

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 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

Universidade Federal de Lavras
Lavras – Minas Gerais

Rodrigo Allan Pereira

Universidade Federal de Lavras
Lavras – Minas Gerais

Francisco Carlos Gomes

Universidade Federal de Lavras
Lavras – Minas Gerais

Roberto Alves Braga Junior

Universidade Federal de Lavras
Lavras – Minas Gerais

Fernando Pujairo Rivera

Universidade Federal de Lavras
Lavras – Minas Gerais

Lucas Henrique Pedrozo Abreu

Universidade Federal de Lavras
Lavras – Minas Gerais

RESUMO: Várias são as metodologias e técnicas de ensaio capazes de caracterizar os materiais. No entanto, a maioria destas técnicas apresenta problemas como o custo dos equipamentos e dos ensaios. Neste contexto, surgem alternativas quanto a estes problemas, dentre as quais estão as técnicas não destrutivas de ensaio, destacando-se a técnica de velocimetria por imagens de partículas (PIV). O objetivo nesta pesquisa foi avaliar o emprego da técnica PIV para medições de deformações em corpos de

prova submetidos a ensaio de flexão estática, e por fins de comparação, utilizou-se também, três relógios comparadores. A técnica PIV mede variações de posição de uma região de análise em um objeto a partir de imagens antes e depois de uma sessão de carregamento. Os ensaios foram aplicados em painéis de madeira Compensado. Com a aplicação de teste “t de Student” com nível de significância de 1%, verificou-se que as médias de valores advindos da técnica PIV e do relógio comparador são iguais estatisticamente. Concluiu-se que a técnica PIV foi capaz de fornecer valores de módulo de elasticidade com a mesma precisão dos métodos convencionalmente utilizados.

PALAVRAS-CHAVE: Módulo de Elasticidade, Flexão Estática, Técnica não Destrutiva.

ABSTRACT: There are several methodologies and test techniques capable of characterizing the materials. However, most of these techniques exhibit problems such as cost of equipment and testing. In this context, they emerge alternatives to these problems, among which are non-destructive test techniques, especially the particle image velocimetry (PIV) technique. The objective of this study was to evaluate the use of the PIV technique for strain measurements on test specimens subjected to static bending test, and for comparison purposes, three comparator watches were used. The PIV technique

measures positional variations of an analysis region on an object from images before and after a loading session. The tests were applied on wood panels Compensated. With the application of Student's t-test with a significance level of 1%, it was verified that the averages of values derived from the PIV technique and the comparator clock are statistically the same. It was concluded that the PIV technique was able to provide modulus of elasticity values with the same precision of the conventionally used methods. **KEYWORDS:** Elastic modulus, Static flexion, Non-destructive techniques.

1 | INTRODUÇÃO

A madeira é um material produzido a partir do tecido formado pelas plantas lenhosas com funções de sustentação mecânica. É um material orgânico, sólido, de composição complexa, com predominância química de fibras de celulose e hemicelulose unidas por lenhina. É um material de alta resistência e relativamente leve é comumente utilizado na construção (PAIVA, 2012).

Este material possui muitas características atraentes, quando comparada a outros sólidos. Dentre essas, destacam-se o baixo consumo de energia para seu processamento, a alta resistência específica, o bom isolamento térmico e elétrico, além de ser um material com boas propriedades mecânicas, com destaque para o módulo de elasticidade.

O módulo de elasticidade é uma das formas mais comuns de medir a elasticidade de materiais sólidos, como a madeira; este módulo é uma medida da rigidez de um material sólido. É um parâmetro fundamental para a engenharia, pois está associado com a descrição de várias outras propriedades mecânicas, como por exemplo, a tensão de escoamento, a tensão de ruptura, a variação de temperatura crítica para a propagação de trincas sob a ação de choque térmico

Entretanto, as técnicas convencionais de análise do módulo de elasticidade utilizadas atualmente, demandam alto tempo de processamento e necessitam de equipamentos específicos além de grande número de amostras.

Nesse contexto, as técnicas não destrutivas de ensaio (END's) são opções para caracterização desta propriedade mecânica, pois não causam danos permanentes aos corpos de prova, nem demandam materiais de alto custo para serem implementados. Os END's mais usados atualmente são, dentre outros, o ultrassom, a radiografia, a análise de vibrações, micro-ondas, emissão acústica e técnicas óticas, destacando-se neste contexto, a Velocimetria por Imagens de Partículas (PIV) (PEREIRA, 2017).

A técnica PIV mede campos de velocidades instantâneas e funciona quando um feixe de laser posicionado perpendicularmente ao escoamento ilumina uma região de interesse. Nos materiais sólidos é utilizada através de uma captura de imagens em intervalos de tempo pré-definidos durante uma fase de carregamento. Estas imagens são processadas em um algoritmo computacional que calcula os deslocamentos

ocorridos na superfície do objeto estudado.

Objetivou-se com este estudo a aplicação da técnica PIV para obtenção do módulo de elasticidade painéis de madeira Compensado.

2 | METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa, foram utilizados 30 painéis de Compensado confeccionados na Unidade Experimental em Painéis de Madeira (UEPAM), no Departamento de Ciências Florestais (DCF) da UFLA.

Os corpos de prova de flexão estática de Compensado foram confeccionados a partir de madeira de *Pinus Oocarpa*, com 25 anos de idade. Antes das toras serem laminadas, estas foram seccionadas com o auxílio de uma motosserra; posteriormente as toras foram então descascadas e aquecidas em água a uma temperatura de 65 °C e por um período de 24 horas. Por meio da utilização de um torno laminador as toras foram processadas, obtendo assim lâminas com espessura de 2,00 mm. As lâminas foram então guilhotinadas nas dimensões de 0,55 x 0,55m e secas em estufa na temperatura de 60 °C até a obter uma umidade entre 5 e 6%. Com o emprego de uma serra circular esquadrejadeira, os painéis foram cortados para testes de flexão estática, conforme especificações da norma EN 310, sendo posteriormente climatizados a (22 ± 2 °C) e umidade relativa de ($65 \pm 5\%$).

Depois da confecção, os corpos de prova foram submetidos a ensaio de flexão estática, em uma Máquina Universal de Ensaio, localizada no Laboratório de Resistência de Materiais e Mecânica de Estruturas do Departamento de Engenharia da UFLA; com capacidade de carga de 30 toneladas-força.

Utilizou-se a técnica PIV para medição da deformação ocorrida nos corpos de prova durante os ensaios de flexão estática. Com base na norma ASTM D143-94, com os valores de deformação, carga aplicada, distância entre apoios e características geométricas da seção transversal foi possível a obtenção do módulo de elasticidade dos corpos de prova ensaiados.

Para a execução da técnica PIV, os corpos de prova foram marcados com caneta tipo ponta finos, sendo os pontos de marcação distribuídos aleatoriamente por toda a superfície. Para fins de comparação, foram adicionados três relógios comparadores para encontrar os valores de deslocamento da madeira em diferentes corpos de prova.

A aplicação da técnica PIV consiste em capturar imagens consecutivas durante a sessão de carregamento. Para obtenção das imagens foi utilizada uma câmera profissional (CANON EOS Rebel T3), alocada perpendicularmente à superfície da amostra (25 cm de distância), sendo essas imagens feitas em intervalos de 30 segundos, após o acionamento da Máquina Universal de Ensaio, conforme explicita a Figura 1.



Figura 1. Vista geral da Máquina Universal de Ensaio, a instrumentação do ensaio de flexão estática para a aplicação da técnica PIV e os materiais ensaiados.

Após a captura, as imagens foram processadas para redução de seu tamanho de armazenamento, isto auxilia para que o tempo de processamento das imagens no algoritmo PIV, no software livre GNU Octave, seja reduzido.

Desse modo, foram plotados dois gráficos “Carga x Deformação” para cada corpo de prova, um deles obtido pela técnica PIV e o outro pelas deformações do relógio comparador, possibilitando assim a determinação do módulo de elasticidade pela técnica PIV e pelos valores encontrados no relógio comparador.

Aplicou-se uma análise estatística por meio do teste “t de *Student*” com 99% de confiança para comparação das médias dos módulos de elasticidade obtidos pela técnica PIV e pelo relógio comparador.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos ensaios de flexão estática, demonstrado pela Figura 2, foram obtidos dois conjuntos de informações, um empregando a técnica PIV e outro pelo relógio comparador. Por estes conjuntos, pode ser criado um gráfico de “Força x Deslocamento” a fim de calcular o módulo de elasticidade pelos dois métodos.

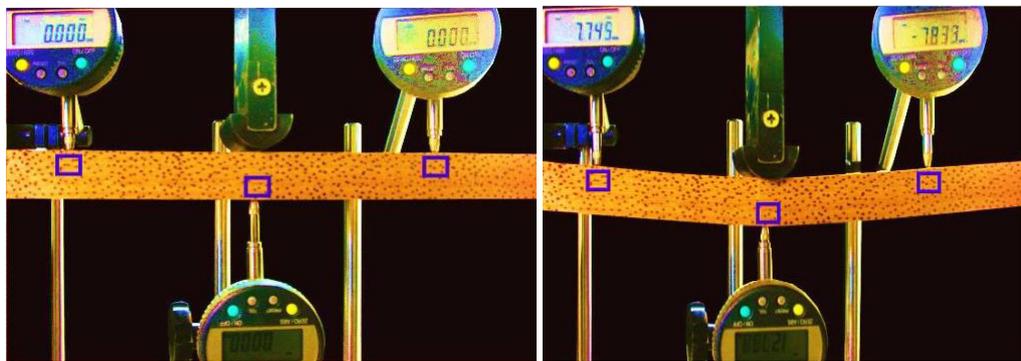


Figura 2. Deslocamento das janelas de interrogação durante os ensaios.

Os resultados para o módulo de elasticidade de painéis de Compensado, respectivamente representados pelo relógio comparador e pela técnica PIV foram de 10.481,2 e 11.094,3 MPa.

A partir da comparação estatística, os Módulos de elasticidade médios calculados pelos dois métodos foram iguais estatisticamente, segundo o teste “t de *Student*” com 99% de confiança para comparação das médias. Esse resultado indica a precisão e confiabilidade da técnica PIV frente a um método convencionalmente utilizado.

Outros autores já utilizaram técnicas não destrutivas para obtenção do módulo de elasticidade, como Targa, Ballarin e Biaggioni (2005), que usaram o método de vibração transversal em espécies de eucalipto, encontrando valores médios de 22.420 MPa para *Eucalyptus citriodora* e 15.285 para e *Eucalyptus saligna*, e Ballarin e Nogueira (2005), que aplicaram o método de ultra-som para descobrir o módulo de elasticidade de madeira de *Pinus Taeda*, encontrando valores médios de 8.418 MPa para madeira juvenil e 13.376 MPa para madeira adulta.

Outras pesquisas obtiveram resultado semelhante aos mostrados acima, como por exemplo Palma (1997) que obteve valores de 11204,5 MPa para seu módulo de Young; número que difere em apenas 110,2 MPa do maior valor encontrado na pesquisa.

4 | CONCLUSOES

Os resultados desta pesquisa permitem concluir que os valores de módulo de elasticidade obtidos pelas duas técnicas, PIV e relógio comparador são estatisticamente iguais. Os valores médios de módulo de elasticidade encontrados com a aplicação do método convencional e pela técnica PIV, foram respectivamente de 10.481,2 e 11.094,3 MPa para os painéis de Compensado.

A técnica PIV mostrou-se capaz de caracterizar os materiais presente neste estudo com precisão. Dessa forma pode ser utilizada na caracterização de várias propriedades mecânicas de diversos outros materiais sólidos.

5 | AUTORIZAÇÕES/RECONHECIMENTO

Ao submeter o trabalho, os autores tornam-se responsáveis por todo o conteúdo da obra.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D1037-12**: Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, 2006.

BALLARIN, W.A; NOGUEIRA, M. Determinação do módulo de elasticidade da madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* por ultra-som. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 2005. vol. 25, n.1, p. 19-28.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 310**: Wood-based panels: Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. Berlim, 1993.

PAIVA, J.C. **Madeiras**. Disponível em <http://ww1.jcpaiva.net/files/ensino/alunos/20022003/teses/020370017/madeiras/madeiras.htm> Consultado em 18 de maio de 2017.

PALMA, H. C. L. Determinação de propriedades elásticas e de resistência em compensados de *Pinus elliottii*. **SCIENTIA FORESTALIS**, Botucatu, 1997. n. 51, p. 37-48.

PEREIRA, R. A. **Velocimetria por imagens de partículas aplicadas ao estudo de deformações em madeira serrada e painéis de madeira**. Tese (Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

TARGA, L.A.; BALLARIN, W.A.; BIAGGIONI, A.M.M. Avaliação do módulo de elasticidade da madeira com uso de método não-destrutivo de vibração transversal. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, 2005. vol. 25, n. 2, p. 291-299.

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

