



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

DESENVOLVIMENTO DE UM PÓRTICO INSTRUMENTADO DIDÁTICO

Matheus Berghetti

Instituto Federal Sul-Ri-grandense
Passo Fundo - RS

Albino Moura Guterres

Instituto Federal Sul-Ri-grandense
Passo Fundo - RS

Alexsander Furtado Carneiro

Instituto Federal Sul-Ri-grandense
Passo Fundo - RS

RESUMO: presente trabalho descreve o processo de elaboração e construção de um pórtico de Nylon 6.0, devidamente instrumentado para obtenção de deformações. A construção de um pórtico didático instrumentado possibilitará a análise de como se comporta uma estrutura sob diferentes formas de carregamento, permitindo aos alunos de cursos de Engenharia, uma ferramenta de auxílio no entendimento e compreensão de conceitos teóricos referentes às disciplinas de resistência dos materiais. Após a construção da estrutura do pórtico, foi feita a instrumentação do mesmo através de extensômetros de resistência elétrica (ERE's) aliados à um sistema de aquisição e transformação de dados desenvolvido, com a finalidade de obter valores de deformações na estrutura mediante a aplicações de carregamentos diferentes e

em vários pontos do pórtico. Os resultados obtidos foram comparados com cálculos feitos em um *software* de engenharia para condições semelhantes, calculando um erro relativo entre os valores obtidos pelo sistema de aquisição desenvolvido e os valores mostrados pelas simulações feitas no SolidWorks.

PALAVRAS-CHAVE: extensometria, extensômetros resistivos, mecânica dos sólidos, instrumentação, deformação.

ABSTRACT: This work describes the development and construction process to create a structure made with Nylon 6.0, duly prepared to measure deflection values. The construction of this didactic structure will allow the analysis of this structure and the way it behaves under different kinds of loading as well, allowing the students of Mechanical Engineering courses a useful tool to the understanding of the theoretical concepts related to the materials' resistance. When the construction of the structure was finished, the instrumentation was made using electric resistance strain gauges (ERE's), allied to a data acquisition and transformation system, in order to obtain deformation values in the structure through the applications of loads placed in different points of the structure. The results were compared with calculations made in an engineering software for similar conditions, calculating a relative error between the values

obtained by the developed acquisition system and the values shown by the simulations made in SolidWorks.

KEYWORDS: strain gauge, strain gages, materials' resistance, arduino, deflections, measurements, mechanical stresses, stress analysis.

1 | INTRODUÇÃO

Existem diversos métodos e maneiras disponíveis hoje em dia para que os professores de ensino superior de engenharia possam transmitir o conhecimento para os graduandos, porém, parece que existe uma certa insistência em adotar os métodos tradicionais de ensino, sem que seja feita uma busca por meios alternativos ou novas formas de adquirir conhecimento (BATISTA *et al.*, 2017).

De Souza *et al.* (2012) cita que uma grande porcentagem das universidades praticamente abdica de aulas práticas sobre os assuntos discutidos e focam quase que completamente no ensino teórico dos mesmos, formando profissionais sem convívio com a experimentação durante a vida acadêmica. Isso faz com que sejam incapazes de solucionar problemas e enfrentar dificuldades quando expostos a condições reais no mercado de trabalho.

Desta forma, segundo Pereira (2016), a criação de novas tecnologias reforça o princípio de que os métodos tradicionais de ensino sejam revistos pelas universidades, de modo a incrementar à ementa das disciplinas atividades práticas e flexíveis aos estudantes. Isso permitiria aos mesmos a oportunidade de adquirir experiências diferenciadas daquelas ofertadas por disciplinas que priorizam estudos somente teóricos, tornando-os melhor preparados para atuarem no mercado de trabalho.

De acordo com Prestes *et al.* (2016), a implementação de aulas práticas no plano de ensino das disciplinas pode auxiliar os alunos para que aprendam alguns conceitos específicos relacionados à matéria e também torná-los mais experientes para que possam enfrentar os problemas mais complexos da vida real de forma mais objetiva, bem como propor soluções eficazes para os mesmos. Ainda, Prestes *et al.* (2016) cita que os estudantes que tem mais aulas práticas tornam-se mais independentes e autodidatas, ou seja, faz com que os mesmos tirem suas próprias dúvidas praticando ou adquiram novos conhecimentos por conta própria, apenas com um auxílio, se necessário, do professor.

Dentro destas circunstâncias, a construção de um pórtico didático instrumentado possibilitará a análise do comportamento de uma estrutura mediante diferentes formas de carregamento, permitindo aos alunos dos cursos de Engenharia uma ferramenta de auxílio no entendimento e compreensão de conceitos teóricos referentes às disciplinas de Resistência dos Materiais.

2 | METODOLOGIA

O material utilizado para a construção do pórtico foi o Nylon 6.0, por apresentar uma boa deformação a aplicação de cargas na estrutura de teste e por apresentar baixo peso específico.

Conforme observa-se na Figuras 1(a), toda a estrutura está presa em uma base de madeira, onde os suportes foram fixos através dos parafusos. Os suportes tem como função manter os pilares fixos, e perpendiculares à base de madeira. A viga horizontal está fixa aos pilares.

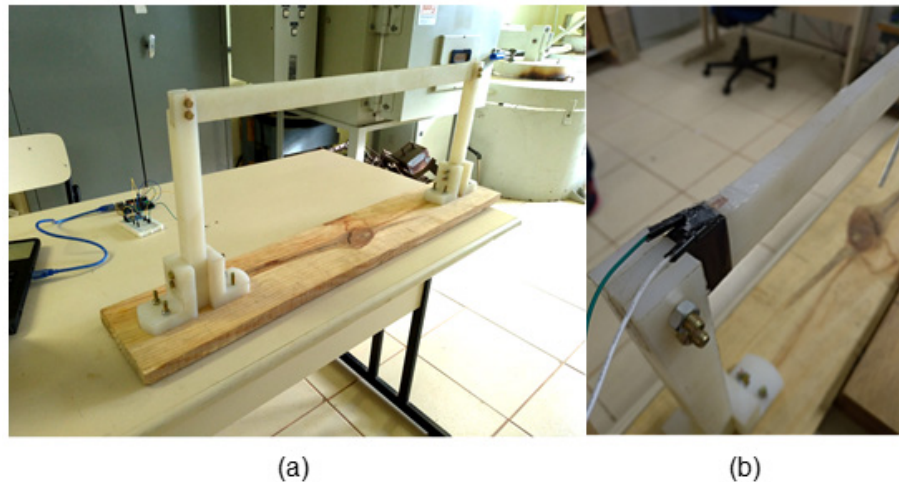


Figura 1 – Pórtico: (a) Estrutura do pórtico montada; (b) Superfície de fixação do extensômetro

Após a construção do pórtico, realizou-se a instalação de um extensômetro na face superior da viga horizontal, próximo ao local onde a mesma está parafusada em uma das colunas, na Figura 1(b) e possível visualizar essa posição.

Para a fixação do extensômetro na viga, foi utilizada uma super cola e fitas adesivas que auxiliaram no posicionamento do mesmo na superfície. Após a colagem, foi aplicada uma camada de silicone em pasta para que o extensômetro ficasse protegido de fatores ambientais. Os terminais elétricos do extensômetro foram soldados a cabos específicos para conexão do o sistema de aquisição de dados.

Depois de ser preparada a estrutura do pórtico e colagem do extensômetro, iniciou-se o projeto do sistema de aquisição de dados que foi aplicado ao pórtico. Este sistema de aquisição teve a função de realizar a medição das deformações que um carregamento específico aplicado na estrutura possa causar na mesma.

Segundo Da Silva *et al.* (2014), os extensômetros de resistência elétrica proporcionam a medição da deformação por meio da quantificação de pequenas variações de resistência dentro de um circuito elétrico adequado. Usualmente, o circuito utilizado é a ponte de Wheatstone. Na montagem da ponte de Wheatstone com apenas um extensômetro, originando uma ligação em um quarto de ponte (conforme observa-se na Figura 2), o extensômetro representa uma resistência variável e corresponde a

um dos braços da ponte, enquanto os outros três braços são compostos por resistores de precisão com resistência de valor constante. Sendo fornecida uma tensão de entrada E é observada uma tensão de saída e , e através da aplicação de conceitos básicos de eletricidade, obtém-se a deformação por meio da equação 1.

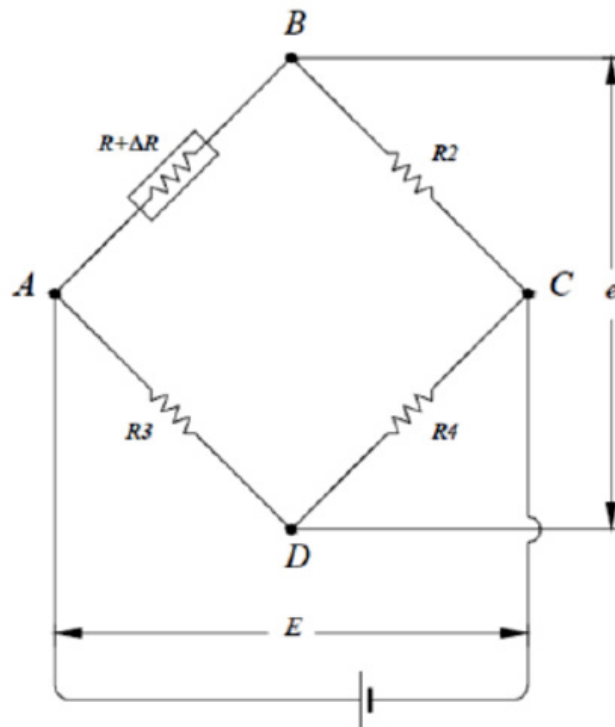


Figura 2: Circuito de Medição.

Fonte: adaptado de Silva *et al.* (2014).

$$\varepsilon = \frac{4e}{kE} \quad (1)$$

Na equação 1, ε é a deformação medida, enquanto K é uma constante chamada sensibilidade à deformação do material resistivo que constitui o extensômetro e E é a tensão de excitação.

Sendo assim, o sistema de aquisição consistiu na utilização dos conceitos de extensometria, foi montado um circuito tipo ponte de Wheatstone com a configuração de $\frac{1}{4}$ de ponte, ou seja, três resistores com valores de resistência fixo e uma resistência variável, sendo está o próprio extensômetro. Foi utilizado um módulo amplificador e conversor de sinais analógicos, conhecido como Módulo Amplificador HX711 e também os dados foram manipulados e interpretados através de uma placa Arduino Uno R3. Desta forma, os componentes eletrônicos utilizados para a montagem do sistema foram: placa arduino Uno R3; um extensômetro de 120 omhs; três resistores de 120 omhs; um módulo amplificados HX711; uma placa protoboard 400 furos. O Sistema de aquisição de dados antes de conectá-lo ao extensômetro pode ser visualizado na

Figura 3.

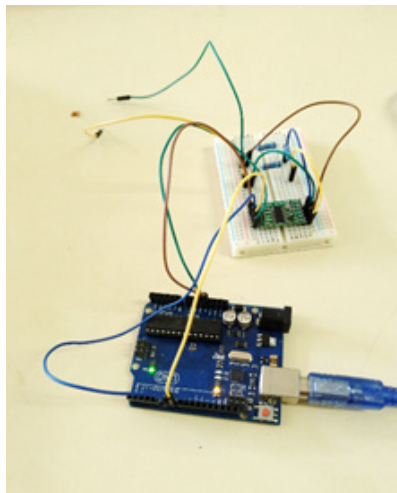


Figura 3 - Sistema de aquisição dos dados

Após o sinal convertido e amplificado através do módulo HX711, o mesmo precisou ser interpretado e processado. Estas funções foram desempenhadas pela placa arduino presente no sistema. O sistema arduino fornece um programa de computador para que sejam implementados os códigos e algoritmos de programação e funcionamento da placa em conjunto com o todos os outros componentes do sistema. A placa arduino deve ser conectada a um computador através de uma conexão via USB (*Universal Serial Bus*) para que os códigos implementados no programa possam ser transferidos à placa de modo que a mesma faça a interpretação e processamento dos dados. A conexão via USB também tem a função de fornecer energia ao sistema, gerando uma tensão de aproximadamente 4V (volts).

O algoritmo que foi implementado na IDE (Integrated Development Environment ou Ambiente Integrado de Desenvolvimento) do arduino foi baseado em um modelo disponível no *datasheet* (documento com especificações e dados do equipamento) do módulo HX711. O código em linguagem C dado como referência no *datasheet* foi adaptado à linguagem do arduino para que a placa pudesse ler e interpretar os dados gerados. O código final adaptado pode ser visto na Figura 4.

```

// --- Mapeamento de Hardware ---
#define ADDO 7 //Data Out
#define ADSK 6 //SCK

// --- Protótipo das Funções Auxiliares ---
unsigned long ReadCount(); //conversão AD do HX711

// --- Variáveis Globais ---
unsigned long convert;

// --- Configurações Iniciais ---
void setup()
{
    pinMode(ADDO, INPUT_PULLUP); //entrada para receber os dados
    pinMode(ADSK, OUTPUT); //saída para SCK
    Serial.begin(9600);
} //end setup

// --- Loop Infinito ---
void loop()
{
    convert = ReadCount();
    Serial.println(convert);
    delay(1000);
} //end loop

// --- Funções ---
unsigned long ReadCount()
{
    unsigned long Count = 0;
    unsigned char i;

    digitalWrite(ADSK, LOW);
    while(digitalRead(ADDO));
    for(i=0;i<24;i++)
    {
        digitalWrite(ADSK, HIGH);
        Count = Count << 1;
        digitalWrite(ADSK, LOW);
        if(digitalRead(ADDO)) Count++;
    } //end for

    digitalWrite(ADSK, HIGH);
    Count = Count^0x800000;
    digitalWrite(ADSK, LOW);

    return(Count);
} //end ReadCount

```

Figura 4 - Algoritmo de Funcionamento do Sistema.

Quando o algoritmo foi carregado e enviado para a placa arduino, foi possível visualizar os valores de resistência elétrica que estavam sendo lidos e processados por todo o sistema através de um monitor serial presente no *software* da placa arduino. Os valores de resistência elétrica foram gerados em um intervalo específico de tempo, denominado pelo programador, e foram impressos na tela do computador.

Para relacionar os dados de variação de resistência elétrica (gerados pelo software da placa arduino, através do monitor serial com o algoritmo implementado) com a deformação causada por diferentes carregamentos aplicados no centro da barra horizontal do pórtico (Figura 5), realizou-se a medição da tensão elétrica de saída da ponte de Wheatstone e, a partir desses valores de tensão elétrica calculou-se a deformação por meio da Equação 1.



Figura 5 - Carregamentos a 300 mm do extensômetro

Os dados de Resistência e Tensão elétrica obtidos para a posição em análise podem ser observados na Tabela 1.

Carregamento (gramas)	Diferença entre valores de resistência elétrica gerados pelo software arduino (ohms)	Tensão de saída na ponte de Wheatstone (mV)	Deformação calculada por meio da Equação 1
3198,11	310000	0,330	0,00024
2148,33	210000	0,32	0,00016
1969,11	180000	0,224	0,000145
1316,29	130000	0,210	0,000096
832,04	90000	0,084	0,000061

Tabela 1 - Resultados obtidos para testes com carregamentos a 300 mm do extensômetro

A partir dos valores de variação de resistência elétrica lidos pelo sistema de aquisição de dados e dos valores de deformações calculadas chegou-se na Equação 2, obtida através de Regressão Linear Simples, realizada pelo *software* Microsoft Excel. A qualidade da concordância entre os dados experimentais e a equação gerada (grau de ajuste) é representada em termos do coeficiente de correlação R^2 , que atingiu o valor de $R^2 = 0,994$, ou seja, o ajuste feito teve 99,40% de precisão.

$$\text{Deformação } [\varepsilon] = 1,446E^{-6} + 7,651E^{-10} * A \quad (2)$$

Onde A = diferença entre os valores de resistência elétrica lidos pelo sistema de aquisição pré e pós-carregamento.

Teoricamente, através da Equação 2, seria possível calcular a deformação

causada na estrutura, com a aplicação de uma determinada carga na mesma, somente com a diferença entre os valores de resistência elétrica lidos pelo sistema de aquisição.

Entretanto, para que o sistema completo fosse validado, buscou-se comparar as deformações obtidas a partir do sistema de aquisição dos dados com as obtidos através de simulações com o SolidWorks nos mesmos pontos e com os mesmos carregamentos.

Sendo assim, o projeto da estrutura básica do pórtico foi desenvolvido através do *software* SolidWorks e o módulo de simulação aplicado foi de análise estática. Após a seleção do tipo de análise foram definidos os materiais das peças utilizadas no projeto. A configuração “fixa” foi aplicada nas faces dos suportes dos pilares, que são as mesmas que estão fixadas na chapa base de madeira justamente para simular a função da mesma. O próximo passo foi a aplicação das cargas na estrutura. As simulações e os testes foram feitos utilizando os valores de massa medidos nos pesos que foram utilizados nos testes. A aplicação da carga na estrutura para posterior análise pode ser vista na Figura 6(a).

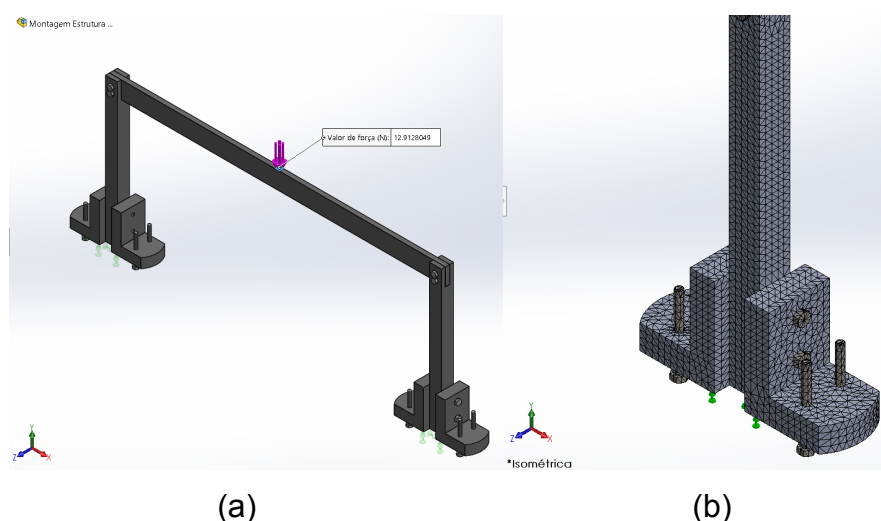


Figura 6 - Configurações adotadas para simulação no SolidWorks: (a) carga aplicada; (b) malha aplicada na estrutura

A Figura 6 (a) mostra que foi escolhida a face onde a força é aplicada, bem como a direção e o módulo que a força age na estrutura. Finalmente, para que o *software* conseguisse fazer os cálculos e apresentar os resultados da análise, foi feita a geração da malha correspondente à estrutura, mostrada pela Figura 6(b).

Por fim, com os valores de deformação encontrados com simulações no SolidWorks, foi possível compará-los com os valores de deformação obtidos a partir do sistema de aquisição de dados construído. Essa comparação foi feita através do cálculo do Erro Relativo Percentual, representado pela Equação 3.

$$E_r \% = \left| \frac{\epsilon_a - \epsilon_s}{\epsilon_s} \right| \times 100 \quad (3)$$

Onde ϵ_a = deformação calculada através da Equação 3

ϵ_s = deformação encontrada através de simulação no SolidWorks

3 | RESULTADOS

Os resultados obtidos através dos testes mencionados na metodologia foram adaptados em tabelas para melhor análise e compreensão dos mesmos. A Tabela 2 mostra os resultados obtidos nos testes feitos com carregamentos aplicados a distância de 130 mm do extensômetro, como mostra a Figura 7 (a).

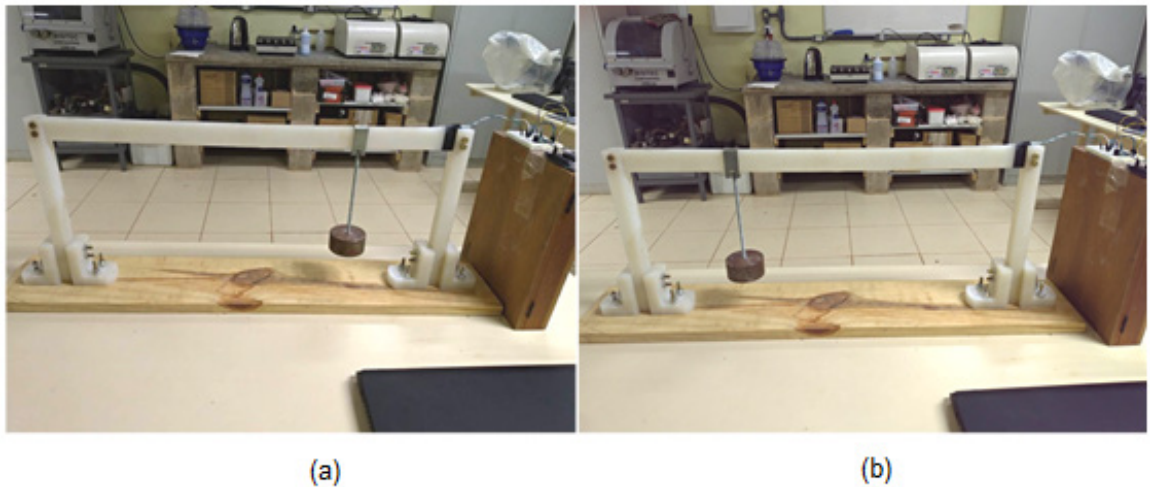


Figura 7 - (a) Carregamentos a 130 mm do extensômetro; (b) Carregamentos a 450 mm do extensômetro

Carregamentos (gramas)	Deformação Calculada pela Equação 2	Deformação obtida por Simulações no SolidWorks	Erro Relativo Percentual entre os valores de Deformação
3198,11	0,000173	0,000165	4,8%
2148,33	0,000120	0,000109	10%
1969,11	0,000109	0,000101	8%
1316,29	0,0000665	0,0000630	6%
832,04	0,0000512	0,0000490	9,5%
Média do Erro Relativo Percentual			7,7%

Tabela 2 - Resultados obtidos para testes com carregamentos a 130 mm do extensômetro

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos quando os carregamentos foram aplicados a distância de 450 mm do extensômetro, como mostra a Figura 7(b).

Carregamentos (gramas)	Deformação Calculada pela Equação 2	Deformação obtida por Simulações no SolidWorks	Erro Relativo Percentual entre os valores de Deformação
3198,11	0,000158	0,000165	4%
2148,33	0,000112	0,000112	0%
1969,11	0,000101	0,000105	4%
1316,29	0,0000700	0,0000700	0%
832,04	0,0000435	0,0000420	4%
Média do Erro Relativo Percentual			6,33%

Tabela 3 - Resultados obtidos para testes com carregamentos a 450 mm do extensômetro

Através de análises das Tabelas 2 e 3, foi possível verificar que, utilizando a Equação 2, pode-se obter os valores de deformações para aplicações de carregamentos a distância de 130 mm e 450 mm do extensômetro, com um erro relativo percentual médio de 7,7% e 6,33% nos resultados, respectivamente. Deste modo, uma deformação causada na estrutura pela aplicação de um determinado carregamento pode ser obtida através da variação da resistência elétrica lida pelo sistema de aquisição de dados desenvolvido, aplicando este valor na Equação 2, apresentando um erro relativo baixo ao resultado final.

4 | CONCLUSÕES

A importância da aplicação prática dos conceitos ensinados em aula pelos professores de cursos superiores de engenharia mostra-se de grande importância para a formação dos futuros profissionais nesta área. A experiência adquirida através de estudos práticos e experimentais pode contribuir quando os estudantes estiverem iniciando o seu ingresso no mercado de trabalho.

O desenvolvimento do presente trabalho permitiu uma análise experimental de deformações causadas em uma estrutura mediante a cargas aplicadas na mesma através do aprofundamento dos conceitos de extensometria e do desenvolvimento de um pórtico instrumentado, contribuindo como uma ferramenta prática para aplicação de conceitos referentes a resistência dos materiais.

Os testes feitos no pórtico demonstraram que o mesmo pode ser aplicado para a obtenção de deformações através de uma equação geral encontrada, que aliada com o sistema de aquisição de dados desenvolvido, pode gerar resultados com um percentual baixo de erros se comparados a resultados obtidos por simulações gráficas realizados em condições semelhantes. Desta forma, os resultados obtidos com desenvolvimento do pórtico mostraram que este pode ser uma ferramenta de grande importância no ensino dos conteúdos das disciplinas de resistência dos materiais nos cursos de Engenharia.

REFERÊNCIAS

BATISTA, W. G.; DOS SANTOS, C. L.; NASCIMENTO, R. M.; DA CRUZ, N. R.; BATISTA, P. S. **A importância da Metodologia Prática aplicada à Engenharia como fator inerente à aquisição do conhecimento profissional: o caso da disciplina de Ciência dos Materiais.** Tocantins, 2017. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jjice/8jjice/paper/viewFile/8621/3879>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

DA SILVA, W. J. S.; DE LIMA, B. B.; DE ASSIS, W. S. **Desenvolvimento de um pórtico instrumentado para apoio ao ensino de mecânica dos sólidos.** Juiz de Fora, 2014. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/5/Artigos/129290.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

PEREIRA, V. R. A.; HAYASHI, C. R. M.; FERRARI JUNIOR, R. **Ensino de engenharia e inovação tecnológica: como estimular a capacidade de inovar?** Revista Tecnologia e Sociedade. Curitiba, v. 12, n. 25, 2016.

PRESTES, E. B. Carvalho.; RODRIGUES, L. M. **Levantamento sobre a importância de aulas práticas para o ensino superior de engenharia.** Anais do 8º Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão – Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2016. Disponível em: <<http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/viewFile/19427/7720>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

SOUZA, C. B. O.; LOBATO, J. F. P. (2012). **A relação teoria e prática no ensino superior.** Trabalho apresentado no 8º Salão de Ensino da UFRGS, 1 a 5 de outubro, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/63034/Ensino2012_Resumo_25947.pdf?sequence=1>. Acesso em: 07 mar. 2018.

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

