR PARA SEPARAÇÃO DE OBJETOS

Airam Toscano Lobato Almeida

Gefté Alcantara de Almeida

Eduardo Garcia Medeiros

Douglas Pires Pereira Junior

Samuel Vasconcelos de Oliveira

Carlos Henrique Cruz Salgado

DOI 10.22533/at.ed.8232117039

CAPÍTULO 10..... 106

BENEFICIAMENTO DO MINÉRIO DE NIÓBIO ATRAVÉS DA CONCENTRAÇÃO POR PROCESSOS MECÂNICOS E SOLUÇÕES QUÍMICAS: ESTUDO TEÓRICO APROFUNDADO

Luiz Eduardo Ortigara

Mario Wolfart Júnior

Carlos Wolz

DOI 10.22533/at.ed.82321170311

CAPÍTULO 11..... 120

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE ECLUSAS PARA OS COMBOIOS PADRÃO TIETÉ

Antonio Eduardo Assis Amorim

DOI 10.22533/at.ed.82321170312

CAPÍTULO 12..... 131

DESENVOLVIMENTO DE UM CÓDIGO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO POR CAPTURA DE IMAGEM

Giovanni Luiz Fredo

Paulo Rogério Novak

DOI 10.22533/at.ed.82321170313

SOBRE OS ORGANIZADORES	142
ÍNDICE REMISSIVO.....	143

CAPÍTULO 11

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE ECLUSAS PARA OS COMBOIOS PADRÃO TIETÊ

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 22/01/2021

Antonio Eduardo Assis Amorim

CEETEPS, Faculdade de Tecnologia de Jahu
Jahu – SP

Lattes: 4242755073262801

ORCID: 0000-0001-9567-2966

RESUMO: A hidrovía Tietê-Paraná é um importante corredor para escoar a produção de grãos da região Centro-Oeste e uma boa porcentagem de colisões ocorre em manobras de aproximação para entrar na câmara da eclusa, devido as condições climáticas e comportamentais da tripulação. Embora a modelagem matemática do comboio seja conhecida, o comportamento do comboio em águas restritas sob a ação de ventos e ondas é um assunto recente. Desta forma este trabalho procura estudar o comportamento do comboio sob estas condições, procurando identificar estratégias de operação e capacidade de manobra. Com estas informações, pretendemos desenvolver um sistema de controle que auxilie o comandante para este tipo de manobra de aproximação e entrada na câmara da eclusa.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança da navegação. Hidrovía. Modelagem matemática. Modelo reduzido. Sistema de controle.

STUDY AND DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF TRANSPOSITION OF LOCKS FOR THE TIETÊ STANDARD CONVOYS

ABSTRACT: The Tietê-Paraná waterway is an important corridor to drain grain production from the Midwest region and a good percentage of collisions occurs in approach maneuvers to enter the lock chamber, due to the climatic and behavioral conditions of the crew. Although the mathematical modeling of the convoy is known, the behavior of the convoy in restricted waters under the action of winds and waves is a recent subject. Thus, this paper seeks to study the behavior of the paper under these conditions, seeking to identify strategies of operation and maneuverability. With this information, we intend to develop a control system that assists the commander for this type of approach maneuver and entry into the lock chamber.

KEYWORDS: Navigation safety. Waterway. Mathematical modeling. Reduced model. Control system.

1 | INTRODUÇÃO

A região Centro-Oeste do Brasil é um importante centro produtor agrícola, tendo uma participação de 43,2 % de toda a produção nacional e boa parte da produção se destina ao porto de Santos, empregando em maior intensidade os modais ferroviário ou hidroviário (MATA *et al.*, 2017). A hidrovía Tietê-Paraná possui um trecho navegável de 2400 km composta de 8 barragens com 10 eclusas e 5

barragens sem eclusas. As eclusas possuem dimensões para a passagens de embarcações tipo Tietê, que apresentam 137 m de comprimento, 11 m de largura, 7 m acima da linha d'água e calado de 2,5 m a 2,80 m.

Os comboios utilizados da Hidrovia Tietê-Paraná possuem sistema de propulsão e governo formado por hélice de passo fixo e leme e que utilizam a formação 2x2 (um empurrador e quatro barcaças – duas colunas).

De acordo com os dados registrados nos acórdãos do Tribunal Marítimo da Marinha, até meados de 2000 boa parte dos acidentes ocorriam envolvendo colisão dos comboios com os vãos das pontes. Após a instalação de dispositivos de proteção para as colunas das pontes, a incidência maior dos acidentes se dá na operação de aproximação dos comboios em direção às eclusas (AMORIM; PADRONI; LUKINE, 2017). A razão desta incidência de acidentes ocorre em parte porque os comboios não dispõem de propulsão azimutal e porque há uma pista de ventos considerável presente nas proximidades da eclusa de forma que ventos e ondas consideráveis incidem na embarcação e porque a manobra se dá em trechos de baixa profundidade, afetando o seu comportamento de manobra.

A modelagem matemática para comboios é bem conhecida na literatura, requerendo apenas a caracterização dos parâmetros hidrodinâmicos (FOSSEN, 1994). (BRARD, 1951) em ensaios no tanque de provas percebe que o coeficiente de arrasto da embarcação varia em função da profundidade, assim como as manobras dependem da dimensão da embarcação. (PADOVEZI, 2003; PADOVEZI *et al.*, 2008; PADOVEZI; GANDARA, 2009) mostram que os comboios que navegam na hidrovia apresentam tempos longos de respostas aos comandos do comandante. (AMORIM; MENDONÇA; TROVATI, 2011; OLIVEIRA; TROVATI, 2011; TROVATI *et al.*, 2011) analisam o comportamento dos ventos e ondas na hidrovia e os efeitos nas manobras da embarcação.

(KING *et al.*, 2008a; KING; YASUKAWA; HIRATA, 2008; KOH; YASUKAWA; HIRATA, 2008) estudam por meio de simulação computacional, o comportamento hidrodinâmico de vários arranjos de comboios em manobras de zig-zag e de curvatura e mostram que os coeficientes hidrodinâmicos dependem do ângulo de deriva.

(KING; YASUKAWA; HIRATA, 2008) observam que, em águas restritas, os parâmetros hidrodinâmicos e os índices utilizados para a parametrização de uma embarcação variam com a profundidade.

(YUBA, 2014) analisa os comportamentos de diferentes tipos de propulsores na hidrovia.

(AMORIM; PADRONI; LUKINE, 2017) analisam questões comportamentais que afetam o desempenho da tripulação nas manobras. De acordo com o relato dos comandantes, as manobras são mais arriscadas quando há ventos fortes nas proximidades da eclusa.

Em vista da ocorrência de acidentes nas manobras de aproximação nas eclusas, este trabalho apresenta os resultados obtidos tanto na simulação matemática quanto em

um modelo reduzido, em uma manobra de aproximação. O modelo é desenvolvido usando a plataforma Arduino, com acelerômetro e uma câmera de vídeo a bordo do comboio. Na eclusa estão dispostos dois sinais luminosos que servem para orientar o posicionamento do comboio.

2 | MODELAGEM MATEMÁTICA

A modelagem mais simples que descreve o comportamento hidrodinâmico de um comboio envolve três graus de liberdade, movimento avante (X), de caimento (Y) e de deriva (N). Nesta modelagem, a massa é considerada constante, o centro de gravidade da embarcação está na origem ($\vec{r}_c = \vec{0}$), os eixos principais do momento de inércia coincidem com os eixos do Sistema de referência móvel, $I = \text{diag}(I_x, I_y, I_z)$ e a embarcação tem um eixo de simetria xz.

A modelagem matemática envolve as forças devido a hidrodinâmica, propulsão, leme, peso, empuxo, ondas, ventos e manobras em águas restritas.

Quando a embarcação se move, parte do fluido se move junto com a embarcação, tornando a embarcação mais pesada (FOSSEN, 1994; IMLAY, 1961). As equações envolvem termos cruzados das velocidades e de suas coordenadas (MILNE-THOMSON, 1962) e, como o comboio se desloca com velocidades baixas, termos quadráticos ou de ordem superior são desprezados. Portanto, a equação que descreve o movimento da embarcação é

$$\begin{aligned} X_H + X_P + X_R + X_W + X_w &= (m + m_x)(\dot{u}) + (m + m_y)vr, \\ Y_H + Y_R + Y_W + Y_w &= (m + m_y)(\dot{v}) + (m + m_x)ur, \\ N_H + N_R - (Y_H + Y_R)x_g + N_W + N_w &= (I_z + J_r)\dot{r}. \end{aligned} \quad (1)$$

na qual os termos m_x , m_y são as massas adicionais e J_x é o momento de inércia adicional, m é a massa do comboio, X é a força que atua na direção avante, Y é a força que atua na direção de caimento e N é o torque que age na deriva, I_z é o momento de inércia do comboio, r é a rotação do comboio em torno do eixo z e u e v são as velocidades a vante e na lateral, respectivamente. Utilizamos para a simulação os dados extraídos por (KING *et al.*, 2008b).

As forças X , Y e N são devido a ação do propulsor (índice P), leme (índice R), vento (índice W), ondas (índice w) e amortecimento hidrodinâmico (índice H).

Alguns autores utilizam termos lineares, quadráticos ou ambos para o termo de amortecimento hidrodinâmico (FOSSEN, 1994; KING *et al.*, 2008b; YUBA, 2014). Usaremos a abordagem usando termos quadráticos. A força hidrodinâmica de amortecimento que age sobre todo o casco do comboio em uma manobra é principalmente gerada pela pressão do fluido. O fluxo ao longo do casco está ligado ao comprimento do comboio e ao deslocamento do calado, de forma estas duas grandezas podem ser usadas para expressar a força

hidrodinâmica sobre o casco. A velocidade do comboio U é

$$U = \sqrt{u^2 + v^2}, \quad (2)$$

e as forças hidrodinâmicas X_H , Y_H e N_H são expressas na forma

$$\begin{aligned} X_H &= \frac{1}{2} \rho L d U^2 X'_H(\beta, r'), \\ Y_H &= \frac{1}{2} \rho L d U^2 Y'_H(\beta, r'), \\ N_H &= \frac{1}{2} \rho L^2 d U^2 N'_H(\beta, r'). \end{aligned} \quad (3)$$

na qual $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$ é a densidade da água, L é o comprimento do comboio, d é o calado, r' é a quantidade

$$r' = r \frac{L}{U} \quad (4)$$

e

$$\beta = \text{atan} \left(-\frac{v}{u} \right). \quad (5)$$

Os termos são definidos como segue

$$\begin{aligned} X'_H &= X'_0 \cos^2 \beta + X'_{\beta\beta} \beta^2 + X'_{\beta r} \beta r' + X'_{rr} r'^2, \\ Y'_H &= Y'_\beta \beta + Y'_r r' + Y'_{\beta\beta} \beta^3 + Y'_{\beta r} \beta^2 r' + Y'_{rr} \beta r^2 + Y'_{rrr} r^3, \\ N'_H &= N'_\beta + N'_r r' + N'_{\beta\beta} \beta^3 + N'_{\beta r} \beta^2 r' + N'_{rr} \beta r^2 + N'_{rrr} r^3, \end{aligned} \quad (6)$$

na qual X'_0 é o coeficiente de resistência ao avanço do comboio e os demais coeficientes são derivadas hidrodinâmicas obtidas da expansão dos termos. (KING *et al.*, 2008b) descarta os termos $Y'_{\beta r}$, Y'_{rr} , $N'_{\beta r}$ e N'_{rr} pela dificuldade em determinar tais valores com boa precisão. Os valores destes parâmetros, na simulação, seguem os adotados em (KING *et al.*, 2008b). O peso do comboio se equilibra com a força empuxo.

A propulsão de um comboio é formada por um conjunto de dois propulsores convencionais, de forma que a contribuição é dada por

$$X_P = \sum_1^2 (1 - t) T_P, \quad (7)$$

na qual t é o coeficiente de redução da força propulsora. O empuxo de cada propulsor é

$$T_p = \rho n^2 D_p^4 K_T(J, p), \quad (8)$$

na qual n é a rotação do motor, D é diâmetro do hélice, K_T é o coeficiente de empuxo, sendo função do coeficiente de avanço J e do passo do hélice p ,

$$J = u \frac{1 - w_p}{n D_p}, \quad (9)$$

na qual w_p é coeficiente de esteira, que representa a redução da velocidade de escoamento do fluido na esteira da popa do navio, onde se localiza o propulsor, e depende do formato do casco.

(YUBA, 2014) assim como (KING *et al.*, 2008b) estudaram a navegação na hidrovia usando hélice de diâmetro pequeno, com diâmetro de 1,8 m e rotação de 300 rpm de forma que para esta característica,

$$K_T(J, P) = -0,326pJ - 0,2005J + 0,5234p - 0,0398. \quad (10)$$

(KING *et al.*, 2008b; YUBA, 2014) utilizam a fórmula de Hirano para o coeficiente de esteira, que relaciona o coeficiente de esteira com o ângulo

$$w_p = w_{p0} e^{c_1 \beta_p^2}, \quad (11)$$

onde w_{p0} é o coeficiente de esteira para o movimento de avanço, C_1 é um fator de correção e β_p é o ângulo de deriva do propulsor

$$\beta_p = \beta - l' r', \quad (12)$$

na qual l' é a razão da distância do propulsor ao CG (dp_{CG}) do comboio pelo comprimento do comboio (LOA),

$$l' = \frac{dp_{CG}}{LOA}. \quad (13)$$

Os valores a serem utilizado seguem os empregado por (KING *et al.*, 2008b; YUBA, 2014). As forças e momento devidos ao leme é

$$\begin{pmatrix} X_R \\ Y_R \\ N_R \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} (1 - t_R) \sum F_N \sin \\ (1 - a_H) \sum F_N \cos \delta \\ -(x_R + a_H x_H) \sum F_N \cos \delta \end{pmatrix} \quad (14)$$

na qual t_R é um coeficiente que incorpora a redução na resistência comparada com a componente longitudinal da força sobre o leme; a_H é o coeficiente de força no eixo decorrente da perturbação do fluxo ao redor do casco sendo proporcional a força do leme; x_H denota a posição longitudinal do ponto de aplicação da força adicional devido ao casco

e x_R é a posição do leme no eixo Ox e δ_R é o ângulo do leme,

$$\delta_R = \text{atan}\left(\frac{v_R}{u_R}\right), \quad (15)$$

e

$$\delta = \delta_R + \alpha_R. \quad (16)$$

A força normal ao leme, em geral, é dada por

$$F_N = \frac{1}{2} \rho A_R f_\alpha U_R^2 \sin \alpha_R, \quad (17)$$

na qual A_R é a área do leme, f_α é o gradiente do coeficiente de sustentação (lift) do leme e é dado por

$$f_\alpha(\Lambda) = \frac{6,13\Lambda}{\Lambda + 2,25}, \quad (18)$$

na qual Λ é o aspecto do leme e

$$U_R^2 = v_r^2 + u_r^2. \quad (19)$$

Os componentes da velocidade sobre o leme dependem do jato de água gerado pelo propulsor à montante (YUBA, 2014). (YUBA, 2014) emprega a fórmula para o cálculo da velocidade longitudinal sobre o leme

$$u_R = u \left\{ 1 + K_R \left[\left(1 + \frac{8K_T}{\pi J^2} \right)^{1/2} - 1 \right] \right\}, \quad (20)$$

na qual u_p é a velocidade relativa do fluido na direção longitudinal na posição do propulsor e K_R o fator de correção devido à posição do propulsor e do leme, dado por

$$K_R = \frac{4x_p + 0,3D_p}{4x_p + 0,6D_p}, \quad (21)$$

com x_p sendo a distância entre o propulsor e o leme. A Tabela 1 mostra os dados a serem usados na simulação e que correspondem ao modelo reduzido da embarcação. Existem, para o caso de comboios efetuando uma manobra no lago de uma eclusa, dois componentes: ventos que atingem um comboio vazio, que é a situação mais crítica, ao invés de um comboio carregado e ondas geradas pelo vento.

Os ventos que afetam a dinâmica da embarcação podem ser descritos em termos da combinação de um termo que é a velocidade média e de um outro termo contendo termos oscilatórios de alta frequência. Existe na literatura uma variedade de abordagens destes espectros de ventos que pode ser vista, de forma simplificada em (FOSSSEN, 1994).

Grandeza	Valor
Área do leme (m ²)	0,016
Diâmetro do hélice (m)	0,026
Número de lemes	2
Altura do leme (m) – h_R	0,03
Distância entre leme e propulsor (m) – x_P	0,0206
Coefficiente de redução na resistência sobre o leme – t_R	0,055
Parâmetro de interação entre leme e casco – α_H	0,194
Razão do aspecto do leme – Λ	-0,427
Coefficiente de retificação do leme – γ_R	0,23

Tabela 1. Dados do sistema do leme do empurrador.

Fonte: Próprio autor.

A abordagem de Isherwood considera forças e momentos oriundos do vento com termos quadráticos da velocidade dados por

$$\begin{aligned}
 X_W &= \frac{1}{2} C_X(\gamma_R) \rho_W v_R^2 A_T, \\
 Y_W &= \frac{1}{2} C_Y(\gamma_R) \rho_W v_R^2 A_L, \\
 N_W &= \frac{1}{2} C_N(\gamma_R) \rho_W v_R^2 A_L L,
 \end{aligned}
 \tag{22}$$

na qual C_X , C_Y e C_N são constantes a serem determinadas experimentalmente, ρ_W é a densidade do ar, A_T é a área transversal do comboio e A_L é a área lateral do comboio e L é comprimento total do comboio. Em relação ao referencial inercial o ângulo do vento é ψ_w enquanto o ângulo da embarcação em relação ao referencial é ψ . Para a embarcação, o vento está na direção

$$\psi_R = \psi_w - \psi,
 \tag{23}$$

como mostra a Figura 1.

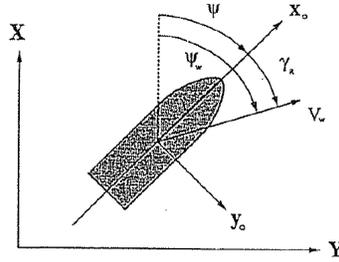


Figura 1. Definição da orientação da velocidade do vento.

Fonte: (FOSSEN, 1994).

A incidência de vento na embarcação produz dois efeitos, alterar os valores dos componentes da velocidade na direção X_0 e Y_0 e afetar a velocidade de rotação da embarcação. Uma vez que o comboio navega nos lagos das eclusas, será assumido que não há correnteza. Desta forma, os componentes da velocidade relativa v_R são

$$u_R = v_W \cos \gamma_R - u, \quad (24)$$

$$v_R = v_W \sin \gamma_R - v.$$

(PADOVEZI, 2003) verifica experimentalmente que C_x , C_y e C_N são menores que 1. (OLIVEIRA, 2013) efetua medidas dos coeficientes C_y em um modelo reduzido obtendo resultados similares. Em vista do comportamento dos valores dos coeficientes, por meio de uma interpolação de dados, é possível afirmar que

$$\begin{aligned} C_x &= 0,0244\gamma_R^3 - 0,1141\gamma_R^2 + 0,0387\gamma_R + 0,1217, \\ C_y &= -0,4141\gamma_R^2 + 1,2711\gamma_R, \\ C_N &= -0,2871\gamma_R^3 + 1,5186\gamma_R^2 - 1,9442\gamma_R. \end{aligned} \quad (25)$$

Os dados das velocidades do vento podem ser extraídos dos projetos ONDISA 5 e ONDISA 8 (AMORIM; MENDONÇA; TROVATI, 2011; TROVATI *et al.*, 2011). Os dados de vento foram obtidos no reservatório de Ilha Solteira no período de 1970 a 1997 e que podem ser considerados na análise para outras eclusas. Há uma predominância de ventos nas direções Leste e Nordeste e a velocidade de 25 a 30 nós.

3 I RESULTADOS

Utilizamos para os estudos um modelo reduzido na escala 1:50, na qual a propulsão é feita com dois motores elétricos, operador por placa PWM e controlados por uma placa Arduino. O leme é acionado por servo motor. O sensor de posição é um acelerômetro de seis graus e uma câmera de vídeo.

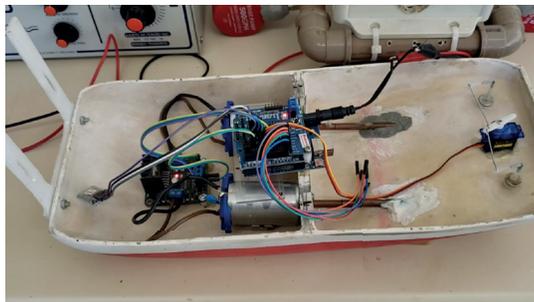


Figura 2. Visto do interior do empurrador com a placa Arduino UNO, dois propulsores acionados por motores elétricos e o leme, acionado por servo motor.

Fonte: (Autor).

Inicialmente efetuamos uma simulação numérica do comportamento do comboio, seguindo uma trajetória de aproximação à eclusa. Um controle PID foi utilizado atuando sobre os propulsores e no leme. Adotamos a velocidade máxima de ventos em uma dada direção. O código foi escrito no Octave, aplicativo gratuito. Uma trajetória foi desenhada (azul) e a resposta da trajetória está em vermelho.

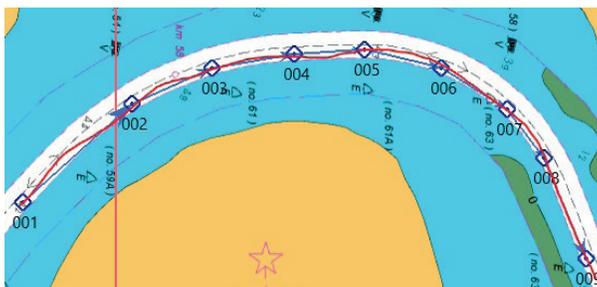


Figura 3. Análise da trajetória desejada (azul) e a simulada (vermelha) por meio da simulação numérica.

Fonte: (Autor).

As respostas mostram a influência do vento sobre o comboio. Destacamos que como a manobra se dá com velocidades bem baixas, a ação do vento acaba afetando o controle. O mesmo resultado foi obtido no modelo reduzido. Destacamos neste trabalho o desenvolvimento do modelo matemático, assim como dos parâmetros hidrodinâmicos, para o comboio no arranjo BP12, que é o arranjo empregado em manobras de aproximação da eclusa. O modelo reduzido foi construído e utilizado para a validação dos resultados obtidos na simulação. Observamos que os ventos afetam o sistema de manobra, que é

composto de dois propulsores e dois lemes. Utilizamos dois leds dispostos na entrada da eclusa e uma câmera de vídeo embarcada. A câmera permite identificar a distância que o comboio está da entrada da câmera assim como o posicionamento do comboio em relação à câmera.

Este sistema permite que mesmo em situações adversas, como neblina, o sistema identifique a posição do comboio em relação à entrada da eclusa. Tal sistema permite ao comandante visualizar as extremidades da eclusa e verificar a manobra de aproximação, sendo que estando em desacordo, um alarme soa visualmente na tela, permitindo correções na manobra. Esperamos que tais resultados tragam um melhor entendimento no comportamento do comboio neste tipo de manobra e que sistemas adicionais sejam implantados.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A. E. A.; MENDONÇA, E. T.; TROVATI, L. R. Projeto ondisa5 : hidrovía tietê-paraná: alerta de vento e ondas para segurança da navegação. *In*: 2011, Buenos Aires, Ar. **IPIN**. Buenos Aires, Ar.: IPIN, 2011. p. 9.

AMORIM, A. E. A.; PADRONI, R. M.; LUKINE, S. Comboios Fluviais - uma análise de comportamento e manobra através de estímulos visuais no simulador. *In*: (A. V. Sáenz et al., Org.) 2017, Cidade do Panamá, Panamá. **COPINAVAL 2017**. Cidade do Panamá, Panamá: Springer Nature, 2017.

BRARD, R. Maneuvering of Ships In Deep Water , in Shallow Water , and in Canals. **Summer meeting of the Society of Naval Architects and Marine Engineers**, [S. l.], p. 229–257, 1951.

FOSSEN, T. I. **Guidance and control of ocean vehicles**. West Sussex -- England: John Wiley & Sons, 1994. *E-book*.

IMLAY, F. **The complete expressions for added mass of a rigid body moving in an ideal fluid**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=AD0263966>.

KING, K. K. *et al.* Maneuvering simulations of pusher-barge systems. **Journal of Marine Science and Technology**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 117–126, 2008 a. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00773-007-0267-4>

KING, K. K. *et al.* Maneuvering simulations of pusher-barge systems I . Permission to publish. **J Mar Sci Technol**, [S. l.], v. 13, n. April 2016, p. 14, 2008 b. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00773-007-0267-4>

KING, K. K.; YASUKAWA, H.; HIRATA, N. Shallow Water Effect on Turning Motion of a Pusher-Barge System. *In*: 2008, **4th Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics**. [S. l.: s. n.] p. 1–4.

KOH, K. K.; YASUKAWA, H.; HIRATA, N. Hydrodynamic derivatives investigation of unconventionally arranged pusher-barge systems. **Journal of Marine Science and Technology**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 256–268, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00773-008-0004-7>

MATA, A. P. *et al.* **LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA**. Rio de Janeiro-RJ: [s. n.], 2017.

MILNE-THOMSON, L. M. **Theoretical Hydrodynamics**. 4th. ed. London, GBR: MacMillan & Co. Ltd., 1962. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/188087a0>

OLIVEIRA, B. M. **Software de Rastreamento de Embarcações e Plataforma Eletrônica para Ensaios Hidrodinâmicos em Túnel de Vento**. 2013. - UNESP, [s. l.], 2013.

OLIVEIRA, B. M. De; TROVATI, L. R. Rastreamento satelital de embarcações e modelagem hidrodinâmica para auxílio em operações de eclusagem . **Sistemas, Cibernética e Informática**, [S. l.], v. 8, p. 14–19, 2011.

PADOVEZI, C. D. **Conceito de embarcações adaptadas à via aplicado à navegação fluvial no Brasil**. 2003. - USP, [s. l.], 2003.

PADOVEZI, C. D. *et al.* **Manobrabilidade de comboios fluviais**. São Paulo-SP-BR: [s. n.], 2008.

PADOVEZI, C. D.; GANDARA, M. P. **ESTUDO DE MANOBRABILIDADE DE COMBOIOS FLUVIAIS UTILIZANDO MODELO EM SEMI-ESCALA**. São Paulo-SP-BR: [s. n.], 2009.

TROVATI, L. R. *et al.* **Projeto ONDISA 8 - Desenvolvimento de tecnologia para transposição de barragens e de instrumentação para segurança da navegação hidroviária**. Ilha Solteira, SP: [s. n.], 2011.

YUBA, D. G. T. **Análise de sistemas de propulsão e manobra alternativos para aumento da manobrabilidade de comboios fluviais**. 2014. - Universidade de São Paulo, [s. l.], 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acelerômetro 122, 127, 131, 132, 134, 136

Aquecimento 9, 10, 11, 35, 48, 49, 56, 70, 71

B

Baja 22, 23, 24, 26, 32, 33

Balance 22, 23, 27, 28, 29, 30, 99

Beneficiamento 80, 106, 108, 109, 110, 116, 117

Bombas 13, 34, 37, 39, 43, 47

Braço robótico 100, 101, 104, 105

C

Características físicas 1

Carro 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56

Casca de arroz 57, 58

Ciclo de vida 95

Colagem 1, 2, 4, 5, 7, 8, 92, 93

D

Deslamagem 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 116, 117, 118

Deslocamentos 131

E

Efeito estufa 49, 57

Energia elétrica 34, 36, 37, 40

Energia mecânica 34, 36, 37, 38, 40

Energia potencial 34, 36, 37

F

Flotação 106, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119

Fotogrametria 131

Freios 22, 23, 24, 25, 27

Frequência natural 131, 132, 134, 136, 137, 139, 141

H

Hidrovia 120, 121, 124, 129

I

Interface háptica 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 97, 98

L

Leito fluidizado 57, 58

M

Métodos de secagens 65

Mistura 57, 58, 116

Moagem 106, 108, 109, 110, 111, 112, 117, 118, 119

N

Nióbio 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 118, 119

O

Off road 22, 23

P

Painel compensado 1, 2

Película térmica 48, 49, 55

R

Resina poliuretana 1, 2, 3, 7

S

Secadores 65, 72, 74, 75

Segurança da navegação 120, 129, 130

Sensor de cor 100, 101, 102, 104

Separação 100, 104, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 117, 118

T

Temperatura 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 17, 19, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 107

Termorretificação 1, 2, 4, 5, 7, 8

Teste controle 81

Turbinas 14, 34, 38

U

Umidade 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 73, 74, 75

V

Variação 22, 23, 26, 27, 68, 104

Velocidade 18, 35, 38, 39, 45, 50, 57, 58, 64, 68, 69, 70, 85, 89, 103, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 136

Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021