

Engenharias, Ciência e Tecnologia 4

Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2019

Luís Fernando Paulista Cotian

(Organizador)

Engenharias, Ciência e Tecnologia

4

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

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)

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 4 [recurso eletrônico] / Organizador
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-087-2

DOI 10.22533/at.ed.872193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

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 obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume IV apresenta, em seus 29 capítulos, conhecimentos relacionados a Modelagem, Análise e Simulação relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Programação Matemática, Decisão Multicriterial e Teoria da Decisão e Teoria dos Jogos.

A área temática de Modelagem, Análise e Simulação trata de temas relevantes para a mecanismos que auxiliam na tomada de decisão, desde a modelagem e simulação até a análise dos resultados envolvendo assuntos relacionados a engenharia. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Modelagem, Análise e Simulação e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A UTILIZAÇÃO DE UM SOFTWARE PARA O DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA	
<i>Douglas Freitas Augusto dos Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931011	
CAPÍTULO 2	11
ALGORITMOS EVOLUTIVOS APLICADOS A OTIMIZAÇÃO OFF-LINE DE UM MAPA COGNITIVO FUZZY DE UM MISTURADOR INDUSTRIAL	
<i>Márcio Mendonça</i>	
<i>Edson Hideki Koroishi</i>	
<i>Lillyane Rodrigues Cintra</i>	
<i>Lucas Botoni de Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931012	
CAPÍTULO 3	19
APLICAÇÕES MATEMÁTICAS EM MEDIDAS AGRÁRIAS: UM CONHECIMENTO ETNOMATEMÁTICO DO HOMEM DO CAMPO CONTEXTUALIZADO COM O CONTEÚDO ESCOLAR	
<i>Deonísio Hul</i>	
<i>Silton José Dziadzio</i>	
<i>Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931013	
CAPÍTULO 4	34
AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA CONEXÃO DE UMA UNIDADE GERADORA DISTRIBUÍDA A UM ALIMENTADOR DE 13,8 KV UTILIZANDO O ATP	
<i>Jaqueline Oliveira Rezende</i>	
<i>Larissa Marques Peres</i>	
<i>Geraldo Caixeta Guimarães</i>	
<i>Marcelo Lynce Ribeiro Chaves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931014	
CAPÍTULO 5	46
CÁLCULO FRACIONÁRIO APLICADO À GENERALIZAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DE BAGAÇO DE UVA	
<i>Amanda Peruzzo da Motta</i>	
<i>Bruna de Souza Nascimento</i>	
<i>Fernanda Batista de Souza</i>	
<i>Douglas Junior Nicolin</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931015	
CAPÍTULO 6	57
CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO TÉRMICA DO BAGAÇO DE CANA	
<i>Edvan Vinícius Gonçalves</i>	
<i>Wardleison Martins Moreira</i>	
<i>Emanuel Souza Barros</i>	
<i>Sérgio Inácio Gomes</i>	
<i>Marcos de Souza</i>	
<i>Luiz Mario de Matos Jorge</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8721931016	

CAPÍTULO 7 67

CONTAGEM AUTOMÁTICA DE OVOS DO AEDES AEGYPTI EM PALHETAS DE OVITAMPAS: UM SISTEMA PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Carlos Diego Franco da Rocha
Ayla Márcia Cordeiro Bizerra
Demétrios Araújo Magalhães Coutinho
Luiz Fernando Virginio da Silva
Michel Santana de Deus
Phablo Márcio de Paiva Souto

DOI 10.22533/at.ed.8721931017

CAPÍTULO 8 75

CONTROLADOR FUZZY MAMDANI APLICADO À NAVEGAÇÃO AUTÔNOMA EM AMBIENTE DESCONHECIDO VARIANTE NO TEMPO

Eduardo Vilela Pierangeli
Jordann Alessander Rosa Almeida
Marcelo Vilela Pierangeli

DOI 10.22533/at.ed.8721931018

CAPÍTULO 9 82

CONTROLE ROBUSTO APLICADO EM UMA VIGA DE MATERIAL COMPÓSITO VISANDO ATENUAÇÃO DE VIBRAÇÕES

Camila Albertin Xavier da Silva
Daniel Almeida Colombo
Edson Hideki Koroishi
Albert Willian Faria

DOI 10.22533/at.ed.8721931019

CAPÍTULO 10 96

ESTRATÉGIAS HEURÍSTICAS PARA POSICIONAMENTO DE UNIDADES DE MEDIÇÃO FASORIAL

Marcio André Ribeiro Guimaraens
Julio Cesar Stacchini de Souza
Milton Brown Do Coutto Filho
Breno Crespo Zeba

DOI 10.22533/at.ed.87219310110

CAPÍTULO 11 109

ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA URBANIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SOUSA-PB NO PERÍODO DE 1984 A 2016

Márcia de Lacerda Santos
Thayse Bezerra da Silva
Maria Raiana Almeida Silva
Danielle Leal Barros Gomes

DOI 10.22533/at.ed.87219310111

CAPÍTULO 12 116

FLAMBAGEM LINEAR E NÃO-LINEAR UTILIZANDO UMA ANÁLISE NUMÉRICA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Rodrigo Villaca Santos
Leticia Barizon Col Debella

DOI 10.22533/at.ed.87219310112

CAPÍTULO 13..... 121

GEOLOGIA DA SERRA DO CARAÇA: PERFIS REAIS

Carolina Cristiano Barbosa
Ariadne Duarte Libutti Nuñez
Adriane Abreu Cadar
Alexandre Motta Tunes
Bárbara Alves Oliveira
Ulisses Cyrino Penha

DOI 10.22533/at.ed.87219310113

CAPÍTULO 14..... 132

GERENCIAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO: PREVISÃO DE COMPORTAMENTO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Josué Domingos da Silva Neto
Débora Cristina Almeida de Assis
Nayra Vicente Sousa da Silva
Zenilda Vieira Batista

DOI 10.22533/at.ed.87219310114

CAPÍTULO 15..... 143

INFLUÊNCIA DA INÉRCIA A TORÇÃO NO MOMENTO FLETOR DE PLACAS MACIÇAS DE CONCRETO

Leticia Barizon Col Debella
Rodrigo Villaca Santos

DOI 10.22533/at.ed.87219310115

CAPÍTULO 16..... 149

METODOLOGIA DE CONTROLE PREVENTIVO BASEADA EM ÁRVORE DE DECISÃO PARA A MELHORIA DA SEGURANÇA ESTÁTICA E DINÂMICA DO SISTEMA INTERLIGADO DA ELETRONORTE

Ubiratan Holanda Bezerra
João Paulo Abreu Vieira
Werboston Douglas de Oliveira
Daniel Augusto Martins
Dione José Abreu Vieira
Bernard Carvalho Bernardes
Benedito das Graças Duarte Rodrigues
Vilson Castro

DOI 10.22533/at.ed.87219310116

CAPÍTULO 17 166

O WATSON DA IBM

Eduardo Bruno de Almeida Donato
Amanda Moura Camilo

DOI 10.22533/at.ed.87219310117

CAPÍTULO 18..... 173

PROTÓTIPO DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE A PARTIR DA LEI DE DARCY

Guilherme Medina Cameu
Victor Araujo Figueredo Fischer
Wataru Iwamoto
Rômulo Henrique Batista de Farias

DOI 10.22533/at.ed.87219310118

CAPÍTULO 19 178

SIMULADOS ELETRÔNICOS DO PROCESSO SELETIVO DO IFPR: INSTRUMENTO DE DIVULGAÇÃO E DEMOCRATIZAÇÃO DO ENSINO

João Henrique Berssanette
Antonio Carlos de Francisco
Fabiane Ferreira
Maria Fernanda Müller Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.87219310119

CAPÍTULO 20 188

SOLARIZAÇÃO DO SOLO E BIOFUMIGAÇÃO NA VIABILIDADE DE SCLEROTIUM ROLFSSII

João Luiz Lopes Monteiro Neto
Roberto Tadashi Sakazaki
Raphael Henrique da Silva Siqueira
Carlos Abanto-Rodríguez
Sonicley da Silva Maia
Rannyonara Oliveira Rodrigues
Lucas Aristeu Anghinoni dos Santos
Beatriz Sayuri Campaner Sakazaki

DOI 10.22533/at.ed.87219310120

CAPÍTULO 21 194

SYNOPTERO: RECONSTRUINDO O MUNDO TRIDIMENSIONAL A PARTIR DO BIDIMENSIONAL

Lucas Maquedano da Silva
Marcos Cesar Danhoni Neves
Fernanda Tiemi Karia
Gabriel Francischini de Oliveira
Leandro Moraes Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.87219310121

CAPÍTULO 22 202

TENDÊNCIAS CLIMATOLÓGICAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL

Lucas Rosa de Almeida
Marcelo Vieira-Filho
Sílvia Yanagi
Marcelo Ribeiro Viola

DOI 10.22533/at.ed.87219310122

CAPÍTULO 23 217

TEORIA NA PRÁTICA: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DAS PRINCIPAIS PARTIDAS DA MÁQUINA DE INDUÇÃO

Murilo Miceno Frigo
Paulo Irineu Koltermann

DOI 10.22533/at.ed.87219310123

CAPÍTULO 24 229

UM ALGORITMO ITERATED LOCAL SEARCH PARA O STABLE MATCHING PROBLEM APLICADO AO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE ALUNOS NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO

Robson Vieira de Oliveira
Matheus Correia Teixeira
Marco Antonio Bonelli Junior

DOI 10.22533/at.ed.87219310124

CAPÍTULO 25 242

USO DE IMAGENS SENTINEL - 2A E O ALGORITMO SVM PARA MONITORAR AS APP DE NASCENTES E CURSOS D'AGUA DO RIBEIRÃO MARANHÃO, LAVRAS, MG

Ester Afonso
Katyanne Conceição
Beatriz Campos
Franklin Inácio
Margarete Volpato
Helena Alves

DOI 10.22533/at.ed.87219310125

CAPÍTULO 26 249

UTILIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO DIFERENCIAL EM PROBLEMAS INVERSOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE UMA VIGA EULER-BERNOULLI

Rennan Otavio Kanashiro
Edson Hideki Koroishi
Fabian Andres Lara-Molina

DOI 10.22533/at.ed.87219310126

CAPÍTULO 27 258

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA O ESTUDO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA

Eduardo Hélio de Novais Miranda
Rodrigo Allan Pereira
Francisco Carlos Gomes
Roberto Alves Braga Junior
Fernando Pujaico Rivera
Lucas Henrique Pedrozo Abreu

DOI 10.22533/at.ed.87219310127

CAPÍTULO 28 264

UTILIZAÇÃO DO SENSOR PT100 NO ARDUINO PARA CAPTAÇÃO DA TMR

Mariana Espíndola Vieira
Helena Dufau
Christian Muller
Anderson Ferrugem
Antonio Silva
Rafael Soares

DOI 10.22533/at.ed.87219310128

CAPÍTULO 29 269

DINÂMICA DE ESCOAMENTOS PARTICULADOS EM DUTOS VERTICAIS

Diego Nei Venturi
Francisco José De Souza

DOI 10.22533/at.ed.87219310129

SOBRE O ORGANIZADOR 280

UTILIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO DIFERENCIAL EM PROBLEMAS INVERSOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE UMA VIGA EULER-BERNOULLI

Rennan Otavio Kanashiro

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Cornélio Procópio – Paraná

Edson Hideki Koroishi

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Cornélio Procópio – Paraná

Fabian Andres Lara-Molina

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Cornélio Procópio – Paraná

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo utilizar a Evolução Diferencial para a identificação de parâmetros de uma viga flexível. A viga foi modelada de acordo com a teoria de Euler-Bernoulli e a metodologia proposta foi analisada numérica e experimentalmente. A análise experimental foi realizada utilizando uma régua de aço inoxidável, a partir da qual obteve-se a Função Resposta em Frequência. Esta resposta foi utilizada para aplicar o método de identificação dos parâmetros. Os resultados demonstraram a validade da metodologia visto que os parâmetros da viga foram identificados.

PALAVRAS-CHAVE: Viga Euler-Bernoulli, Identificação de Parâmetros, Evolução Diferencial.

ABSTRACT: The present work aimed to use the Differential Evolution to parameters identification of a flexible beam. The beam was

modelled according to the Euler-Bernoulli theory and the proposed methodology was performed numerical and experimentally. The experimental analysis was applied using a ruler of stainless steel, and thus the Frequency Response Function was obtained. This response was used to apply the parameters identification method. The results demonstrated the validity of the methodology since the parameters were identified.

KEYWORDS: Euler-Bernoulli Beam, Parameters Identification, Differential Evolution.

1 | INTRODUÇÃO

Na área de engenharia mecânica, quando se trata de projetar algum novo equipamento, é necessário que o projetista busque desenvolver equipamentos que, quando operando, possuam uma baixa propagação de vibrações e níveis de ruídos, já que os mesmos são indesejáveis e degradam a vida útil do equipamento gerando custos e até mesmo maiores problemas que poderiam ser evitados caso tivesse sido feito um melhor estudo e planejamento na fase de projeto, pois, hoje em dia, um produto deve apresentar algumas características essenciais como durabilidade, segurança e, também, baixo custo na produção. Em vista disso, é

extremamente importante obter um modelo matemático que descreva o comportamento de um sistema, onde seja possível considerar características típicas e propriedades de materiais presente nesse sistema em análise.

Para obter um modelo que descreva o comportamento de um sistema, é necessário considerar vários subsistemas, e assim, é possível fazer o uso do problema inverso utilizando algoritmos de otimização a fim de identificar os parâmetros desse modelo. Para se aplicar o algoritmo de otimização é preciso levar em consideração a natureza da função objetivo, as restrições e o número de variáveis dependentes e independentes (LOBATO, 2008).

A solução do problema inverso é obtida por meio do uso de métodos heurísticos de otimização, aqui, pode-se citar vários métodos, tais como Algoritmo Genético, Colônia de Formigas, Evolução Diferencial entre outros. Os métodos de otimização heurística são baseados na evolução biológica e vem sendo bastante utilizados devido ao grande avanço dos computadores nas últimas décadas. Quando esses métodos são aplicados em algum tipo de sistema dinâmico é para obter as combinações entre as variáveis de projeto e, então, obter um ponto ótimo de trabalho (KESHTKAR et al., 2011).

O presente trabalho utilizou a técnica de Evolução Diferencial (DE) para identificar os parâmetros de uma viga modelada de acordo com a teoria de Euler-Bernoulli, em um primeiro momento foi realizado uma análise numérica e em seguida a validação experimental foi aplicada.

2 | VIGA EULER BERNOULLI

Inicialmente, definiu-se uma viga de aço inoxidável engastada com extremidade livre como objeto de estudo, no caso, foi utilizado a Teoria de Viga de Euler Bernoulli para modelá-la (AZEVEDO, 2003; FISH e BELYTSCHKO, 2007).

A Figura 1 apresenta o esquema da viga utilizada.

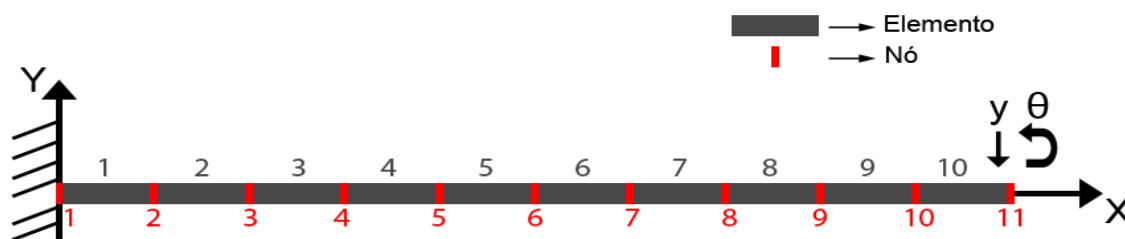


Figura 1: Esquema da viga utilizada.

Fonte: Autoria própria

Na análise numérica, considerou-se uma viga de aço inox com comprimento $L=300$ mm dividida em 11 nós e 10 elementos, onde cada nó possui 2 gdl's, deslocamento y e rotação θ , com área de seção transversal $S=39$ mm², momento de inercia $I=7,3125$

mm⁴, módulo de elasticidade $E= 187,5$ GPa, massa específica $\rho= 8000$ kg/m³ e uma força $F= 1$ N aplicada sobre o nó 2.

Com a viga modelada pelo método dos elementos finitos, foi possível obter alguns resultados numéricos, inclusive a Função Resposta em Frequência (FRF). Utilizando essa FRF obtida numericamente, pôde-se aplicar o método de otimização para obter os parâmetros e testar a precisão desse método empregado.

3 I SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

O objetivo da simulação numérica é testar a precisão do método e identificar o módulo de elasticidade (E), a massa específica (ρ) e os parâmetros de amortecimento proporcional, α e β . Para o uso da Evolução Diferencial foi utilizado a *toolbox* SimpleToolbox4.0, desenvolvido por Viana (2008).

A ideia é minimizar a diferença entre a FRF numérica e a identificada, isso é feito por meio da função objetivo, apresentada pela Eq. (1).

$$S_{fit} = \sum_{j=1}^J \left(\frac{\|FRF_j^{numérica} - FRF_j^{identificada}\|}{FRF_j^{numérica}} \right) \quad (1)$$

Na qual, S_{fit} é a função objetivo, $FRF_j^{numérica}$ é a FRF obtida numericamente, e $FRF_j^{identificada}$ é a FRF identificada. Nesse caso, foi utilizada a FRF do último nó, o nó 11.

A Tabela 1 apresenta o valor de cada parâmetro e o espaço de projeto.

Parâmetros	Valor nominal	Limite Inferior	Limite Superior
E (Pa)	$187,5 \times 10^9$	1×10^8	1×10^{10}
ρ (kg/m ³)	8000	1×10^2	1×10^5
α	1×10^{-2}	0	1
β	1×10^{-5}	0	1

Tabela 1– Valores dos parâmetros e o espaço de projeto.

Fonte: Autoria própria

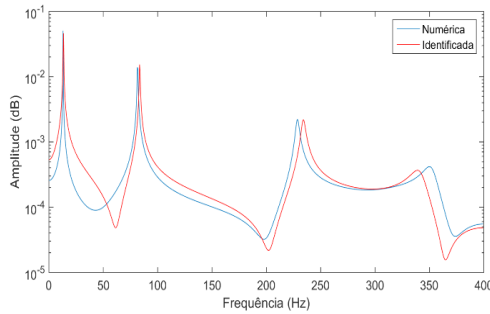
Os tamanhos populacionais utilizados foram de 100, 150 e 200, para análise da sensibilidade do otimizador, para cada população a otimização foi analisada 10 vezes.

Pela Figura 4, é possível notar que conforme o tamanho populacional aumentou, a FRF identificada se aproximou mais da numérica, isso pode ser visto na Figura 4-c, onde ambas FRF estão perfeitamente sobrepostas.

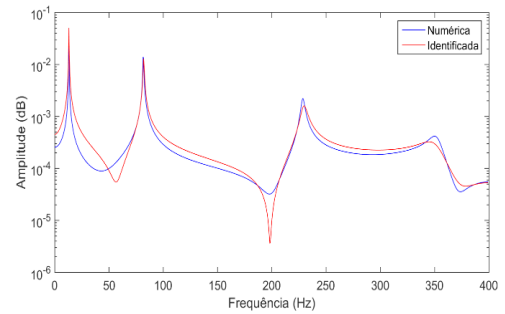
Para uma melhor visualização dos resultados encontrados, foi utilizado o comando boxplot do *software* Matlab®, nesse comando, os resultados são apresentados por meio de caixas, na qual o topo e o fundo da caixa em azul representam os resultados

entre 25% a 75%, a linha vermelha é a mediana dos resultados encontrado e o símbolo “+” em vermelho significa algum resultado que está muito fora da variação. A Figura 5 apresenta o *boxplot* dos parâmetros identificados pelo método DE.

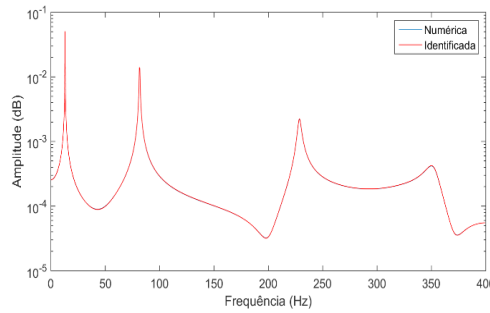
Observando a Figura 5, nota-se que para todos os parâmetros houve uma grande variação dos resultados obtidos, devido a isso, é importante selecionar qual iteração apresentou o melhor resultado.



(a) População 100.



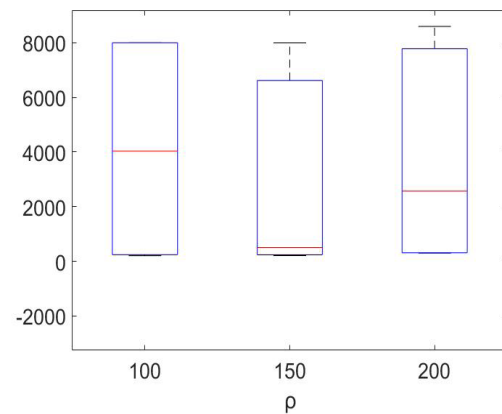
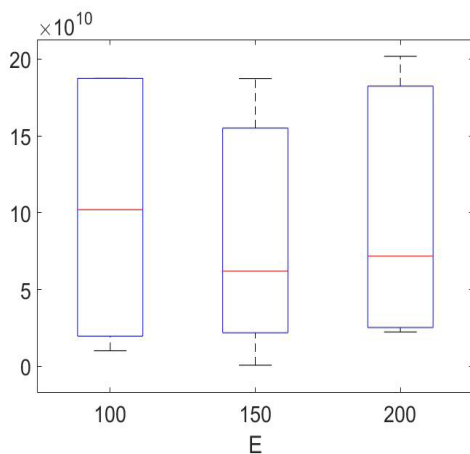
(b) População 150.



(c) População 200.

Figura 2 – FRF identificadas pelo método DE para as populações 100, 150 e 200.

Fonte: Autoria própria



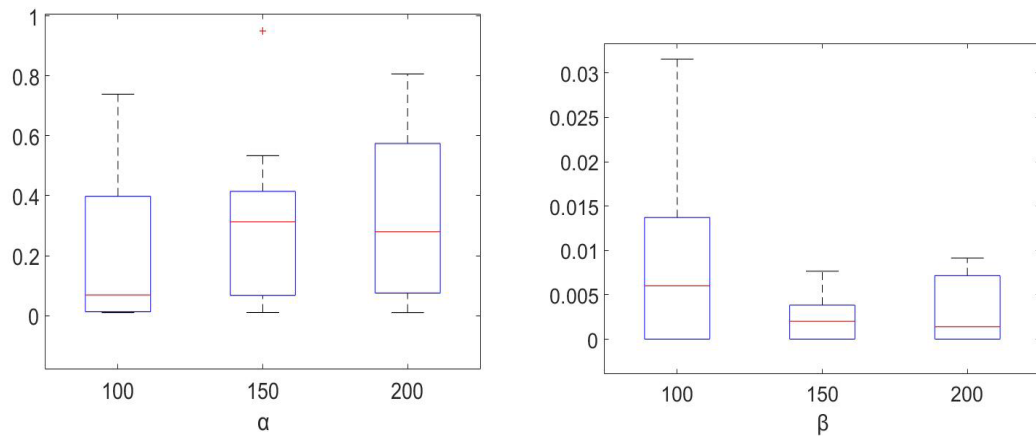


Figura 3 – Boxplot dos parâmetros identificado pelo método DE

Fonte: Autoria própria.

Os valores dos parâmetros identificados para o melhor caso para cada tamanho de população são apresentados na tabela 2

Parâmetros	100	150	200
E (Pa)	$1,875 \times 10^{11}$	$1,874 \times 10^{11}$	$1,875 \times 10^{11}$
ρ (kg/m ³)	$8,000 \times 10^3$	$7,995 \times 10^3$	$8,001 \times 10^3$
α	$1,000 \times 10^{-2}$	$1,009 \times 10^{-2}$	$9,885 \times 10^{-3}$
β	$1,000 \times 10^{-5}$	$9,995 \times 10^{-6}$	$9,992 \times 10^{-6}$

Tabela 2– Valores dos parâmetros identificados

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 3 é possível comparar os valores nominais com os obtidos numericamente. Os valores com sinais negativo, “-“, significam valores abaixo do valor nominal.

Parâmetros	100	150	200
E	0,0000%	-0,0569%	0,0087%
P	0,0000%	-0,0567%	0,0086%
A	0,0013%	0,8771%	-1,1480%
B	0,0001%	-0,0487%	-0,0779%

Tabela 3– Erro relativo dos parâmetros identificados.

Fonte: Autoria própria

Assim, nota-se que os valores identificados numericamente estão bem próximos dos valores nominais, confirmando a validade da metodologia.

4 | RESULTADO EXPERIMENTAL

Para a análise experimental, foi utilizada uma régua de aço inox, dividida em 10

elementos e 11 nós, apresentada na Figura 6-a. Essa régua foi fixada verticalmente em uma bancada, simulando uma viga na posição vertical, assim, foi possível desconsiderar o efeito da gravidade sobre o sistema. Isso pode ser visto na Figura 7-a.



(a) Vista superior com a divisão dos nós



(b) Vista lateral com o sistema de eixos

Figura 6 – Régua dividida em 10 elementos e 11 nós.

Fonte: Autoria própria

O acelerômetro foi posicionado na extremidade da régua, no nó 11, Figura 7-b, e com o martelo instrumentado, Figura 7-c, foi dada uma entrada impulsiva sobre o nó 2 e com o sistema de aquisição de dados, Figura 7-c, foi possível obter a FRF do sistema.



(a) Régua

(b) Acelerômetro

(c) Martelo instrumentado e o

sistema de aquisição de dados

Figura 7 – Equipamentos utilizados

Fonte: Autoria própria

A FRF experimental obtida é apresentada pela Figura 8. A identificação foi realizada considerando apenas os primeiros modos da viga. Para esta identificação experimental foi considerada uma população de 500 e o otimizador foi executado 10 vezes. O intervalo do espaço de projeto adotado foi o mesmo apresentado na Tabela 1.

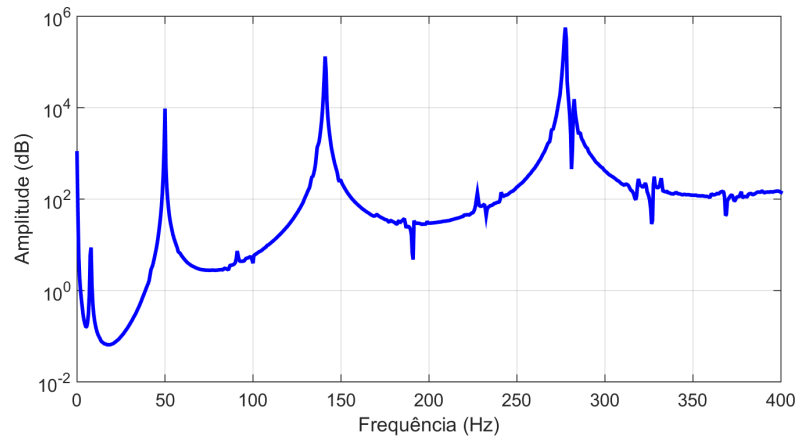


Figura 8 – FRF experimental.

Fonte: Autoria própria

A Figura 10 apresenta as FRFs experimental e identificada para um intervalo de 0 a 100 Hz.

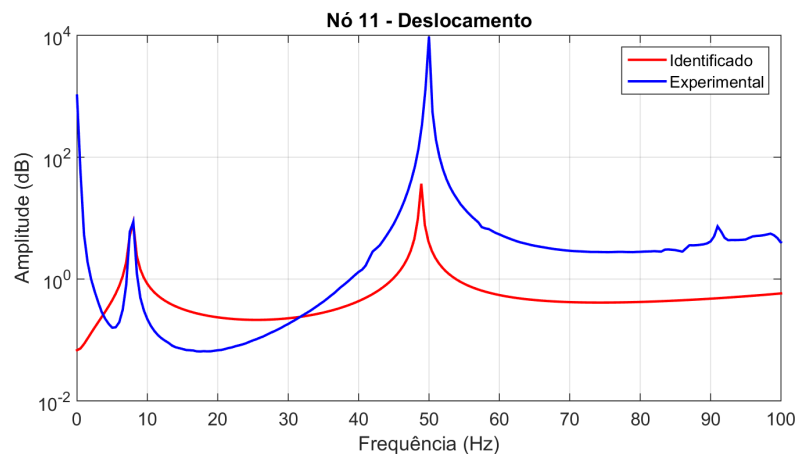


Figura 9 – FRF experimental e FRF identificada.

Fonte: Autoria própria

O primeiro pico da FRF identificada está coincidindo perfeitamente com a FRF experimental, embora, nota-se uma certa discrepância na amplitude da FRF identificada, o segundo pico da FRF identificada está com uma amplitude menor do que a experimental, ainda que as frequências naturais de ambas estejam próximas, da FRF identificada, a segunda frequência natural é de 48,91 Hz, e para a FRF experimental, a segunda frequência natural é de 50 Hz. A seguir, estão listados alguns dos possíveis motivos para tal fato ter ocorrido:

- Fixação da bancada;
- Engaste da régua;
- Massa do sensor;
- No momento da entrada impulsiva, a régua pode ter fletido.

Um ou o conjunto desses possíveis motivos podem explicar essa discrepância do

segundo pico da FRF identificada e experimental.

A Figura 10 apresenta o *boxplot* dos parâmetros identificados a partir da FRF experimental, sendo possível observar a baixa dispersão dos parâmetros encontrados.

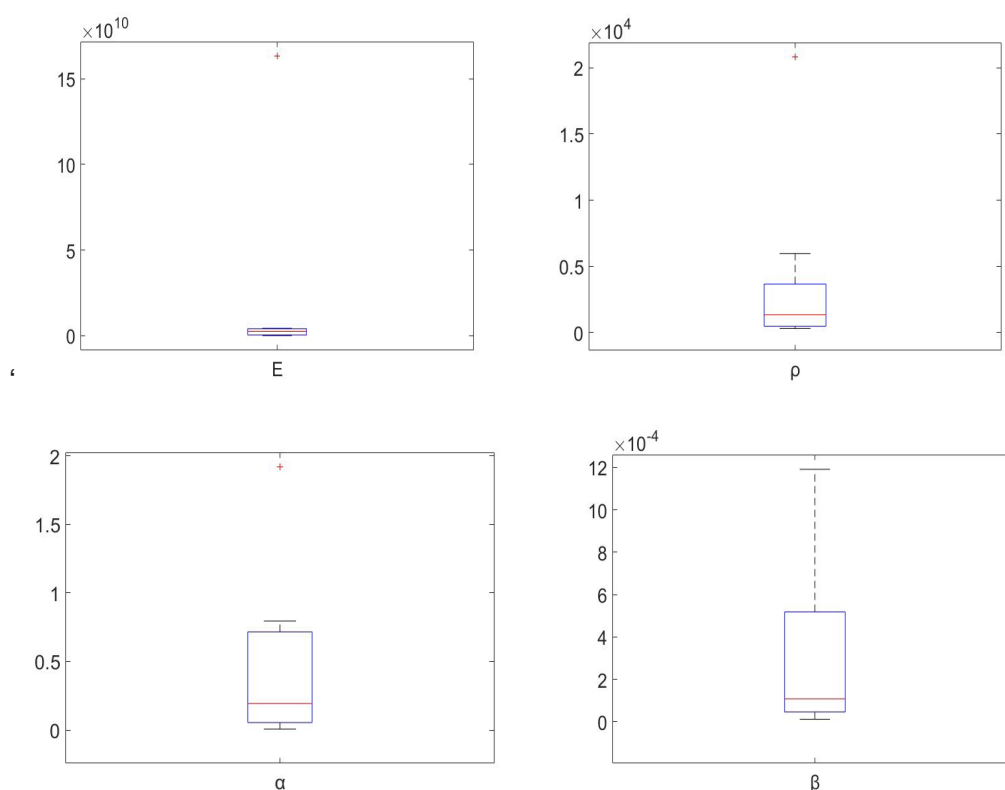


Figura 10 – Boxplot dos parâmetros identificado experimentalmente

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 4 apresenta os valores dos parâmetros identificados pelo método adotado.

Parâmetro	Valor Identificado
E (Pa)	3952865553,1130
ρ (kg/m ³)	470,41438
α	0,2314
β	1,1323x10 ⁻⁵

Tabela 4– Valores dos parâmetros identificados experimentalmente

Fonte: Autoria própria

5 | CONCLUSÕES

A presente contribuição objetivou a aplicação de técnicas de identificação de parâmetros de uma viga modelada utilizando a teoria de Euler-Bernoulli. Para a identificação utilizou-se a Evolução Diferencial como técnica de otimização para minimizar as FRFs numéricas e experimentais.

Os resultados encontrados foram satisfatórios, tanto numérico como experimentalmente, visto que o método da Evolução Diferencial apresentou bons

resultados até mesmo para populações menores comprovando a validade da metodologia utilizada.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, A. F. M., **Método dos Elementos Finitos**. 1ed., Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Portugal, 2003.

FISH, J., BELYTSCHKO, T., **A First Course in Finite Elements**. Wiley, 2007.

KESHTKAR, H. ALIMARDANI, A. ABDI, B. **Optimization of Rotor Speed Variations in Microturbines**. *Energy Procedia*. v.12, p. 789-798, 2011

LOBATO, F. S. **Otimização Multi-Objetivo para o projeto de sistemas de engenharia**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, p.351, 2008.

OLIVEIRA, M.V.F de, ROCHA, L.A. de A. da, KOROISHI, E.H. e STEFFEN JR, V., **Otimização de parâmetros aplicados no controle de vibrações de rotores flexíveis utilizando técnicas heurísticas**, CONEM, 2014.

VIANA, F. A. C., **Surrogate Modeling Techniques and Heuristic Optimization Methods Applied to Design and Identification Problems**. 2008. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-087-2

