



Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias 2

Henrique Ajuz Holzmann
Micheli Kuckla
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
Micheli Kuckla
(Organizadores)

Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias 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: Natália Sandrini e Lorena Prestes

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)

P856 Possibilidades e enfoques para o ensino das engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Micheli Kuckla. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-273-9

DOI 10.22533/at.ed.739192204

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 3. Prática de ensino. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Kuckla, Micheli.

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

As obras Possibilidades e Enfoques para o Ensino das Engenharias Volume 1 e Volume 2 abordam os mais diversos assuntos sobre a aplicação de métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação ensino-aprendizado, sendo por meio de levantamentos teórico-práticos de dados referentes aos cursos ou através de propostas de melhoria nestas relações.

O Volume 1 está disposto em 26 capítulos, com assuntos voltados a relações ensino-aprendizado, envolvendo temas atuais com ampla discussão nas áreas de Ensino de Ciência e Tecnologia, buscando apresentar os assuntos de maneira simples e de fácil compreensão.

Já o Volume 2 apresenta uma vertente mais prática, sendo organizado em 24 capítulos, nos quais são apresentadas propostas, projetos e bancadas, que visam melhorar o aprendizado dos alunos através de métodos práticos e aplicados as áreas de tecnologias e engenharias.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

Micheli Kuchla

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA PRODUTIVO NO ENSINO DE GESTÃO DA PRODUÇÃO	
Daniel Antonio Kapper Fabricio Lisiane Trevisan	
DOI 10.22533/at.ed.7391922041	
CAPÍTULO 2	10
CULTURA DE SEGURANÇA – FATOR DETERMINANTE PARA A SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA	
Lucass Melo Renata Evangelista Alexandre Bueno Débora Vasconcelos Carla Souza André Souza	
DOI 10.22533/at.ed.7391922042	
CAPÍTULO 3	23
ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE NOS CURSOS BRASILEIROS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	
Gabriella Cavalcante de Souza Isadora Cristina Mendes Gomes Gustavo Fernandes Rosado Coêlho Ciliana Regina Colombo	
DOI 10.22533/at.ed.7391922043	
CAPÍTULO 4	35
ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO NUMA EMPRESA RECUPERADA POR TRABALHADORES: UMA EXPERIÊNCIA PARA O EXERCÍCIO DA INDISSOCIABILIDADE ENSINO-PESQUISA-EXTENSÃO	
Beatriz Mota Castro de Abreu Alice Oliveira Fernandes Tarcila Mantovan Atolini	
DOI 10.22533/at.ed.7391922044	
CAPÍTULO 5	47
PROTÓTIPO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE BUSCA E ARMAZENAGEM DE MATERIAIS PARA FINS DIDÁTICOS	
Walber Márcio Araújo Moraes Wesley de Almeida Souto	
DOI 10.22533/at.ed.7391922045	

CAPÍTULO 6 58

LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO DE ROBÓTICA BÁSICA APLICADA NO ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO FUNDAMENTAL

Márcio Mendonça
Lucas Botoni de Souza
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Paulo Henrique Arizono Lima
Marília Gabriela de Souza Fabri
José Augusto Fabri

DOI 10.22533/at.ed.7391922046

CAPÍTULO 7 71

ROBÓTICA EDUCACIONAL NA ENGENHARIA – SUMÔ DE ROBÔS

Alessandro Bogila
Denis Borg
Fernando Deluno Garcia
Ivan Luiz de Camargo Barros Moreira
Joel Rocha Pinto
Thales Prini Franchi
Thiago Prini Franchi

DOI 10.22533/at.ed.7391922047

CAPÍTULO 8 84

BR.INO: UMA FERRAMENTA PARA ENSINO DE PROGRAMAÇÃO EM ARDUINO PARA APLICAÇÕES EM ROBÓTICA USANDO LINGUAGEM NATIVA

Gabriel Rodrigues Pacheco
Mateus Berardo de Souza Terra
Rafael Mascarenhas Dal Moro
Víctor Rodrigues Pacheco
Carlos Humberto Llanos

DOI 10.22533/at.ed.7391922048

CAPÍTULO 9 94

RELATO DE EXPERIÊNCIA: USO DE TÉCNICAS GAMIFICAÇÃO NO ENSINO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS

Caio Sanches Bentes
Ronaldo de Freitas Zampolo

DOI 10.22533/at.ed.7391922049

CAPÍTULO 10 105

LABORATÓRIO DE SISTEMAS HIDRELÉTRICOS APLICADO À FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO DE ENERGIA – GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E CONTROLE DE SISTEMAS DINÂMICOS

Kariston Dias Alves
Rudi Henri Van Els

DOI 10.22533/at.ed.73919220410

CAPÍTULO 11 117

A IMPORTÂNCIA DO LABORATÓRIO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ NO DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS E FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS

Francisco Jeandson Rodrigues da Silva
Douglas Aurélio Carvalho Costa
Obed Leite Vieira
Fellipe Souto Soares
Paulo Cesar Marques de Carvalho
Magna Livia Neco Rabelo
Pollyana Rodrigues de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.73919220411

CAPÍTULO 12 129

AValiação DO USO DA TECNOLOGIA SOFTPLC PARA APRENDIZAGEM DE TÉCNICAS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Deliene Costa Guimarães
Reberth Carolino de Oliveira
Renata Umbelino Rêgo

DOI 10.22533/at.ed.73919220412

CAPÍTULO 13 140

CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE BAIXO CUSTO PARA ENSINO DE SISTEMAS DE CONTROLE

Everton Machado
Alexsandro dos Santos Silveira
João Artur de Souza

DOI 10.22533/at.ed.73919220413

CAPÍTULO 14 152

PAINEL DIDÁTICO PARA ENSINO-APRENDIZAGEM DE INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA APLICADA À MANUTENÇÃO ELÉTRICA

Priscila Ribeiro Amorim de Almeida
Pablo Rodrigues Muniz

DOI 10.22533/at.ed.73919220414

CAPÍTULO 15 165

PROPOSTA DE KIT DIDÁTICO PARA ESTUDO DE INTEGRIDADE DE SINAL EM PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

Pablo Dutra da Silva
Giovane Rodrigues de Oliveira
Gustavo Melsi Floriani

DOI 10.22533/at.ed.73919220415

CAPÍTULO 16 177

ANÁLISE E ATENUAÇÃO DE RISCOS DE INCÊNDIOS E CHOQUE ELÉTRICO EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM MORÁDIAS DE BAIXA RENDA

Márcio Mendonça
Lucas Botoni de Souza
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Giovanni Bruno Marquini Ribeiro
Marco Antônio Ferreira Finocchio
José Augusto Fabri

DOI 10.22533/at.ed.73919220416

CAPÍTULO 17	190
SIMULADOR COMPUTACIONAL PARA ENSINO DE PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA	
Luiz Guilherme Riva Tonini Oureste Elias Batista Augusto César Rueda Medina Andrei Carlos Bastos	
DOI 10.22533/at.ed.73919220417	
CAPÍTULO 18	203
CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA CARACTERIZAÇÃO DE COMPRESSORES	
Alexsandro dos Santos Silveira João Artur de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.73919220418	
CAPÍTULO 19	215
DESENVOLVIMENTO DE UM PÓRTICO INSTRUMENTADO DIDÁTICO	
Matheus Berghetti Albino Moura Guterres Alexsander Furtado Carneiro	
DOI 10.22533/at.ed.73919220419	
CAPÍTULO 20	226
AUTOMAÇÃO DOS PROCESSOS DE VERIFICAÇÃO DE PERFIS DE AÇO LAMINADO SOLICITADOS À FLEXÃO NORMAL SIMPLES E AXIALMENTE CONFORME CRITÉRIOS DA ABNT NBR 8800:2008	
Lucas Tarlau Balieiro Marcelo Rodrigo de Matos Pedreiro Roberto Racanicchi	
DOI 10.22533/at.ed.73919220420	
CAPÍTULO 21	241
ENSAIO DE FLEXÃO DE UMA VIGA COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE TRANSFORMAÇÕES DE TENSÕES	
Bruno Eizo Higaki Fernando Cesar Dias Ribeiro Marcello Cherem	
DOI 10.22533/at.ed.73919220421	
CAPÍTULO 22	251
UTILIZAÇÃO DE PROJETOS DE DIMENSIONAMENTO DE ADUTORAS E CANAIS NA DISCIPLINA HIDRÁULICA DO CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL	
Kelliany Medeiros Costa José Leandro da Silva Duarte Maria Leandra Madeiro de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.73919220422	
CAPÍTULO 23	259
MEDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO ATRAVÉS DA INOVADORA METODOLOGIA SIX SIGMA: UM ESTUDO EMPÍRICO	
André Luis Martins de Souza Pedro de Freitas Silva	
DOI 10.22533/at.ed.73919220423	

CAPÍTULO 24	287
UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA O ESTUDO DE DEFORMAÇÕES EM PAINÉIS DE MADEIRA DE <i>PINUS OCCARPA</i>	
Eduardo Hélio de Novais Miranda	
Rodrigo Allan Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.73919220424	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	295

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA O ESTUDO DE DEFORMAÇÕES EM PAINÉIS DE MADEIRA DE *PINUS OOCARPA*

Eduardo Hélio de Novais Miranda

Universidade Federal de Lavras

Lavras – Minas Gerais

Rodrigo Allan Pereira

Universidade Federal de Lavras

Lavras – Minas Gerais

RESUMO: Diversas metodologias convencionais são capazes de caracterizar os materiais. No entanto, a maioria destas técnicas apresenta problemas como o custo dos equipamentos e dos ensaios, além de causarem danos permanentes aos corpos de prova. Neste contexto, surgem alternativas à estas técnicas, dentre as quais estão as técnicas não destrutivas de ensaio, destacando-se a técnica de velocimetria por imagens de partículas (PIV). A técnica PIV mede variações de posição de uma região de análise em um objeto a partir de imagens capturadas durante uma sessão de carregamento. O objetivo nesta pesquisa foi analisar as deformações ocorridas na superfície de painéis de madeira de *Pinus Oocarpa*, submetidos a ensaio de flexão estática, e comparar tais valores com o relógio comparador, um método convencional. Concluiu-se que foi possível a análise das deformações ocorridas na superfície dos corpos de prova de maneira precisa e com resultados muito semelhantes ao método do relógio comparador.

PALAVRAS-CHAVE: Deslocamentos, Flexão Estática, Técnica não Destrutiva.

ABSTRACT: Several conventional methodologies are able to characterize the materials. However, most of these techniques present problems such as the cost of equipment and tests, and cause permanent damage to the specimens. In this context, there are alternatives to these techniques, among which are non-destructive test techniques, especially the particle image velocimetry (PIV) technique. The PIV technique measures positional variations of an analysis region on an object from images captured during a load session. The objective of this research was to analyze the deformations occurring on the surface of *Pinus Oocarpa* wood panels submitted to a static bending test, and to compare such values with the comparator watch, a conventional method. It was concluded that it was possible to analyze the deformations occurring on the surface of the specimens in a precise manner and with results very similar to the comparator clock method.

KEYWORDS: Deformations, Static flexion, Non-destructive techniques.

1 | INTRODUÇÃO

A utilização e criação de diferentes tipos de materiais na construção civil têm crescido

nos últimos anos. A demanda por materiais com diferentes propriedades físicas e mecânicas aumenta a necessidade de melhor avaliação e conhecimento de suas características.

As técnicas convencionais de ensaio usadas atualmente para análise de propriedades mecânicas de tais materiais, entretanto, demandam alto tempo de processamento, necessitam de equipamentos específicos, grande número de amostras, e causam danos permanentes à superfície de tais corpos de prova, os tornando inutilizáveis.

Nesse contexto, as técnicas não destrutivas de ensaio (END's) são opções para caracterização destes parâmetros, pois não causam danos permanentes aos corpos de prova, nem demandam materiais de alto custo para serem implementados, na maioria das vezes.

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).

Tal técnica foi desenvolvida para o campo de materiais fluidos e gases inicialmente, mas, alguns autores já estudaram a aplicação deste método em corpos sólidos, para verificação de deformações e obtenção de propriedades, tais como Braga Júnior et al., 2015 e Souza et al., 2014

A técnica PIV nos materiais sólidos é utilizada através da captura de imagens em intervalos de tempo pré-definidos durante uma fase de carregamento em um ensaio de flexão estática. Após capturadas essas imagens passam são processadas em um algoritmo que calcula os deslocamentos ocorridos na superfície do material.

Diante da necessidade de avaliar materiais com função estrutural, a madeira destaca-se por possuir características atraentes, como, baixo consumo de energia para seu processamento, a alta resistência específica, o bom isolamento térmico e elétrico, além de ser um material complexo devido a sua anisotropia. Por isso, pode ser inferido que, se a técnica PIV for capaz de medir deslocamentos corretamente nesse material complexo, poderá ser utilizada em materiais de complexidade inferior, como aço e concreto.

2 | OBJETIVOS

Analisar as deformações na superfície de painéis de madeira de *Pinus Oocarpa*, utilizando a técnica PIV.

3 | REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Madeira

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, que é comumente utilizado na construção civil, na indústria de marcenaria, em carpintaria, e diversas outras áreas. (PAIVA,2012).

3.1.1 *pinus oocarpa*

Algumas espécies de madeira do gênero *Pinus* destacam-se na construção civil. Entre elas, tem-se a espécie *Pinus Oocarpa*, que tem sua origem na América Central. A espécie é cultivada em países do continente Africano e América do Sul como exótica, são naturais de países do Norte, para fins comerciais (DVORAK et al., 2000; GREAVES, 1982).

Pelo fato da madeira ser um material com variadas células, possuir anisotropia e higroscopia, este sólido possui características físicas e mecânicas diferenciadas de materiais normalmente utilizadas como peças estruturais. As características intrínsecas a cada espécie florestal variam de acordo o clima e solo da região, o manejo durante seu crescimento e principalmente com suas propriedades químicas, anatômicas, físicas e mecânicas.

3.2 Métodos de ensaio

Os métodos de análise de tais propriedades podem ser divididos em dois principais grupos: de um lado, os que causam ruptura do material ensaiado, os métodos convencionais, usualmente mais utilizados, e do outro, métodos que não causam danos aos corpos de prova, não destrutivos.

3.2.1 *Métodos convencionais*

Apesar da alta precisão dos métodos de ensaio convencionais, alguns problemas como o custo dos ensaios, danificação dos corpos de prova, o tempo de execução, são fatores que incentivam a busca por procedimentos mais simples, rápidos, com menor custo e preferencialmente não destrutivos (STANGERLIN et al., 2008).

3.2.2 *Métodos não destrutivos*

Ciente dos problemas associados aos métodos convencionais, ascendem-se

atualmente, os métodos de análise não destrutivos, os quais são caracterizados pela facilidade de ensaio, baixo custo, e não causarem danos permanentes na superfície dos materiais.

3.2.3 Velocimetria por imagens de partículas

Dentre os END's mais usados, destaca-se a Velocimetria por Imagens de Partículas (PIV) (PEREIRA, 2017). Tal técnica, aplicada à materiais sólidos, consiste na captura de fotos, por intervalos de tempo previamente estipulados, durante uma sessão de carregamento. Tais fotografias são reduzidas em um software gráfico e, processadas em um algoritmo computacional, o qual calcula os deslocamentos de pontos, escolhidos em regiões estratégicas dos corpos de prova.

4 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização da pesquisa, foram utilizados 25 corpos de prova de *Pinus Oocarpa*. Tais corpos de prova foram serrados nas dimensões 2,5 x 2,5 x 41 cm utilizando-se uma serra circular esquadrejadeira, de acordo com a ASTM D143-94.

Depois da confecção, os corpos de prova foram submetidos a ensaio de flexão estática, em uma Máquina Universal de Ensaio do Laboratório de Resistência de Materiais e Mecânica de Estruturas do Departamento de Engenharia da UFLA. Tal equipamento possui capacidade de carga de 30 toneladas-força, e a velocidade adotada no ensaio foi de 1,3mm/h. Utilizou-se a técnica PIV para medição das deformações ocorrida nos corpos de prova durante os ensaios de flexão estática.

Para a execução da técnica PIV, os corpos de prova foram marcados com auxílio de um carimbo, sendo os pontos de marcação distribuídos aleatoriamente por toda a superfície. Para fins de comparação, adicionou-se um relógio comparador para encontrar os valores de deslocamento da madeira no centro do painel de madeira.

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

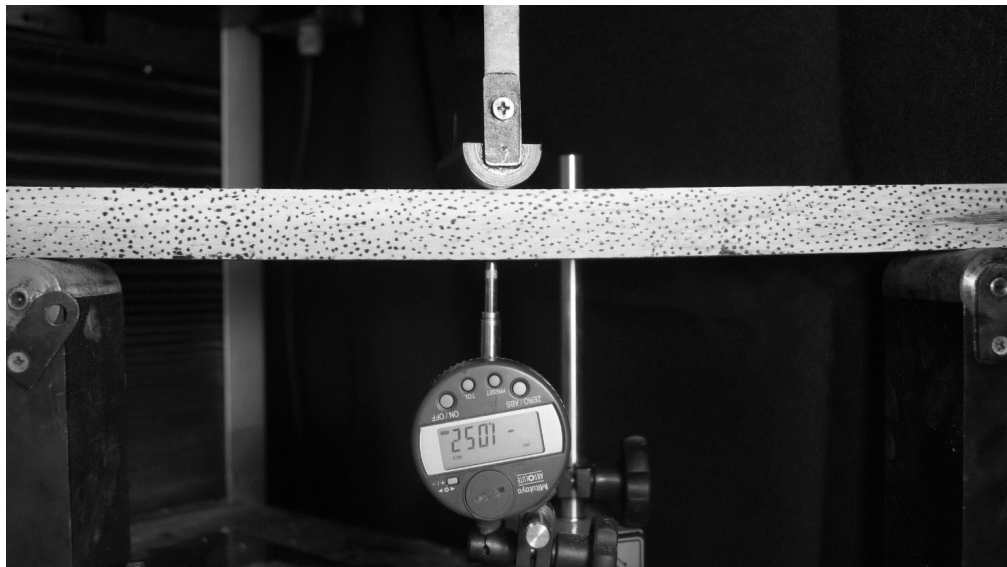


Figura 1. Vista geral da Máquina Universal de Ensaio, a instrumentação do ensaio de flexão estática para a aplicação da técnica PIV e os materiais ensaiados.

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

Depois de preparadas, as imagens das fases de carregamento dos corpos de prova foram processadas no software GNU Octave, onde foi possível a obtenção dos deslocamentos dos pontos de marcação dos corpos de prova.

5 | RESULTADOS E CONCLUSÕES

5.1 Resultados

O algoritmo PIV calculou valores referentes a deformação da madeira de *Pinus* durante ensaio de flexão estática, estes valores foram comparados com valores obtidos por relógio comparador (Tabela 1).

Através do teste estatístico “T de Student”, o qual resultou um p-valor de 0,97215, concluiu-se que as médias dos valores são estatisticamente iguais, com 95% de confiança.

Tempo de ensaio (s)	Relógio Comparador	PIV
0	0,001	0,000
30	0,664	0,735
60	1,313	1,595
90	1,967	1,991
120	2,673	2,695
150	3,272	3,055
180	3,985	3,841
210	4,491	4,235

Tabela 1. Deformação obtida pelo relógio comparador e calculada pela técnica PIV durante ensaio de flexão estática em máquina universal de ensaios.

As imagens obtidas durante o ensaio mostram que os valores calculados pelo relógio comparador e também como o corpo de prova se deforma visualmente ao longo do ensaio até seu rompimento (Figura 2).

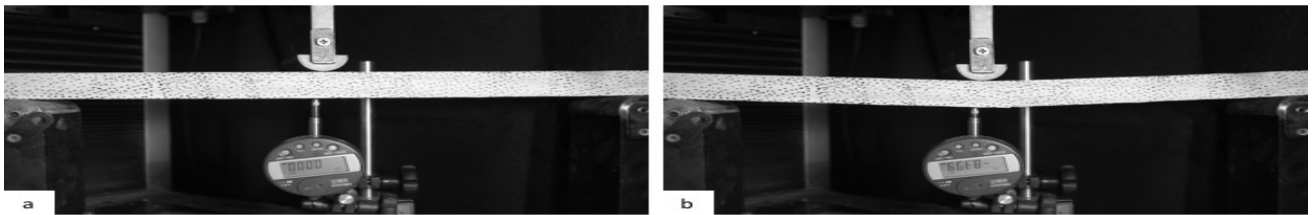


Figura 2. Corpo de prova de flexão nos momentos inicial (a) e final (b) do ensaio de flexão estática na máquina universal de ensaios

Após o processamento do algoritmo PIV no GNU Octave são geradas imagens que demonstra a movimentação das janelas guias estabelecidas durante a execução do programa (Figura 3). Assim, observamos que após a captura sucessiva de imagens, o PIV é capaz de mostrar a localização das partículas e como elas se comportaram. No ensaio de flexão de três pontos, aqui testado, as partículas na posição central do corpo de prova apresentaram deformação ligeiramente maior do que as janelas laterais.

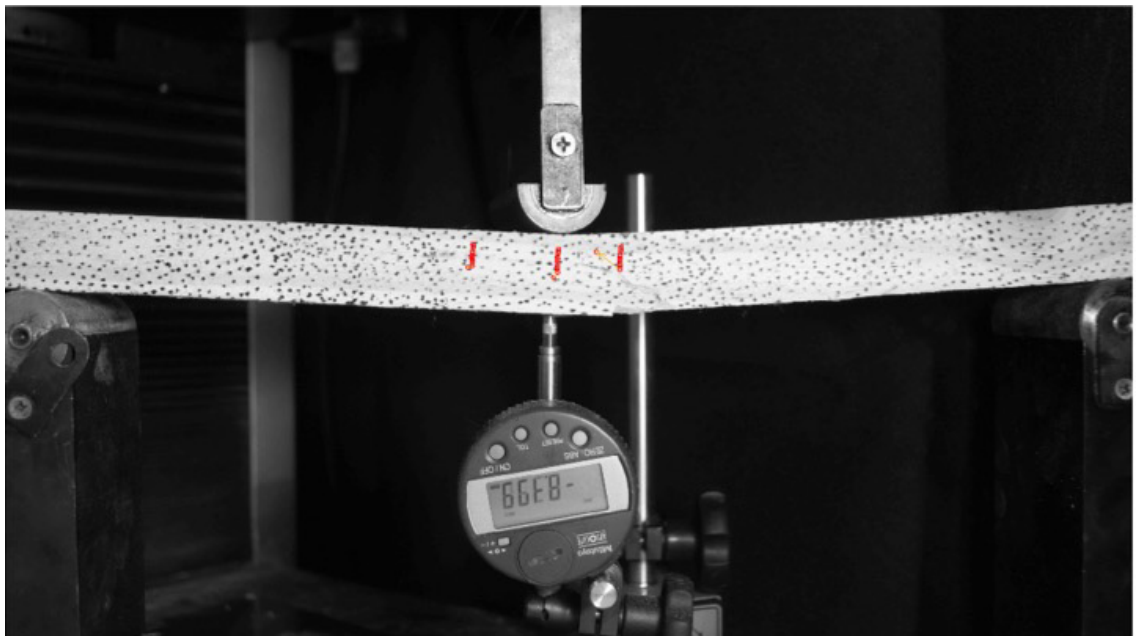


Figura 3: Momento final do ensaio de flexão, com as janelas utilizadas pelo algoritmo PIV para acompanhar a deformação nas imagens.

5.2 Conclusões

Pode ser concluído com tal pesquisa, que a técnica PIV foi capaz de demonstrar com precisão os deslocamentos ocorridos na superfície dos corpos de prova. Tal técnica teve como resultado valores iguais estatisticamente à técnica convencional dos relógios comparadores, o que demonstra a sua eficiência.

Recomendam-se novos estudos acerca do tema na área de construção civil, pois, além de simplicidade dos ensaios, a técnica PIV é barata e apresenta rápidos resultados depois de sua execução.

6 | 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 D143-94**: Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber-ASTM D143-94, 1994.

BRAGA JÚNIOR, R. A. et al. Maps of deformations in a cantilever beam using particle image velocimetry (PIV) and speckle patterns. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 68, n. 3, p. 273-278, 2015.

DVORAK, W. S. In: Central America México Coniferous Resource Cooperative (CAMCORE) (Ed.). **Conservation and testing of tropical and subtropical forest tree species by the CAMCORE Cooperative**. Raleigh: College of Natural Resources, North Carolina State University, 2000. p. 129–147.

GREAVES, A. **Forestry**, Oxford, v. 43, p. 503–532, 1982.

Paiva, J.C. **Madeiras**. Disponível em <<http://ww1.jcpaiva.net/files/ensino/alunos/20022003/teses/020370017/madeiras/madeiras.htm>> Consultado em 18 de junho de 2018.

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.

STANGERLIN, D. M. et al. Determinação do módulo de elasticidade em madeiras por meio de métodos destrutivo e não-destrutivo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 2, p. 145-150, 2008.

SOUZA, T. M. et al. Non-destructive technology associating PIV and Sunset laser to create wood deformation maps and predict failure. **Biosystems Engineering**, London, v. 126, p. 109-116, 2014

SOBE OS ORGANIZADORES

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN Professor 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 do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

MICHELI KUCKLA Professora de Química na Rede Estadual do Paraná - Secretaria de Estado de Segurança do Paraná. Graduada em Licenciatura Química pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Especialista em Educação do Campo pela Faculdades Integradas do Vale do Ivaí. Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Doutoranda em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Trabalha com os temas relacionados ao Ensino de Ciência e Tecnologia e Sociedade.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-273-9

