



Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica 2

**Atena**
Editora
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias na
Engenharia Mecânica
2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia mecânica 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-85-7247-247-0

DOI 10.22533/at.ed.470190504

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa – Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Série.

CDD 670.427

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

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

Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas. Nesta obra é conciliada duas atividades essenciais a um engenheiro mecânico: Projetos e Simulação.

É possível observar que na última década, a área de projetos e simulação vem ganhando amplo destaque, pois através de simulações pode-se otimizar os projetos realizados, reduzindo o tempo de execução, a utilização de materiais e os custos finais.

Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens nos projetos dentro da grande área das engenharias.

Trabalhos envolvendo simulações numéricas, tiveram um grande avanço devido a inserção de novos softwares dedicados a áreas específicas, auxiliando o projetista em suas funções. Sabe-los utilizar de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Neste livro são apresentados vários trabalhos, alguns com resultados práticos, sobre simulações em vários campos da engenharia industrial, elementos de maquinas e projetos de bancadas práticas.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a projetar e fabricar sistemas mecânicos e industriais.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
RESOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DA DIFUSÃO UNIDIMENSIONAL COM SOLUÇÃO SUAVE UTILIZANDO MALHA ADAPTATIVA	
<i>Gabriel Marcos Magalhães</i> <i>Hélio Ribeiro Neto</i> <i>Aristeu da Silveira Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905041	
CAPÍTULO 2	14
USO DE MALHAS NÃO-ESTRUTURADAS NA RESOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DA DIFUSÃO	
<i>Gabriel Marcos Magalhães</i> <i>Alessandro Alves Santana</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905042	
CAPÍTULO 3	29
MÉTODOS NUMÉRICOS: DIFERENÇAS FINITAS E GUIA DE ONDAS DIGITAIS 1D E 2D - COMPARATIVO DE FREQUÊNCIAS	
<i>Brenno Lobo Netto Peixoto</i> <i>Marlipe Garcia Fagundes Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905043	
CAPÍTULO 4	43
INFLUÊNCIA DA DISCRETIZAÇÕES ESPACIAL E TEMPORAL EM PROBLEMA PURAMENTE ADVECTIVO	
<i>Thiago Fernando Santiago de Freitas</i> <i>Andreia Aoyagui Nascimento</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905044	
CAPÍTULO 5	53
FRONTEIRA IMERSA PARA CORPOS ESBELTOS	
<i>João Rodrigo Andrade</i> <i>Aristeu Silveira Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905045	
CAPÍTULO 6	61
MATHEMATICAL AND NUMERICAL MODELLING OF GAS-SOLID TURBULENT FLOWS IN COMPLEX GEOMETRIES	
<i>Stella Rodrigues Ferreira Lima Ribeiro</i> <i>Letícia Raquel de Oliveira</i> <i>João Marcelo Vedovoto</i> <i>Aristeu da Silveira Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4701905046	
CAPÍTULO 7	69
ESTUDO NUMÉRICO DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPERATURA TRANSIENTE EM PLACAS	
<i>William Denner Pires Fonseca</i>	

*Taísa Santos Machado
Eduardo Mendonça Pinheiro
José Felipe Lopes de Carvalho
Sidney da Conceição Alves
Thiago Santana de Oliveira*

DOI 10.22533/at.ed.4701905047

CAPÍTULO 8 83

IDENTIFICAÇÃO EXPERIMENTAL E PROJETO DE UM PID PARA UM SERVOMECANISMO

*Wesley Pereira Marcos
Rodrigo Hiroshi Murofushi
Bruno Luiz Pereira*

DOI 10.22533/at.ed.4701905048

CAPÍTULO 9 98

MODELAGEM ESTOCÁSTICA DE ESTRUTURAS COMPÓSITAS CONTENDO SHUNT RESISTIVO PARA O CONTROLE PASSIVO DE VIBRAÇÕES

*Lorrane Pereira Ribeiro
Antônio Marcos Gonçalves de Lima
Victor Augusto da Costa Silva*

DOI 10.22533/at.ed.4701905049

CAPÍTULO 10 114

PROJETO E ANÁLISE DE VIBRAÇÕES POR ELEMENTOS FINITOS DE UM CHASSI TIPO SPACE FRAME MINI-BAJA

*Marcos Claudio Gondim
Ellberlandyo Lima Grangeiro
Antonio Eurick Soares Campelo
Lucas Rodrigues Oliveira
Bruno de Oliveira Carvalho*

DOI 10.22533/at.ed.47019050410

CAPÍTULO 11 126

SIMULAÇÕES DOS ESFORÇOS VIBRACIONAIS DO CABO CAA 795 MCM (TERN) ATRAVÉS DE MÉTODOS ANALÍTICOS E NUMÉRICOS DE VIBRAÇÃO

*Jhonattan Dias
Rodrigo Canestraro Quadros
Marcos Jose Mannala
Marcio Tonetti*

DOI 10.22533/at.ed.47019050411

CAPÍTULO 12 133

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE FREIO APLICADO A UM VEÍCULO OFF-ROAD DO TIPO BAJA-SAE

*Felipe Alencar Motta
Lucas Rocha Dias da Silva*

DOI 10.22533/at.ed.47019050412

CAPÍTULO 13	146
OTIMIZAÇÃO DA ESCOLHA DA RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES ATRAVÉS DE MODELAGEM MATEMÁTICA: O PROJETO BAJA SAE	
<i>Pedro Melo Biz</i> <i>Leonardo Gomes</i> <i>Antônio Brasil</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050413	
CAPÍTULO 14	157
ANÁLISE CINEMÁTICA DE SUSPENSÃO TRAILING ARM COM CAMBER LINKS PARA VEÍCULO OFF-ROAD	
<i>Francisco José Rodrigues de Sousa Júnior</i> <i>João Lucas Jacob Araújo</i> <i>Gustavo Luis dos Santos Silva</i> <i>Antônio Ítalo Rodrigues Pedrosa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050414	
CAPÍTULO 15	169
APLICAÇÃO DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS DE 2ª ORDEM EM SUSPENSÃO VEICULAR	
<i>Alaí de Souza Machado</i> <i>Pedro Henrique Rodrigues Taveira</i> <i>Filipe Gomes Soares</i> <i>Domingos dos Santos Ponciano</i> <i>Marcus Victor de Brito Rodrigues</i> <i>João Lucas Jacob Araújo</i> <i>Gean Carlos Moura Mota</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050415	
CAPÍTULO 16	178
ANÁLISE AERODINÂMICA: SIMULAÇÃO FLUIDO DINÂMICA DO PROTÓTIPO EC-05 DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA EQUIPE COYOTE	
<i>Paulo Henrique Pereira Araujo</i> <i>Josué Alves Rodrigues Junior</i> <i>Thaiane Mayara Marques Licar</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050416	
CAPÍTULO 17	190
APLICAÇÃO DE SISTEMAS NEURO-FUZZY NA PREDIÇÃO DO COEFICIENTE DE SUSTENTAÇÃO DO AEROFÓLIO NACA 1412	
<i>Vitor Taha Sant'Ana</i> <i>Bruno Luiz Pereira</i> <i>Tobias Moraes</i> <i>Roberto Mendes Finzi Neto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050417	

CAPÍTULO 18	195
AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE CONTROLE ATIVO DE RUÍDO EM VENEZIANAS ACÚSTICAS COM CONFIGURAÇÕES DISTINTAS VIA ELEMENTOS FINITOS	
<i>Geisa Arruda Zuffi</i>	
<i>Fabiana Alves Pereira</i>	
<i>Marcus Antonio Viana Duarte</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050418	
CAPÍTULO 19	203
ABSORVEDORES ACÚSTICOS DE RUÍDO: MODELAGEM NUMÉRICA	
<i>Fabiana Alves Pereira</i>	
<i>Geisa Arruda Zuffi</i>	
<i>Israel Jorge Cárdenas Nuñez</i>	
<i>Marcus Antonio Viana Duarte</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050419	
CAPÍTULO 20	211
INVESTIGAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ESCOLHA DAS DIMENSÕES DO RECEPTOR NO MÉTODO DO TRAÇADO DE RAIOS ACÚSTICOS	
<i>Henrique Gebran Silva</i>	
<i>Marlipe Garcia Fagundes Neto</i>	
<i>Pollyana Alves Resende</i>	
DOI 10.22533/at.ed.47019050420	
SOBRE OS ORGANIZADORES	228

APLICAÇÃO DE SISTEMAS NEURO-FUZZY NA PREDIÇÃO DO COEFICIENTE DE SUSTENTAÇÃO DO AEROFÓLIO NACA 1412

Vitor Taha Sant’Ana

Laboratório de Aeronaves Autônomas – UFU

Bruno Luiz Pereira

Laboratório de Aeronaves Autônomas – UFU

Tobias Morais

Laboratório de Aeronaves Autônomas – UFU

Roberto Mendes Finzi Neto

Laboratório de Aeronaves Autônomas – UFU

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas *Neuro-Fuzzy*, coeficientes aerodinâmicos, otimização

1 | INTRODUÇÃO

As técnicas de inteligência computacional estão em destaque no mundo da engenharia, isso se dá ao fato da humanidade querer criar sistemas autônomos, através da ideia de *Machine Learning*, capazes de operarem sem a necessidade de um operador.

De todas as técnicas de *Machine Learning* conhecidas, a mais conhecida são as Redes Neurais Artificiais que são capazes de “aprender” através de dados de treinamento. O aprendizado da mesma é feito com a utilização de variáveis de entrada e de saída, sendo que a relação da entrada com a saída é feita através da otimização dos pesos das saídas de

cada neurônio dentro da estrutura. A utilização das Redes Neurais no treinamento de dados aerodinâmicos acontece desde a década passada (Rajkumar, 2002).

Uma outra técnica muito eficiente baseada em *Machine Learning* é os Sistemas *Neuro-Fuzzy*, que são baseados na Lógica *Fuzzy*, como o próprio nome já diz, e essa técnica será aplicada neste artigo.

2 | MODELAGEM DO SISTEMA NEURO-FUZZY

2.1 Sistema *Neuro-Fuzzy*

O sistema *Neuro-Fuzzy* adaptativo, conhecido também como *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) foi concebido através da junção da rede neural artificial ANN (*Artificial Neural Network*) com o Sistema de Inferência *Fuzzy* FIS (*Fuzzy Inference System*). Logo, a estrutura do ANFIS (Jang, 1992) herda a estrutura do FIS, ou seja, também contém o processo de *fuzzificação*, uma base de regras do tipo Se... Então..., uma máquina de inferência que relaciona a entrada com a saída e a defuzzificação; no entanto possui a mesma capacidade de aprendizado e adaptação da ANN através da adaptação dos parâmetros do

sistema *Fuzzy*, como mostra a Figura 1.

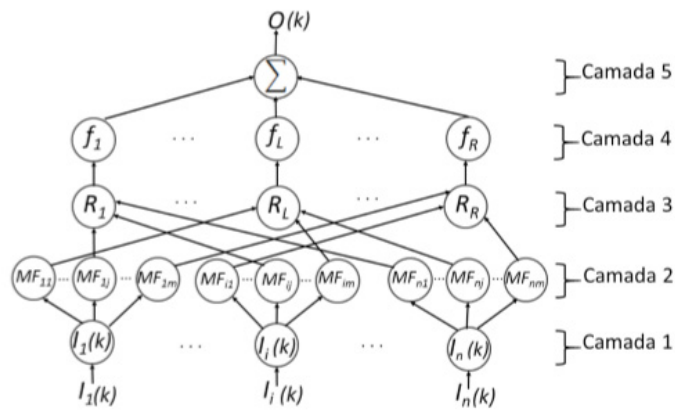


Figura 1: Representação de um sistema Neuro-Fuzzy.

A composição e função de cada camada do ANFIS, utilizando o método de inferência de Takagi-Sugeno (Pereira, 2017) é definida como:

Camada 1: Cada nó recebe uma variável de entrada $I_i(k)$ que será utilizado no processo de treinamento. A saída do nó i da camada 1 no tempo k , $u_i^{(1)}(k)$ é dada por:

$$u_i^{(1)}(k) = I_i(k) \quad (1)$$

Camada 2: Nesta etapa é realizada a *fuzzificação* das variáveis de entrada, ou seja, os números reais são transformados em subconjuntos *Fuzzy* com um certo grau de pertinência. É nessa etapa que as funções de pertinência (*Membership Functions* - *MF*) são construídas para a descrição das entradas. Considerando que a funções de pertinência sejam aproximadas por gaussianas, a saída do nó ij da camada 2 no tempo k , $u_{ij}^{(2)}(k)$, é dada por:

$$u_{ij}^{(2)}(k) = e^{-\left(\frac{(u_i^{(1)}(k) - m_{ij}(k))^2}{\sigma_{ij}^2(k)}\right)} \quad (2)$$

em que $m_{ij}(k)$ e $\sigma_{ij}^2(k)$ são respectivamente a média e o desvio padrão da função de pertinência gaussiana MF_{ij} .

Camada 3: Nesta etapa são realizadas as proposições do tipo Se.. Então, formando assim a base de regras para o ANFIS. Para cada regra, os operadores E e OU são tratados como mínimo e máximo, respectivamente de modo que saída do nó L dessa camada, $u_L^{(3)}(k)$, seja função das saídas da camada 2 selecionas a partir da regra R_L .

Camada 4: Os nós desta camada são tratados com consequentes, e é definido como sendo uma função $f_L: R^n \rightarrow R$ tal que $f_L = f(I_1, \dots, I_i, \dots, I_n, w_{1L}, \dots, w_{jL}, \dots, w_{oL}, k)$, em que $w_{1L}, \dots, w_{jL}, \dots, w_{oL}$ são

pesos que serão determinadas na fase de treinamento do ANFIS. Dessa maneira, a saída do nó L da camada 4 $u_L^{(4)}(k)$ é calculada por:

$$u_L^{(4)} = u_L^{(3)}(k) f_L(I_1, \dots, I_i, \dots, I_n, w_{1L}, \dots, w_{jL}, \dots, w_{oL}, k)$$

Camada 5: A última camada solta a resposta do sistema *Neuro-Fuzzy*, dada pela equação:

$$O(k) = \frac{\sum_{L=1}^R u_L^{(4)}(k)}{\sum_{L=1}^R u_L^{(3)}(k)} \quad (3)$$

2.2 Treinamento do Sistema *Neuro-Fuzzy*

Uma vez compreendido o funcionamento do Sistema *Neuro-Fuzzy*, foi possível aplicar o mesmo em um caso simples, o qual utilizou-se do software XFLR5 baseado em método dos painéis para gerar curvas do tipo $C_l \times \alpha$ de qualquer perfil aerodinâmico. Para este estudo, foi selecionado o perfil NACA 1412 e obtida as curvas dos coeficientes aerodinâmicos longitudinais a partir do perfil. Utilizou-se três variáveis de entrada para modelar o coeficiente de sustentação (C_l), vulgo saída do sistema, sendo elas: ângulo de ataque (α), número de Mach (Ma) e deflexão do flap (δ_f). A Fig. 2 mostra as simulações do perfil NACA 1412 em função de 10 valores de ângulo de ataque, 4 números de Mach e 3 deflexões de flap.

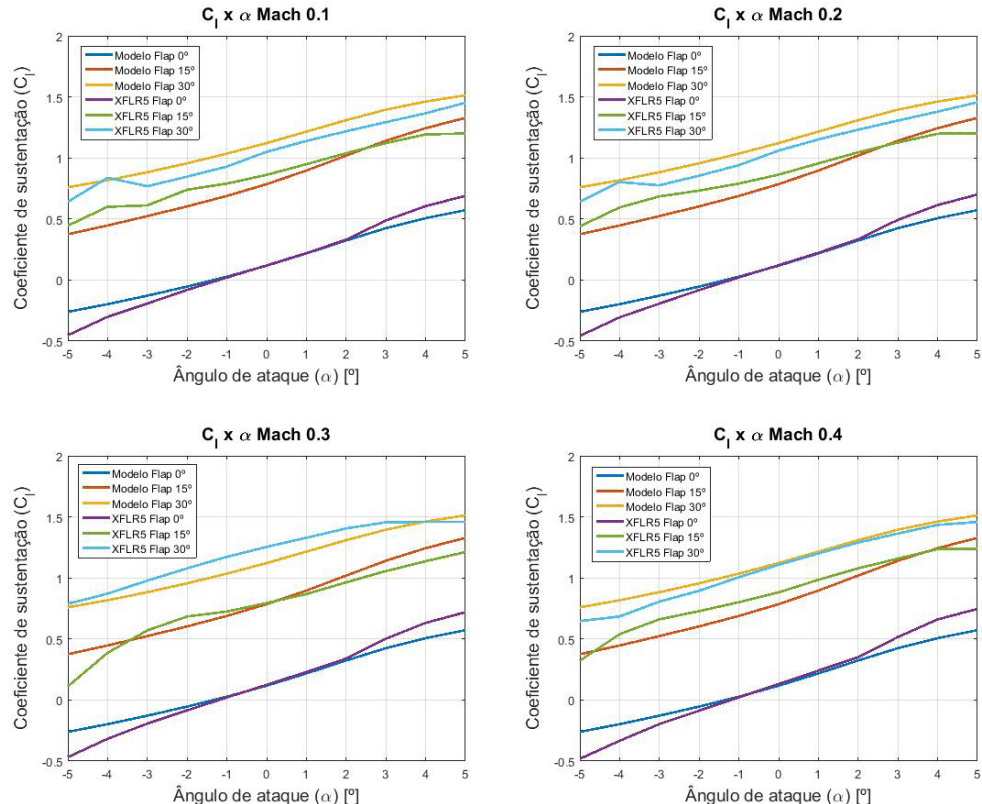


Figura 2: Gráfico do coeficiente de sustentação em função do ângulo de ataque do perfil NACA 1412 para 3 deflexões de flap e 4 números de Mach diferentes.

O tempo computacional para o treinamento foi de 188,68 segundos, utilizando

uma otimização baseada em evolução diferencial e para obter o erro médio quadrático entre o resultado do modelo e resultado numérico. O coeficiente do erro relativo foi de 0,095.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o treinamento, foi selecionado o número de Mach igual a 0.25 e deflexão de flap igual a para realizar a validação do Sistema *Neuro-Fuzzy* já treinado. A Fig. 3 mostra a comparação da análise numérica do perfil com o modelo já treinado.

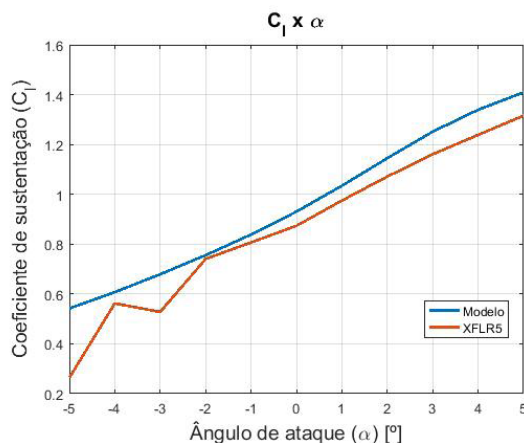


Figura 3: Gráfico do coeficiente de sustentação em função do ângulo de ataque para validação do treinamento.

O resultado obtido a partir do treinamento foi muito satisfatório, uma vez que os dados numéricos obtidos foram um pouco imprecisos devido a questão do método dos painéis não levar a viscosidade do fluido em consideração, isso faz com que há pequenas flutuações no regime linear da curva $C_l \times \alpha$ ou faz com que a simulação não convirja para alguns valores de ângulo de ataque.

4 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Pós-Graduação de Engenharia Mecânica e a Universidade Federal de Uberlândia, e por último e não menos importante a CAPES, CNPq e a FAPEMIG pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

Jang, J. S. Roger. Fuzzy Controller Design without Domain Experts. IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Berkeley, p. 289-296, mar. 1992.

Pereira, B.L. “Aplicação de sistemas neuro-fuzzy e evolução diferencial na modelagem e controle de veículo de duas rodas”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Uberlândia, 2017. 172f.

Rajkumar, T., Bardina, J. "Prediction of Aerodynamic Coefficients using Neural Networks for Sparse Data". National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2002.

5 | DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Henrique Ajuz Holzmann - Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

João Dallamuta - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de Telecomunicações pela UFPR. Especialista em Inteligência de Mercado pela FAE Business School. Mestre em Engenharia pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Sistemas Eletrônicos e Gestão Institucional.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-247-0

