



Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
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. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

| <b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)<br/>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b> |  |
|---|--|
| E82   | <p>Estudos (inter) multidisciplinares nas engenharias 1 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF<br/>Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader<br/>Modo de acesso: World Wide Web<br/>Inclui bibliografia<br/>ISBN 978-85-7247-697-3<br/>DOI 10.22533/at.ed.973190910</p> <p>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. I. Silva, Helenton Carlos da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p> |
| <b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>   |  |

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 25 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias.

O processo de aprendizagem, hoje em dia, é baseado em um dinamismo de ações condizentes com a dinâmica do mundo em que vivemos, pois a rapidez com que o mundo vem evoluindo tem como chave mestra a velocidade de transmissão das informações.

A engenharia praticada nos dias de hoje é formada por conceitos amplos e as situações a que os profissionais são submetidos mostram que esta onda crescente de tecnologia não denota a necessidade apenas dos conceitos técnicos aprendidos nas escolas.

Desta forma, os engenheiros devem, além de possuir um bom domínio técnico da sua área de formação, possuir domínio também dos conhecimentos multidisciplinares, além de serem portadores de uma visão globalizada.

Este perfil é essencial para o engenheiro atual, e deve ser construído na etapa de sua formação com o desafio de melhorar tais características.

Dentro deste contexto podemos destacar que uma equipe multidisciplinar pode ser definida como um conjunto de profissionais de diferentes disciplinas que trabalham para um objetivo comum.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos estudos da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias, com destaque mais diversas engenharias e seus temas de estudos.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | <b>1</b>  |
| A IMPORTÂNCIA DA (INTER) MULTIDISCIPLINARIDADE NAS ENGENHARIAS PARA O DESENVOLVIMENTO E OPERAÇÃO DAS CIDADES INTELIGENTES   |           |
| Roberto Righi<br>Roberta Betania Ferreira Squaiella   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.9731909101</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | <b>13</b> |
| ANÁLISE DOS MÉTODOS DE ENSINO E AVALIAÇÕES UTILIZADOS NA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL  |           |
| Elaine Cristina Lengowski<br>Carla Cristina Cassiano  |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.9731909102</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | <b>26</b> |
| AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE POSTO DE TRABALHO EM UM ATELIÊ DE SOUVENIRS COM USO DOS MÉTODOS OWAS E DE SUZANNE RODGERS   |           |
| Jordy Felipe de Jesus Rocha<br>Maria Vanessa Souza Oliveira<br>Leila Medeiros Santos<br>Bento Francisco dos Santos Júnior   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.9731909103</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....   | <b>40</b> |
| AVALIAÇÃO ERGONÔMICA: ESTUDO DE CASO DE VIGILANTES  |           |
| Gustavo Francesco de Moraes Dias<br>Diego Raniere Nunes Lima<br>Renato Araújo da Costa<br>Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho<br>Fernanda da Silva de Andrade Moreira<br>Hugo Marcel Flexa Farias<br>Jessica Cristina Conte da Silva |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.9731909104</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....   | <b>53</b> |
| ESTILO DE LIDERANÇA QUE O ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO DEVE POSSUIR NA ÓTICA DOS ENGENHEIROS DE PRODUÇÃO DA FACULDADE PARAÍSO DO CEARÁ  |           |
| Emmanuela Suzy Medeiros<br>José Valmir Bezerra e Silva Júnior   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.9731909105</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 6</b> .....   | <b>66</b> |
| EVOLUÇÃO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA A INDÚSTRIA NO BRASIL  |           |
| Lídia Silveira Arantes<br>Thales de Oliveira Costa Viegas   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.9731909106</b>  |           |

**CAPÍTULO 7 ..... 80**

**GOVERNANÇA, RESPONSABILIDADE SOCIAL E SUSTENTABILIDADE:  
ENTENDENDO OS FENÔMENOS DE GESTÃO ORGANIZACIONAL**

Leonardo Petrilli  
Denize Valéria dos Santos Baia  
Juliana Fernanda Monteiro de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.9731909107**

**CAPÍTULO 8 ..... 93**

**PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL DE UMA  
ESCOLA DA REDE PÚBLICA MUNICIPAL DE PARAUAPEBAS**

Diego Raniere Nunes Lima  
Renato Araújo da Costa  
Gustavo Francesco de Moraes Dias  
Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho

**DOI 10.22533/at.ed.9731909108**

**CAPÍTULO 9 ..... 105**

**ANÁLISE DO RISCO DE ACIDENTE CAUSADO PELA ALTA TEMPERATURA EM  
ALTO-FORNO SIDERÚRGICO NO MUNICÍPIO DE MARABÁ – PA**

Diego Raniere Nunes Lima  
Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho  
Gustavo Francesco de Moraes Dias  
Renato Araújo da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.9731909109**

**CAPÍTULO 10 ..... 120**

**CONFECÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE SISTEMAS  
HIDRELÉTRICOS COM PERSPECTIVA À INTEGRAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0**

Kariston Dias Alves  
Gustavo Catusso Balbinot  
Artur Vitório Andrade Santos

**DOI 10.22533/at.ed.97319091010**

**CAPÍTULO 11 ..... 131**

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA ESTUDO DE VIABILIDADE  
TÉCNICA DE TERMELÉTRICAS A BIOMASSA NO BRASIL**

Beatriz Gabrielle de Carvalho Pinheiro  
Josiane do Socorro Aguiar de Souza Oliveira Campos  
Luciano Gonçalves Noleto  
Maria Vitória Duarte Ferrari  
Tallita Karolline Nunes

**DOI 10.22533/at.ed.97319091011**

**CAPÍTULO 12 ..... 143**

**DESENVOLVIMENTO DE UM REGULADOR AUTOMÁTICO DE TENSÃO  
MICROCONTROLADO UTILIZADO EM GERADORES SÍNCRONOS ISOLADOS**

Guilherme Henrique Alves  
Lúcio Rogério Júnior  
Antônio Manoel Batista da Silva  
Wellington Mrad Joaquim

**CAPÍTULO 13 ..... 157**

**DESPACHO ÓTIMO DAS UNIDADES GERADORAS DA USINA HIDRELÉTRICA  
LUIS EDUARDO MAGALHÃES**

Henderson Gomes e Souza  
Brunno Henrique Brito  
Vailton Alves de Faria  
Jabson da Cunha Silva

**DOI 10.22533/at.ed.97319091013**

**CAPÍTULO 14 ..... 170**

**DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE ÓPTICA E TÉRMICA DE UM COLETOR  
PARABÓLICO COMPOSTO COM E SEM EFEITO ESTUFA**

Joaquim Teixeira Lopes  
Ricardo Fortes de Miranda  
Keyll Carlos Ribeiro Martins  
Camila Correia Soares

**DOI 10.22533/at.ed.97319091014**

**CAPÍTULO 15 ..... 177**

**EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO DE ENDURECIMENTO POR  
PRECIPITAÇÃO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS EM  
LIGAS DE AL-SI-MG FUNDIDAS**

Albino Moura Guterres  
Daniel Beck  
Cláudio André Lopes de Oliveira  
Juliano Poleze

**DOI 10.22533/at.ed.97319091015**

**CAPÍTULO 16 ..... 186**

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS  
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDE PARA CONSUMIDORES DO GRUPO A**

Roberto Pereira de Paiva e Silva Filho  
Murilo Miceno Frigo  
Gustavo Francesco de Moraes Dias  
Diego Raniere Nunes Lima  
Renato Araújo da Costa  
Timóteo Gonçalves Braga

**DOI 10.22533/at.ed.97319091016**

**CAPÍTULO 17 ..... 199**

**GESTÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS  
ELETRÔNICOS NA IMAGEM SOM ELETRÔNICA LTDA**

Carla Ruanita Pedroza Maia  
Leila Medeiros Santos  
Maria Vanessa Souza Oliveira  
Bento Francisco dos Santos Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.97319091017**

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 18</b> .....   | <b>212</b> |
| INDICADOR DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA   |            |
| Jean Carlos da Luz Pereira<br>Felipe Guimarães Ramos   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.97319091018</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 19</b> .....   | <b>225</b> |
| INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR DE MODIFICAÇÕES NA CÉLULA FOTOVOLTAICA MONOCRISTALINA DE SILÍCIO   |            |
| Marcus André Pereira Oliveira<br>Ana Flávia de Sousa Freitas<br>Thiago Barros Pimentel<br>Adão Lincoln Montel  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.97319091019</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 20</b> .....   | <b>234</b> |
| UMA APLICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EFICIÊNCIA EXERGÉTICA DAS TURBINAS A VAPOR NAS INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS  |            |
| Nancy Lima Costa<br>Maria de Sousa Leite Filha<br>Arthur Gilzeph Farias Almeida<br>Jaciera Dantas Costa<br>Antônio Daniel Buriti de Macêdo<br>José Nunes de Oliveira Neto<br>Jordany Ramalho Silveira Farias<br>José Jefferson da Silva Nascimento |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.97319091020</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 21</b> .....   | <b>242</b> |
| THE STEAM GENERATION CENTERS AS A VECTOR FOR THE SUGARCANE MILLS EVOLUTION TO THE SUCRO-ENERGETICS PLANTS FORMAT   |            |
| Roque Machado de Senna<br>Henrique Senna<br>Rosimeire Aparecida Jerônimo   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.97319091021</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 22</b> .....   | <b>252</b> |
| ANÁLISE DE CERTIFICADOS DIGITAIS EM DOMÍNIOS BRASILEIROS   |            |
| Matheus Aranha<br>Diogo Pereira<br>Artur Ziviani<br>Fábio Borges   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.97319091022</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 23</b> .....   | <b>264</b> |
| ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO ALTERNATIVO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO  |            |
| Arthur Hendricks Mendes de Oliveira<br>Helder Alves Pereira  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.97319091023</b>  |            |

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 24 .....</b>   | <b>271</b> |
| <b>SENSORIAMENTO ELETRÔNICO DE BAIXO CUSTO NO MONITORAMENTO<br/>HIDRÁULICO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS</b>         |            |
| Lidiane Bastos Dorneles<br>Samuel dos Santos Cardoso<br>Samanta Tolentino Ceconello<br>Jocelito Saccol de Sá |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.97319091024</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 25 .....</b>   | <b>283</b> |
| <b>TUTORIAL SOBRE REPETIDORES DE DADOS MÓVEIS</b>  |            |
| Carine Mineto<br>Lyang Leme de Medeiros<br>Helder Alves Pereira  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.97319091025</b>  |            |
| <b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>  | <b>295</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>  | <b>296</b> |

## SENSORIAMENTO ELETRÔNICO DE BAIXO CUSTO NO MONITORAMENTO HIDRÁULICO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

### **Lidiane Bastos Dorneles**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Pelotas – Rio Grande do Sul.

### **Samuel dos Santos Cardoso**

Universidade Federal de Santa Catarina – Santa Catarina.

### **Samanta Tolentino Ceconello**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Pelotas – Rio Grande do Sul.

### **Jocelito Saccol de Sá**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Campus Pelotas – Rio Grande do Sul.

**RESUMO:** O uso de experimentos envolvendo tecnologia assistida tem-se mostrado promissora para o desenvolvimento de atividades pedagógicas, criando oportunidades para o aprendizado. O objetivo desse trabalho foi avaliar a aplicabilidade do sensoriamento analógico-digital de baixo custo no monitoramento hidráulico de bombas centrífugas associadas em série e em paralelo. Para isso, foi utilizada composta por uma estrutura de aço e rodízios, conexões de PVC, duas bombas centrífugas, um sensor de pressão diferencial e um sensor de vazão de efeito Hall e placa de prototipação Arduino MEGA 2560. Para análise

da aplicabilidade do sensoriamento eletrônico, foram comparadas as curvas características altura manométrica versus vazão, obtidas em tempo real, das bombas associadas em série e em paralelo com as curvas características teóricas. O sensoriamento eletrônico da pressão e vazão apresentou viabilidade econômica pelo baixo custo de aquisição dos sensores e técnico pela exatidão dos resultados obtidos, possibilitando seu uso como uma ferramenta didática acessível e permitindo aos alunos a compreensão prático-teórica das relações hidráulicas existentes em um sistema de bombeamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensor de pressão, sensor de vazão, Arduino, associação de bombas.

### LOW-COST ELECTRONIC SENSING IN HYDRAULIC MONITORING CENTRIFUGAL PUMPS

**ABSTRACT:** The use of experiments involving assistive technology has shown promise for the development of pedagogical activities, creating opportunities for learning. The objective of this work was to evaluate the applicability of low cost analog-digital sensors in the hydraulic monitoring of series and parallel associated centrifugal pumps. For this, has used a didactic workbench composed of: a steel frame and

castors, PVC connections, two centrifugal pumps, a differential pressure sensor and a Hall effect flow sensor and Arduino MEGA 2560 prototyping plate. To analyze the applicability of the electronic sensing, has compared the characteristic curves head versus flow rate, obtained in real time, of the pumps associated in series and in parallel with the theoretical characteristic curves. Electronic sensing of the head and flow rate presented economic viability due to the low cost of sensor acquisition and technical due to the accuracy of the obtained results, allowing its use as an accessible didactic tool and allowing students the practical-theoretical understanding of the hydraulic relations existing in a system pumping.

**KEYWORDS:** Pressure sensor, flow rate sensor, Arduino, association of pumps.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com o passar dos tempos vem se percebendo na educação, uma dificuldade de contextualização no ensino de ciências, problema este detectado no ensino básico até a graduação. Para sanar tais problemas vem se tornando frequente a busca por metodologias didáticas que favoreçam a associação de matérias teóricas com práticas laboratoriais (DE CASTRO, 2016).

O uso de experimentos envolvendo tecnologia tem-se mostrado cada vez mais promissor no campo do ensino, principalmente para o uso em laboratório, pois traz ao professor uma opção de ferramenta didática para o ensino e para o aluno, uma oportunidade de envolver-se diretamente com seu experimento (HAAG et al., 2005).

A utilização dessas tecnologias pode, por vezes, ser de difícil acesso às instituições de ensino devido aos altos custos de aquisição, taxas de importação, exportação e impostos, além da burocracia para compra através de pregões públicos (DA ROCHA et al., 2013).

Além dos altos custos impostos às ferramentas tecnológicas para fins didáticos, esses equipamentos possibilitam somente o seu uso sem que o usuário saiba como realmente funcionam. Esses modelos de ferramentas não favorecem ao aluno um aprendizado autônomo, pois não o deixa conhecer os princípios físicos nem os métodos que foram empregados para o desenvolvimento do experimento (DE CASTRO, 2016).

Para tanto, o que se vê no mercado atualmente é a disponibilidade de plataformas eletrônicas e sensores eletrônicos que têm preços acessíveis, os quais permitem fazer a aquisição de dados através de sensores eletrônicos que também se mostram muito úteis para fins didáticos. Tais módulos eletrônicos são comandados por microcontroladores, os quais são capazes de efetuarem comandos através de códigos de programação, o que é um grande ganho já que assim é possível fazer ajustes conforme o que se desejar comandar (DE SOUZA et al., 2011).

Atualmente existem plataformas de código e hardware abertos que possibilitam o desenvolvimento de protótipos e também de sistemas completos, com os mais diversos propósitos. Uma dessas plataformas é o Arduino, que oferece um sistema

de hardware e software livre, e cujo objetivo é fornecer uma plataforma acessível, flexível e de baixo custo (JACQUET, 2010).

Nessa plataforma toda a programação, o que inclui o processamento de dados matemáticos e conversões de dados digitais e analógicos, é recebida e enviada através do acoplamento físico, devidamente planejado, da plataforma com os periféricos a serem utilizados (DA ROCHA et al., 2013).

No contexto descrito as bancadas didáticas de ensaios são equipamentos indispensáveis em atividades educacionais relativas ao estudo de bombas e instalações de bombeamento, porém, o alto custo desses equipamentos muitas vezes torna-se um empecilho para sua aquisição em instituições públicas de ensino (MARTINEZ et al., 2001).

Deste modo, o desenvolvimento de equipamentos didáticos compatíveis com a capacidade de investimento atual das universidades é uma alternativa viável para se minimizar a carência existente nos atuais cursos de engenharia (NASCIMENTO et al., 2013).

Ao perceber-se o custo envolvido e a carência do uso da tecnologia como ferramenta de ensino, principalmente para disciplinas que envolvam mecânica dos fluidos, buscou-se com esse trabalho realizar um estudo sobre a aplicabilidade do sensoriamento analógico-digital de baixo custo para o estudo do comportamento hidráulico de bombas centrífugas associadas em série e em paralelo em uma bancada didática.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Hidrodinâmica Ambiental do Curso de Saneamento Ambiental do Instituto Federal Sul-rio-grandense Campus Pelotas, baseado em trabalhos realizados por Cavalcante et al. (2014); Nascimento et al. (2013) e Da Rocha e Guadagnini (2013).

Para o desenvolvimento do sensoriamento analógico-digital em bombas centrífugas, foi utilizada uma bancada didática constituída de duas partes: estrutura metálica (gaiola) e o sistema hidráulico. A gaiola tem por função tornar possível a locomoção e a sustentação da bancada e também possibilitar o desnível entre o reservatório e as bombas centrífugas, além do alinhamento adequado entre elas.

O sistema hidráulico foi responsável pela condução do fluido pela tubulação e reservatório. Esse sistema foi constituído por um reservatório de 30 litros, duas bombas centrífugas, registros de gaveta para o controle da vazão, conexões e tubulações de PVC. As conexões utilizadas foram: joelho soldável de 90°, curva soldável e roscável de 90°; união soldável, luva de redução roscável, niple roscável, tê soldável, dentre outras. Foi utilizado o diâmetro de 25 mm para todas as conexões e os tubos de PVC.

Para análise da associação em série e em paralelo de bombas centrífugas,

foram utilizadas duas bombas do modelo Schneider BCR-2000-0.25 M60-220, com vazão mínima 13,33 L/min e máxima 58,33 L/min, pressão máxima de 16,0 mca, diâmetro da tubulação de sucção e de recalque de 3/4” e rotação máxima de 3500 RPM. Na Figura 1, pode-se observar a estrutura metálica, o reservatório de água, as tubulações e as conexões de PVC, as bombas centrífugas e os sensores de pressão e de vazão utilizados.

Para realizar a associação das bombas foram utilizados três registros de esfera de PVC de 25 mm de diâmetro. Para determinação da vazão e pressão na associação em paralelo o registro 1 e 3 eram mantidos abertos e o registro 2 fechado. Já para associação em série o registro 2 era mantido aberto e os registros 1 e 3 fechados. Na Figura 1, pode-se observar a posição dos registros de PVC para associação em série.

Para o sensoriamento foi utilizada uma placa de prototipação Arduino MEGA 2560 com um microcontrolador ATmega 2560 integrado. Essa placa apresenta um maior número de entradas e saídas digitais e analógicas, possibilitando a ligação de vários sensores e a elaboração de projetos mais complexos (DE SOUZA et al., 2011).

Foi utilizada a porta analógica A0 e a porta digital 18 da placa de prototipação Arduino. Sendo que a entrada analógica foi utilizada para fazer a conversão do sinal analógico em um sinal digital oriundo do sensor de pressão. Já a entrada digital recebeu o sinal pulsante do sensor de vazão. Os sinais são processados pelo microcontrolador e por meio da programação convertidos em valores de pressão manométrica e de vazão.

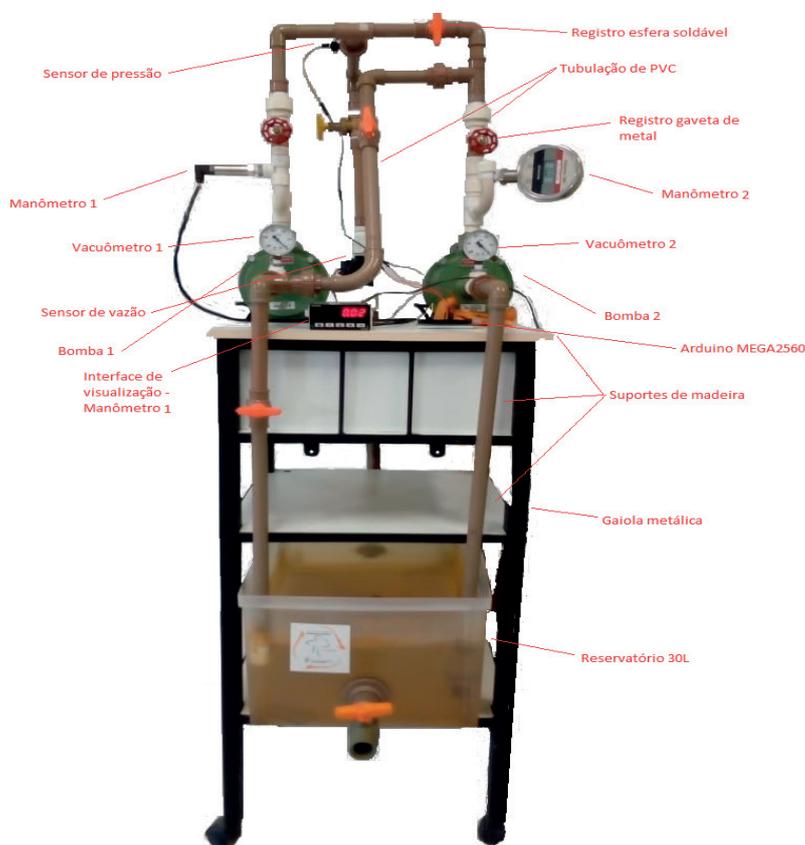


Figura 1: Bancada didática para associação de bombas.

Fonte: Autores (2019).

A programação do Arduino é baseada na linguagem C e C++. Essa programação é *open source*, o que significa que seu código fonte é totalmente aberto, ou seja, pode ser ajustado para a finalidade que o usuário determinar (DE SOUZA et al., 2011).

A escolha do sensor de pressão foi baseada em pesquisa dos modelos disponíveis no mercado considerando o preço e a funcionalidade do mesmo quando acoplado a uma tubulação de PVC em circuito fechado. Desse modo, foi utilizado o sensor de pressão modelo MPX5700DP, que permite medições de pressão diferencial ou absoluta entre 0 e 700 kPa.

Segundo Oliveira (2010), a série MPX5700 é constituída por transdutores de pressão piezoresistivos com uma alta gama de aplicações, principalmente para aquelas que fazem uso de microcontroladores ou microprocessadores para conversões analógicas. Na Figura 2, pode-se observar o sensor de pressão MPX5700DP conectado à tubulação de PVC por meio de uma tomada de pressão de 6,0 mm de diâmetro.

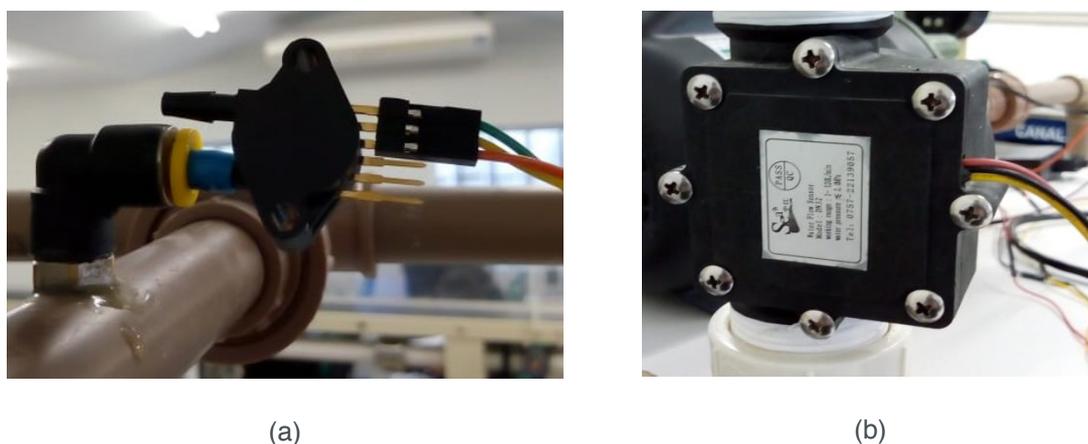


Figura 2. Sensor de pressão MPX5700DP (a) e sensor de vazão de efeito Hall, modelo YF-21 (b) utilizados para o sensoriamento digital analógico de um sistema de bombeamento.

Fonte: Autores (2019).

Para a medição de vazão foi escolhido um sensor de vazão eletromagnético, de efeito Hall, modelo YF-21, não intrusivo, ou seja, o elemento transdutor do sensor não entra diretamente em contato com o fluxo que se pretende medir (HORIGOSHI, 2016).

O sensor de efeito Hall possui internamente uma turbina, que gira com o fluxo do fluido no interior do sensor (Figura 2). Ao girar, a turbina desloca um ímã e este ao se deslocar cria um campo eletromagnético gerando pulsos elétricos. Os pulsos são detectados pelo sensor, a frequência dos pulsos é proporcional ao fluxo do fluido no interior da tubulação, conseqüentemente a vazão é determinada pelo número de pulsos por unidade de tempo e por uma constante de proporcionalidade. Essa constante deve ser determinada na calibração do sensor.

Para o uso correto dos sensores utilizados nesse estudo, se fez a calibração e

a compensação dos mesmos de modo a eliminar ou diminuir os erros de medição. Segundo Vidal (2009), a calibração de um instrumento ou sensor é um processo pelo qual é feito o levantamento dos parâmetros dos mesmos através de um sistema de referência ou métricas pré-estabelecidas no manual do fabricante ou em norma vigente. A calibração pode ser feita e expressa através de uma curva de calibração, diagramas de calibração, dentre outros.

A calibração do sensor de vazão de efeito Hall foi obtida pela relação do número de pulsos em função da vazão do fluido bombeado. A vazão foi determinada diretamente pelo método volumétrico conforme orientações da ISO 4185/1980.

Desse modo, a vazão foi obtida pelo volume de água coletado em um recipiente plástico com capacidade de 20 litros e o tempo cronometrado em um cronometro digital. Foram contabilizados o tempo, a contagem de pulsos e a pesagem, em uma balança, do fluido contido no recipiente. Esse procedimento foi repetido em diferentes pontos de abertura do registro de gaveta, sendo considerado o registro totalmente aberto e totalmente fechado, pontos de máxima e mínima vazão, respectivamente.

Os dados foram coletados com uma bomba funcionando por vez, com as bombas associadas em série e com as bombas associadas em paralelo.

Para o sensor de pressão diferencial, a calibração foi realizada por comparação com valores de pressão de referência obtidos em uma Bomba Calibrativa de comparação da marca Polimed, modelo A0039 e um manômetro padrão com capacidade de 100 mca.

Nos testes de calibração, o sensor e a bomba calibrativa foram postos em funcionamento simultaneamente. Assim para que fosse realizada a calibração foram analisados os seguintes parâmetros: a tensão na saída do sensor de pressão (Pino 1), a pressão obtida pela equação de calibração fornecida pelo fabricante do sensor e o valor de pressão no manômetro padrão.

Com o aumento progressivo da pressão na bomba e a leitura do manômetro padrão como referência, foi realizado o registro da tensão na saída do sensor e da pressão fornecida pelo fabricante do sensor MPX5700DP. Após o processo de aquisição de dados obteve-se uma equação de calibração baseada nas leituras do manômetro utilizado como referência, que posteriormente foi inserida na programação do Arduino.

Os dados dos sensores de pressão e vazão foram transferidos em tempo real para uma planilha do Excel via microprocessador Arduino e o software PLX-DAQ, permitindo assim a plotagem de gráficos em tempo real, possibilitando a visualização das relações entre pressão e vazão do sistema de bombeamento.

O levantamento da curva característica da relação da altura manométrica versus vazão, com o sistema de sensoriamento analógico-digital (Curva Estimada), foi realizado nas seguintes situações: com as bombas operando individualmente e com as bombas associadas em série e em paralelo.

As curvas características obtidas pelo sensoriamento foram comparadas com

as curvas características teóricas para associação em série e em paralelo. Para associação em série, a curva característica teórica foi obtida pela soma das alturas manométricas de cada bomba, mantendo-se a vazão constante. Para associação em paralelo, a curva foi obtida pela soma das vazões para uma mesma altura manométrica (pressão) conforme Azevedo Netto et al. (2015).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, para o fator qualitativo (altura manométrica para associações em série e vazão para associação em paralelo) foi realizada a comparação entre médias pelo teste de Tukey à 5% de significância além da determinação do Erro Médio. Para as análises estatísticas utilizou o software livre R (R CORE TEAM, 2017).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparativamente, o custo de aquisição e confecção da bancada produzida neste projeto com uma bancada didática comercial semelhante, cujo valor é R\$ 21.333,00 (COMPRASNET, 2018), foi significativamente inferior, resultando em uma economia de aproximadamente R\$ 20.000,00. Sendo assim, em termos de custos, a bancada construída demonstra-se ser mais econômica e de valor acessível para utilização em aulas práticas que envolvam estudos sobre fluidos. Na Tabela 2, estão relacionados os quantitativos e os materiais utilizados para a montagem e adaptação da bancada e o respectivo custo de aquisição dos mesmos.

| <b>Materiais</b>             | <b>Quantidade</b> | <b>Valor (R\$)</b> |
|------------------------------|-------------------|--------------------|
| Motobomba 1/4 CV             | 2 uni.            | 841,14             |
| Placa Arduino MEGA 2560      | 1 uni.            | 63,90              |
| Cabos para conexão Arduino   | 18 uni.           | 9,00               |
| Sensor de Pressão MPX-5700DP | 1 uni.            | 59,40              |
| Sensor de vazão Efeito Hall  | 1 uni.            | 45,90              |
| Tubulações e conexões        | 65 uni.           | 268,00             |
| Reservatório de 30L          | 1 uni.            | 52,00              |
|                              | <b>Total</b>      | <b>1339,34</b>     |

Tabela 2 – Quantitativo dos materiais utilizados na bancada didática de associação de bombas centrífugas e respectivos custos de aquisição.

Fonte: Autores (2019).

Nascimento et al. (2013), desenvolveram uma bancada didática de bombas centrífugas com um custo total de R\$ 523,00, valor inferior ao investido nesse projeto, porém, no trabalho citado não foi contabilizado o custo de aquisição das bombas centrífugas e manômetros, além de não haver um sistema de aquisição eletrônico de dados de pressão e vazão.

Além dos baixos custos com a implementação dos sensores na bancada didática,

os resultados obtidos na calibração do sensor de pressão, foram coincidentes com os valores obtidos pela equação fornecida pelo fabricante do mesmo.

A resposta do sensor ( $V_{out}$ ) apresentou um comportamento linear crescente com o aumento de pressão. Segundo Horigoshi (2016), o valor do coeficiente de proporcionalidade do sensor de vazão, varia conforme o modelo do sensor e com as características do fluido, como a viscosidade.

Na Figura 3, pode-se observar a relação linear dos valores de pressão (mca) e o sinal de saída do sensor ( $V_{out}$ ) quando submetidos à calibração na bomba calibrativa de referência (PPADRÃO) e do fabricante do sensor de pressão (PSENSOR) e suas respectivas equações de calibração e coeficientes de ajuste ( $R^2$ ).

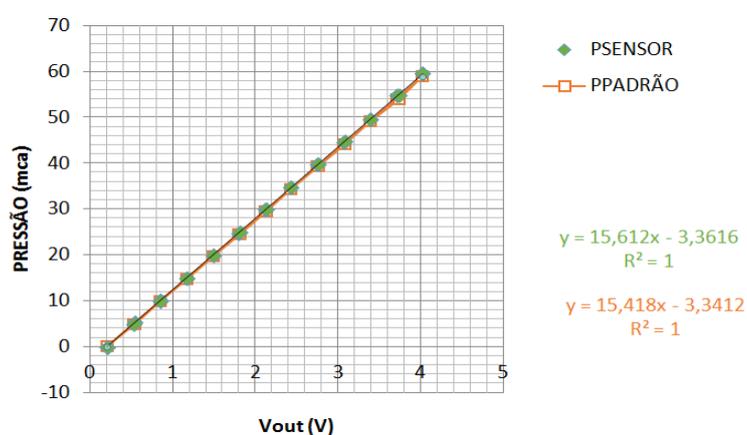


Figura 3: Curvas de calibração geradas a partir do manômetro de referência e pelo sensor MPX5700DP.

Fonte: Autores (2019).

Para o sensor de vazão, foi observada uma relação linear da vazão do fluido com o número de pulsos eletromagnéticos detectados pelo sensor de efeito Hall, corroborando com observações realizadas por Delmeé (2003).

Pela equação de ajuste obteve-se o coeficiente de proporcionalidade de 1,94. Dessa forma, a vazão foi determinada pela Equação 1.

$$Q = 1,94 \times NP \quad (\text{Eq 1})$$

Onde:

Q é a vazão em L/min, e

NP é o número de pulso por minuto.

A Equação 1 e a equação obtida na calibração do sensor de pressão de referência foram inseridas na programação do processador presente no Arduino MEGA 2560, permitindo a obtenção de dados de pressão e de vazão do sistema de bombeamento em tempo real.

As bombas utilizadas nesse estudo apresentam características idênticas, porém, foram observados valores distintos de vazão e de pressão, quando colocadas em

operação.

Para a bomba 1, verificou-se uma vazão máxima de 45,54 L/min, sendo que a vazão máxima indicada pelo fabricante é igual a 58,33 L/min, representando uma diferença de aproximadamente 22%. Já a bomba 2, o valor obtido também difere do fornecido pelo fabricante, porém, a diferença foi inferior a 5%. Nesse caso, a vazão máxima da bomba testada foi de 55,45 L/min.

Essa situação também se repetiu em relação à altura manométrica. Para esse parâmetro, a pressão máxima média determinada pelo sensor foi de 14,4 mca para a bomba 1 e de 15,9 mca para a bomba 2. Para o modelo de bomba utilizado, o valor da altura manométrica máxima, informado pelo fabricante é de 16,0 mca. Nesse caso, a bomba 2 apresenta-se em condições próximas às informadas pelo fabricante. Já a bomba 1, apresentou um desempenho inferior, o que pode ser atribuído, provavelmente, à desgastes mecânicos ocasionados pelo uso do equipamento. Na Figura 4, podem ser visualizadas as curvas características da relação da altura manométrica versus vazão das bombas 1 e 2.

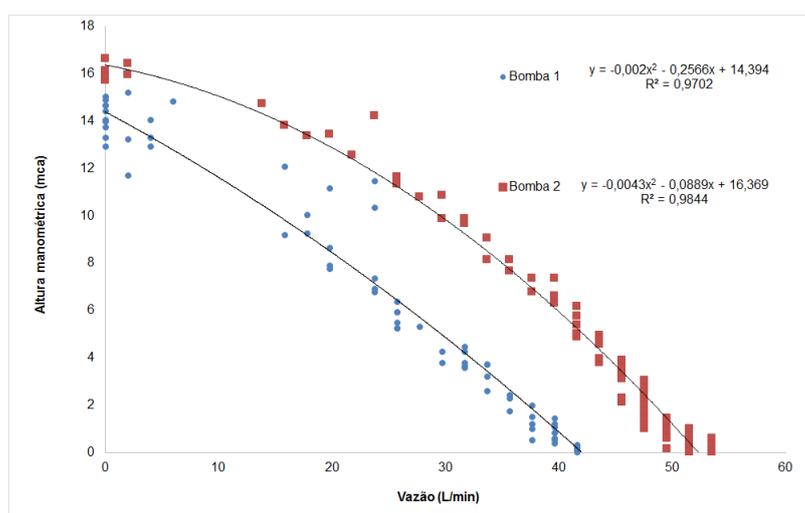


Figura 4: Curva característica da altura manométrica versus vazão das bombas centrífugas B1 e B2 utilizadas no estudo, obtidas pelo sensoriamento analógico-digital de pressão e vazão.

Fonte: Autores (2019).

As curvas características da relação altura manométrica versus vazão das bombas 1 e 2, apresentaram um comportamento que pode ser ajustado a um polinômio quadrático, conforme mencionado por Mesquita et al. (2006).

Na associação em série a curva estimada, obtida pelo sensoriamento, em relação à curva teórica, obtida pela soma das alturas manométricas, não apresentou diferenças significativas pelo teste de Tukey à 5 % de probabilidade. Porém, observaram-se valores superiores de altura manométrica na curva estimada, sendo a altura manométrica média observada de  $13,1 \pm 2,78$  mca. Já a curva teórica a altura manométrica média foi de  $11,9 \pm 2,41$  mca. Observa-se que as maiores discrepâncias das medidas ocorreram com vazões inferiores a 30 L/min. Na Figura 5,

são apresentadas as curvas características da altura manométrica versus vazão da associação em série estimada e teórica e suas respectivas equações de ajuste.

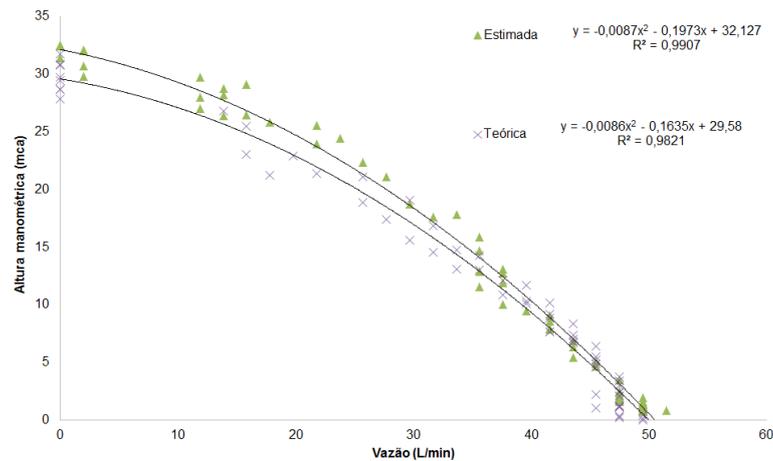


Figura 5: Curva característica da altura manométrica versus vazão das bombas centrífugas, obtidas pelo sensoriamento analógico-digital em associação em série.

Fonte: Autores (2019).

Na associação em paralelo, os valores de vazão obtidos pelo sensoriamento foram inferiores aos observados na curva teórica. Essa diferença foi em média de 20%, sendo significativa pelo teste de Tukey à 5 % de probabilidade.

Na Figura 6, são apresentadas as curvas características da altura manométrica versus vazão da associação em paralelo estimada e teórica e suas respectivas equações de ajuste. A vazão teórica média observada foi de  $74,65 \pm 5,65$  L/min e de  $60,4 \pm 5,09$  L/min para a estimada. Nesse caso, as maiores diferença ocorreram com vazões superior a 70 L/min.

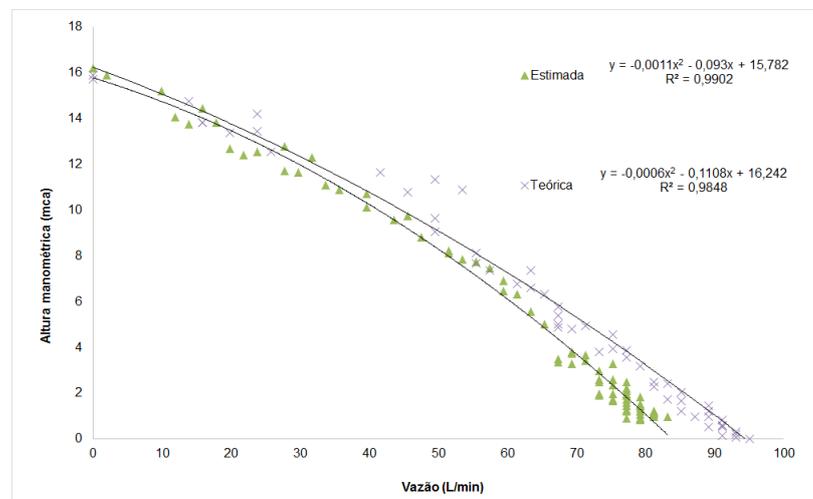


Figura 6: Curva característica da altura manométrica versus vazão de bombas centrífugas associadas em paralelo, obtidas pelo sensoriamento analógico-digital.

Fonte: Autores (2019).

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de sensores em microprocessadores de programação em Arduino no estudo do comportamento hidráulico de bombas associadas em série e paralelo apresentaram viabilidade econômica pelo custo apresentado e técnico pela exatidão dos resultados obtidos. Possibilitando seu uso como uma ferramenta didática de baixo custo, permitindo aos alunos a compreensão prático-teórica do que lhe foi ensinado em sala de aula, através da visualização em tempo real das relações hidráulicas entre pressão e vazão em um circuito de bombeamento.

Posteriormente, pretende-se aprimorar a ligação e o ajuste dos sensores para a redução de ruídos no sinal e na aquisição de dados e utilizar a transmissão de dados para smartphones ou computadores por meio de aplicativos via Wi-fi.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, José Martiniano; FERNANDEZ, Miguel Fernandez; ARAUJO, Roberto; ITO, Acácio Eiji. **Manual de hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 670 p

CAVALCANTE, Michelle M.; SILVA, João Lucas de S.; VIANA, Esdriane C.; DANTAS, Jamilson R. **A plataforma Arduino para fins didáticos: Estudo de caso com recolhimento de dados a partir do PLX-DAQ**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 38, nº 3, 3503, abr. 2016.

COMPRAS NET. **Bancada didática**. Disponível em < [http://comprasnet.gov.br/aceso.asp?url=/ConsultaLicitacoes/ConsLicitacao\\_texto.asp](http://comprasnet.gov.br/aceso.asp?url=/ConsultaLicitacoes/ConsLicitacao_texto.asp) > Acesso em 21 jun. 2018

DA ROCHA, Fabio Saraiva; GUADAGNINI, Paulo Henrique. **Projeto de um sensor de pressão manométrica para ensino de física em tempo real**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 1, p. 124-148, abr. 2014.

DE CASTRO, Luis Henrique Monteiro. **Objetos educacionais de baixo custo com o Arduino e o Processing**. Dissertação (Mestrado: Ensino de Física). Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) – UNIRIO, p. 20, set. 2016.

DE SOUZA, Anderson R.; PAIXÃO, Alexssander C.; UZÊDA, Diego D.; DIAS, Marco A.; AMORIM, Helio S. **A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 33, nº 1, 1702, mar. 2011.

DELMEÉ, Gérard J. **Manual de medição de vazão**. 3ª edição, Edgar Blücher, São Paulo, 2003.

HAAG, Rafael; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Ângela. **Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física**. Física na escola. São Paulo. Vol. 6, n. 1 (maio 2005), p. 69-74, 2005.

HORIGOSHI, Francis Massashi. **Uso de sensor efeito Hall para medição da vazão de fluidos no processo de produção de palatabilizantes a base de proteína animal em escala piloto**. 2016. Dissertação (Mestrado em Gestão e Inovação na Indústria Animal) - Universidade de São Paulo - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, 2016.

JACQUET, Antônio Perdomo. **Atividade Arduino**. Mato Grosso do Sul. UFMS, 2010.

MARTINEZ, Carlos Barreira; NASCIMENTO, Jair Filho; SANTOS, Hersília Andrade. **Bancada didática de ensaios de turbobombas**. CONBENGE 2001 Disponível em: < <http://www.abenge.org.br/>

cobenge/arquivos/18/trabalhos/MTE045.pdf>. Acesso: 12 set. 2018.

MESQUITA, André Amarante; SILVA, Lázaro da Silva; ABRAHIM JÚNIOR, Otávio; PEREIRA, José Almir; SILVA, Aldo César. **Aspectos importantes na utilização de bombas centrífugas em velocidade variável para a redução do consumo de energia.** Seminário de Abastecimento Urbano de Água. Anais João Pessoa: Universidade Federal Paraíba, 2006.

NASCIMENTO, Everton Rodrigo Brito; DE SOUSA, Cleiton Lima; RIBEIRO, Ruan de Souza; PADILHA, Jessé Luís; FONSECA, Wellington da Silva. **Construção de uma bancada didática de baixo custo para realizações de ensaios com bombas em série e paralelo.** XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE, 2013.

OLIVEIRA, Aureo Santana de. **Desenvolvimento de um sensor para avaliar a pressão exercida ao solo decorrente do tráfego de máquinas agrícolas.** Dissertação (Mestrado em Ciências: Máquinas Agrícolas) Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, p. 39, 2010.

R CORE TEAM. R. **The R Project for Statistical Computing.** Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. Acesso em 15 abril 2017.

VIDAL, Ricardo Jorge Rebelo. **Sistema de calibração de sensores de temperatura baseados em redes de Bragg em fibra óptica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia: Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) Faculdade de Engenharia do Porto, p. 23, 2009.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alto forno 105, 108

### B

Bancada didática 120, 123, 129, 273, 274, 277, 281, 282

### C

Cartografia 131

Casca de arroz 131, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Cidades Inteligentes (CI) 1, 5, 7, 8

Comissionamento das unidades hidrelétricas 157, 165, 167

Concentrador solar 170

Conscientização ambiental 93

CPC 170, 171, 172, 175, 176

### D

Dimensionamento 170, 171, 175, 176, 193

### E

Educação ambiental 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Educação na escola 93

Energia solar 170, 171, 186, 187, 228, 233

Engenheiro de produção 53, 54, 55, 58, 59, 61, 62, 63, 64

Ensino universitário 13

Ergonomia 26, 27, 28, 35, 40, 41, 42, 51, 52, 58, 295

Estilo de liderança 53, 54, 55, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64

### F

Fenômenos organizacionais 80

Função de produção hidrelétrica 160, 169

### G

Gerador síncrono isolado 143

Governança corporativa 80, 82, 88, 89, 90, 91

### I

Índice de aproveitamento 13

Indústria 4.0 120, 122, 123, 125, 126, 128, 129, 130

Inovação 3, 6, 7, 8, 57, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 281, 295

(Inter) Multidisciplinaridade 1, 2, 9

## L

Liderança 38, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65

## M

Método de Suzanne Rodgers 26, 28, 29, 34

Métodologias ativas 13

Método OWAS 26, 42, 44, 45, 50, 51

Microcontrolador PIC 143

Miniusinas 131, 139

## O

Óptica 170, 175, 264, 265, 266, 268, 282, 285, 286, 287

## P

Plano diretor 1

Política industrial 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79

Política pública 66

Prevenção a acidentes 105

Programação não-linear inteira-mista 157, 158, 162

Projetos urbanos 1

## Q

Questionário nórdico 26, 30, 34, 37

## R

Regulador automático de tensão 143, 144, 145, 149, 150

Responsabilidade social 58, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91, 200

## S

Saúde do colaborador 26

Segurança do trabalho 38, 40, 52, 58, 295

Sistema de excitação 143, 145

Sistemas hidrelétricos 120, 121, 123, 124, 129, 130, 157

Sustentabilidade 7, 10, 58, 71, 80, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 104, 295

## T

Tecnologia da informação e comunicação (TIC) 1, 2, 3, 12

Temas transversais 93, 96, 98, 103, 127

Temperatura 36, 37, 105, 106, 107, 108, 109, 112, 116, 117, 118, 143, 147, 170, 172, 173, 174, 175, 179, 218, 220, 225, 226, 227, 229, 230, 231, 232, 233, 238, 282

## V

Vigilância 40, 45, 47, 50

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-697-3



9 788572 476973