

# ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA  
NO UNIVERSO DA ENERGIA

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)

 **Atena**  
Editora

Ano 2021

# ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA  
NO UNIVERSO DA ENERGIA

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizadores)

 **Atena**  
Editora

Ano 2021

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Engenharia elétrica: comunicação integrada no universo da energia

**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia elétrica: comunicação integrada no universo da energia / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-837-3

DOI 10.22533/at.ed.373212302

1. Energia. 2. Engenharia. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Título.

CDD 621.1

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro electricista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica e da computação que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Também se trata de uma área de conhecimento com uma grande amplitude de subáreas e especializações, algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

Neste livro temos uma diversidade de temas nas áreas níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

João Dallamuta  
Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **APLICAÇÃO DE REDE NEURAL ARTIFICIAL ESPECIALISTA EM RECONHECIMENTO DE TRANSTORNOS VOCAIS MODERADOS**

Eduardo Henrique da Silva

Mateus Morikawa

Vinícius Baratieri Suterio

María Eugenia Dajer

**DOI 10.22533/at.ed.3732123021**

### **CAPÍTULO 2..... 11**

#### **ASSESSMENT OF THE IMPACT OF GROUNDING SYSTEMS MODELING ON THE LIGHTNING PERFORMANCE OF TRANSMISSION LINES**

Felipe Vasconcellos

Rafael Alípio

Fernando Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.3732123022**

### **CAPÍTULO 3..... 25**

#### **ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO EM AMBIENTES DE INTERNAÇÃO E DE CONSULTA MÉDICA EM HOSPITAIS PÚBLICOS E PRIVADOS DE ARAPIRACA-AL**

Augusto César Lúcio de Oliveira

Gabriel dos Santos Alves

Hapitaglo Rian da Silva

Igor Silva de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.3732123023**

### **CAPÍTULO 4..... 36**

#### **SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA COM BASE EM SENSORES DE PRESENÇA E BLUETOOTH**

Wyctor Fogos da Rocha

Mário Mestria

**DOI 10.22533/at.ed.3732123024**

### **CAPÍTULO 5..... 50**

#### **DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UM FOTÔMETRO**

Gabriela Dias Alba

Alberto Noboru Miyadaira

Oldair Donizeti Leite

Domingos Perego Junior

Eduardo Cezar Lenz

João Pedro de Araújo Nespolo

**DOI 10.22533/at.ed.3732123025**

### **CAPÍTULO 6..... 60**

#### **THE INFLUENCE OF THE FREQUENCY-DEPENDENT BEHAVIOR OF GROUND**

**ELECTRICAL PARAMETERS ON THE LIGHTNING PERFORMANCE OF TRANSMISSION LINES**

Felipe Vasconcellos

Rafael Alípio

Fernando Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.3732123026**

**CAPÍTULO 7..... 77**

**BANCADA EXPERIMENTAL PARA TESTE DE CONTROLADORES PRIMÁRIOS EM MICRORREDES**

João Pedro Magalhães Fernandes

Márcio Stefanello

**DOI 10.22533/at.ed.3732123027**

**CAPÍTULO 8..... 89**

**ANÁLISE DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO PADRÃO COM ESTRATÉGIA DE CONTROLE DE TENSÃO NO MODO TENSÃO-POTÊNCIA ATIVA**

Vitor Francisco Bassi de Franchi Siqueira

Romeu Reginatto

**DOI 10.22533/at.ed.3732123028**

**CAPÍTULO 9..... 103**

**DESENVOLVIMENTO DE UM FOTOMETRO MICROCONTROLADO PARA ANÁLISE DE SUBSTÂNCIAS**

Domingos Perego Junior

Alberto Noboru Miyadaira

Oldair Donizeti Leite

Gabriela Dias Alba

Eduardo Cezar Lenz

João Pedro de Araújo Nespolo

**DOI 10.22533/at.ed.3732123029**

**CAPÍTULO 10..... 112**

**MORTE POR ELETROCUSSÃO NA REGIÃO NORDESTE ENTRE OS ANOS DE 2014 E 2019**

Daniela Asquidamini

Carlos A. C. Jousseph

Bruna Pontes Cechinel

**DOI 10.22533/at.ed.37321230210**

**CAPÍTULO 11..... 119**

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SOLUÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA GERENCIAMENTO DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ENERGIA**

Raphael de Aquino Gomes

Vinicius de Mello Lima

Amanda Beatriz Mendanha Fernandes

Charles Lucas Santana de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.37321230211**

<b>CAPÍTULO 12.....</b>	<b>131</b>
<b>ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DO ESTÁGIO DE SAÍDA DE UM GERADOR DE ONDAS ARBITRÁRIAS</b>	
Daiany Besen	
Felipe Walter Dafico Pfrimer	
Alberto Yoshihiro Nakano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37321230212</b>	
<b>CAPÍTULO 13.....</b>	<b>140</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE PLACA DE AQUISIÇÃO E ELETRODOS SECOS EM ELETROMIOGRAFIA</b>	
Luiz Augusto Garonce Ferreira	
Felipe Walter Dafico Pfrimer	
Alberto Yoshihiro Nakano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37321230213</b>	
<b>CAPÍTULO 14.....</b>	<b>148</b>
<b>PROJETO E IMPLANTAÇÃO DE UM CURSO DE OPERADOR DE USINAS TERMELÉTRICAS ARTICULADO COM EMPRESAS DO COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DO PECÉM</b>	
Marcel Ribeiro Mendonça	
Marcilia Maria Soares Barbosa Macedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37321230214</b>	
<b>CAPÍTULO 15.....</b>	<b>159</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE ANÁLISE DE AZEITES E ÓLEO VEGETAL DE BAIXO CUSTO</b>	
Matheus Bogo Polidorio	
Alexandre de Sousa Duarte	
Alberto Yoshihiro Nakano	
Ricardo Schneider	
Felipe Walter Dafico Pfrimer	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37321230215</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>170</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>171</b>

## DESENVOLVIMENTO DE UM FOTOMETRO MICROCONTROLADO PARA ANÁLISE DE SUBSTÂNCIAS

*Data de aceite: 22/02/2021*

*Data de submissão: 04/01/2021*

### **Domingos Perego Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/8773388323064714>

### **Alberto Noboru Miyadaira**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/6520306641343676>

### **Oldair Donizeti Leite**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/8436215509083608>

### **Gabriela Dias Alba**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/8628678348027322>

### **Eduardo Cezar Lenz**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/3480202879421372>

### **João Pedro de Araújo Nespolo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Medianeira – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/1269642729910260>

**RESUMO:** Esse trabalho propõe a construção de um fotômetro de baixo custo para análise de substâncias. Tomando como princípio a Lei de

Lambert-Beer, o equipamento foi desenvolvido utilizando um microcontrolador ARM e um LED RGB como fonte de radiação. Como elemento sensor de luz, três modelos diferentes de sensores foram testados: Um sensor LDR, o sensor analógico TEMT600 e o sensor digital BH1750. O dispositivo foi testado por meio da medição da absorbância de diferentes soluções de corantes alimentícios. O desempenho de cada sensor foi avaliado por meio da análise da linearidade das medições e de sua semelhança com as medidas obtidas pelo espectrofotômetro PerkinElmer LAMBDA XLS. Todos os sensores apresentaram linearidade satisfatória e uma boa similaridade com o espectrofotômetro. No entanto, o sensor BH1750 foi o que obteve os melhores resultados.

**PALAVRAS - CHAVE:** Fotometria; Microcontroladores; Instrumentos de Medição.

### DEVELOPMENT OF A MICROCONTROLLED PHOTOMETER FOR SUBSTANCE ANALYSIS

**ABSTRACT:** This work proposes the development of a low-cost photometer for substance analysis. Taking the Lambert-Beer law as a principle, the equipment was assembled using an ARM microcontroller and an RGB LED as the radiation source. For the light sensor element, three different sensors were tested: An LDR, the analog sensor TEMT6000, and the digital sensor BH1750. The equipment was tested by measuring the absorbance of different solutions of food coloring. The performance of each sensor was evaluated through the analysis of the

measure's linearity, and the similarity to the values obtained by the PerkinElmer LAMBDA XLS spectrophotometer. All of the sensors presented satisfactory linearity and a good similarity to the spectrophotometer. However, the BH1750 sensor obtained the best results.

**KEYWORDS:** Photometry; Microcontrollers; Measuring Instruments.

## 1 | INTRODUÇÃO

A área de análises químicas instrumentais possui como uma de suas atividades mais comuns a determinação da concentração de um soluto em um solvente. A fotometria é amplamente utilizada para a medição da concentração de substâncias. Trata-se de uma técnica onde a intensidade da radiação é medida utilizando transdutores fotoelétricos e outros tipos de dispositivos eletrônicos. Essa técnica é empregada em geral por meio da utilização de um dispositivo denominado fotômetro.

Segundo Pontes (2014, p.8), o princípio de funcionamento dos fotômetros se dá por meio da Lei de Lambert-Beer, que relaciona a absorbância de um soluto à sua concentração. A absorbância nada mais é do que a quantidade de luz que uma determinada amostra absorve. A Lei de Lambert-Beer pode ser expressa por meio da equação (1):

$$A = \log_{10}(I/I_0) = e \cdot b \cdot C \quad (1)$$

Onde **A** representa a absorbância, **I** representa a luz transmitida, **I<sub>0</sub>** representa a luz incidida, **C** representa a concentração, **b** representa a distância que a luz atravessa no corpo e **e** é a constante de absorvidade molar da substância. Dessa forma, medindo a intensidade da luz incidida e transmitida, é possível medir a concentração de um soluto conhecido em uma solução.

Segundo Squissatto (2018, p.27), a medição da absorbância pode ser realizada da seguinte maneira: Primeiramente, um feixe de luz é incidido apenas no solvente e a luz é medida do outro lado. Assume-se que o solvente possui absorbância praticamente nula. Dessa forma, tem-se basicamente o valor da luz incidida (**I<sub>0</sub>**). Essa amostra que contém apenas o solvente recebe o nome de amostra branca, ou amostra de referência. Depois disso, o feixe de luz é incidido novamente, mas dessa vez na solução cuja concentração do soluto se quer medir. Assim, tem-se a quantidade de luz transmitida (**I**).

Segundo Moreira *et al.* (2016, p.146), para a montagem de um fotômetro, são necessários os seguintes elementos: Uma fonte de radiação, que geralmente é uma lâmpada de tungstênio; um mecanismo para selecionar determinado comprimento de onda; uma cubeta; um elemento sensor de luz; um circuito de condicionamento do sinal; sistema de aquisição e processamento de dados com uma interface para o usuário.

No presente trabalho, foram avaliadas algumas características de um protótipo de fotômetro empregando um microcontrolador ARM, LED RGB para emissão de radiação e diferentes tipos de sensores detectores (LDR, TEMT6000, BH1750).



## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Na montagem do fotômetro, optou-se por utilizar um LED RGB como fonte de luz. O gerenciamento do acionamento do LED se dá pelo envio de sinal PWM de um microcontrolador. Segundo Araújo *et al.* (1997, p.137), o LED RGB apresenta resultado satisfatório para a maiorias das aplicações em fotometria.

Três modelos de sensores de luminosidade foram testados: Um fotoresistor (LDR), que geralmente é o mais utilizado para esse tipo de aplicação; um sensor analógico modelo TEMT6000; e um sensor digital modelo BH1750.

As medidas de absorbância foram realizadas em um suporte em PLA impresso em 3D. No suporte, foram fixados o elemento sensor e emissor, além de permitir intercambiar a cubeta de vidro (1,3 x 1,3 cm) utilizada para o acondicionamento das soluções de concentração conhecidas. Como se tratam de três sensores diferentes, três suportes diferentes foram confeccionados. Os suportes dos sensores BH1750 e do LDR podem vistos na Figura 1:

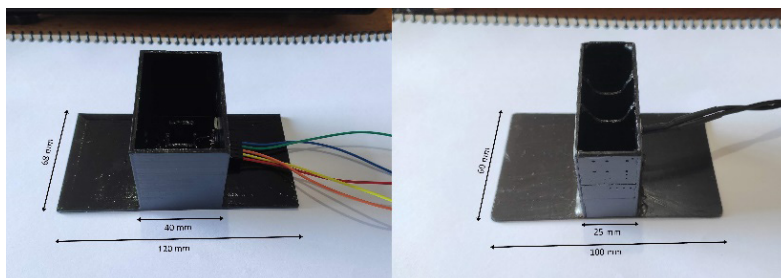


Figura 1 – Suportes dos sensores BH1750 e LDR

Fonte: Autoria própria.

Para realizar todo o controle do sistema, utiliza-se um microcontrolador LPC1769 de arquitetura ARM, desenvolvido pela NXP, cujo algoritmo foi implementado em linguagem C. Esse microcontrolador é responsável por gerar o sinal PWM para o LED, bem como receber e interpretar o sinal medido pelo sensor. Além disso, ele realiza a comunicação com o supervisor que roda em um computador.

O ambiente de programação utilizado foi o MCUXpresso IDE, também da NXP. Para o supervisor, utilizou-se o LabView da National Instruments.

A utilização do equipamento se dá da seguinte maneira: O usuário seleciona a cor desejada na fonte de luz por meio do supervisor. O supervisor se comunica com o microcontrolador, que envia o sinal PWM para o LED, fazendo-o assumir a cor desejada. Depois disso, o usuário deve colocar a cubeta contendo apenas o soluto no suporte, e

tapa-lo para evitar a interferência na medida. Feito isso, é necessário apertar o botão para que a leitura seja efetuada. O valor lido pelo sensor é mandado para o microcontrolador e mostrado na tela do supervisor. O usuário deve esperar o valor se estabilizar e anotar o valor medido, que representa a intensidade de luz incidida. Posteriormente, deve retirar da cubeta o solvente e colocar a solução cuja concentração se quer medir. Deve repetir o processo anterior para realizar a medida da luz transmitida. Por fim, conhecendo os dois valores é possível calcular a absorvância da amostra por meio da Lei de Beer-Lambert. Futuramente planeja-se automatizar o cálculo da concentração, sendo que todo o cálculo será realizado diretamente pelo supervisor e retornará o valor da absorvância ao usuário. O esquema de funcionamento do dispositivo pode ser visto na Figura 2.

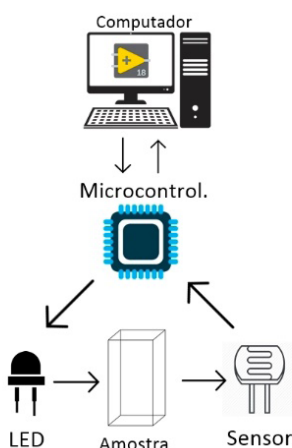


Figura 2 – Esquema de funcionamento do dispositivo.

Fonte: Autoria própria.

Feita toda a montagem do circuito e do equipamento, bem como a programação do microcontrolador, foi possível realizar estudos preliminares do dispositivo proposto, com os três tipos de elementos sensores. Nesses estudos, uma série de soluções com concentrações conhecidas foram utilizadas. Comparativamente, para avaliar o desempenho das medidas do fotômetro proposto, foi utilizado um espectrofotômetro comercial da marca PerkinElmer, modelo LAMBDA XLS.

Para realizar as medidas de absorvância com o dispositivo proposto, soluções de corantes alimentícios (amarelo, vermelho, verde e azul) nas concentrações entre 0,1 a 0,6 mg/L foram utilizadas. Para cada corante, as medidas foram realizadas com o LED RGB empregando os feixes de luz vermelho, verde e azul respectivamente. Os valores de absorvância foram estimados empregando a equação (1), e os valores das medidas

obtidas, para cada concentração das soluções corantes utilizadas, e as medidas do soluto sem corantes (branco).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após análises preliminares, verificou-se que as maiores magnitudes de sinais de absorvância para os corantes foram observadas utilizando as seguintes cores de LED: Corante amarelo empregando o LED azul, corante vermelho empregando o LED azul e/ou verde, corante verde empregando o LED azul e/ou vermelho e, corante azul empregando o LED vermelho. Esses resultados podem ser explicados pelo fenômeno de absorção da espécie pela sua cor complementar, ou seja, a espécie analisada absorve mais significativamente comprimentos de onda da sua cor complementar. Assim, para cada corante apresenta-se uma discussão avaliando a performance dos respectivos sensores obtidos nos comprimentos de onda de maior absorção.

Para cada concentração, foi realizada uma regressão linear, obtendo o coeficiente de correlação linear ( $R^2$ ) indicado no gráfico.

O gráfico da absorvância medida por cada sensor pode ser visto nas Figuras entre 3 e 6.

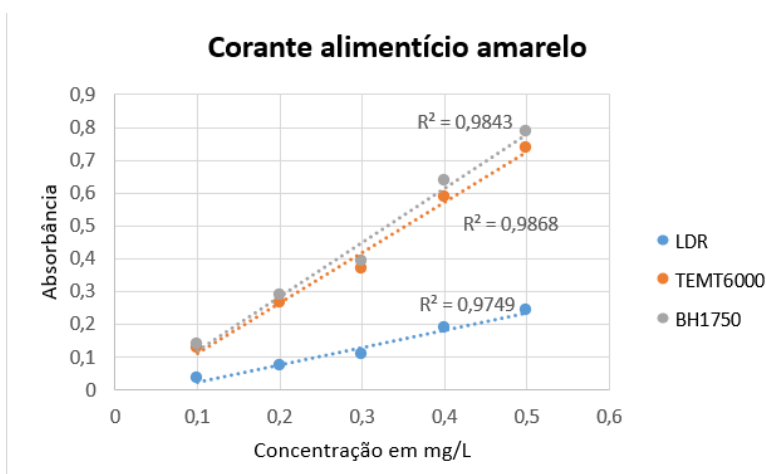


Figura 3 – Absorvância para o corante amarelo usando LED azul.

Fonte: Autoria própria.

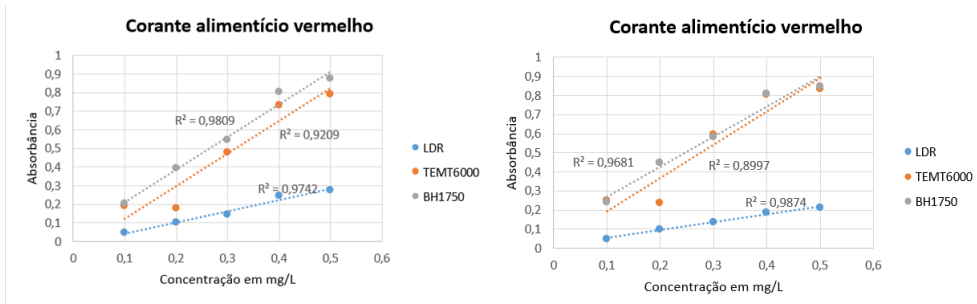


Figura 4 - Absorbância para o corante vermelho usando LED verde e azul, respectivamente.

Fonte: Autoria própria.

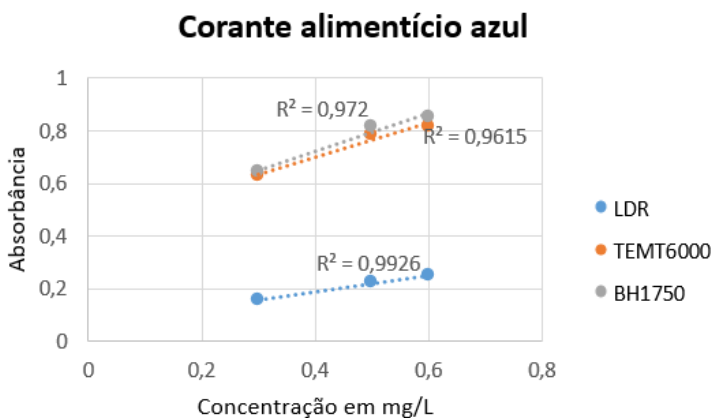


Figura 5 - Absorbância para o corante azul usando LED vermelho.

Fonte: Autoria própria.

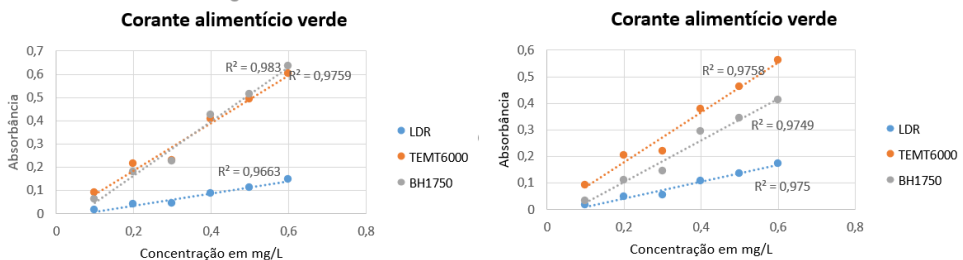


Figura 6 - Absorbância para o corante verde usando LED vermelho e azul, respectivamente

Fonte: Autoria própria.

Ao se analisar as curvas obtidas, pode-se perceber que todos sensores apresentaram linearidade satisfatória dentro do intervalo analisado. Também se nota que os sensores que

apresentaram maior absorvância foram os sensores TEMT6000 e o BH1750.

Medidas empregando um espectrofotômetro comercial também foram realizadas com as soluções utilizadas no protótipo (espectrofotômetro Perkin Elmer LAMBDA XLS). O perfil dos resultados obtidos é apresentado na Figura 7.

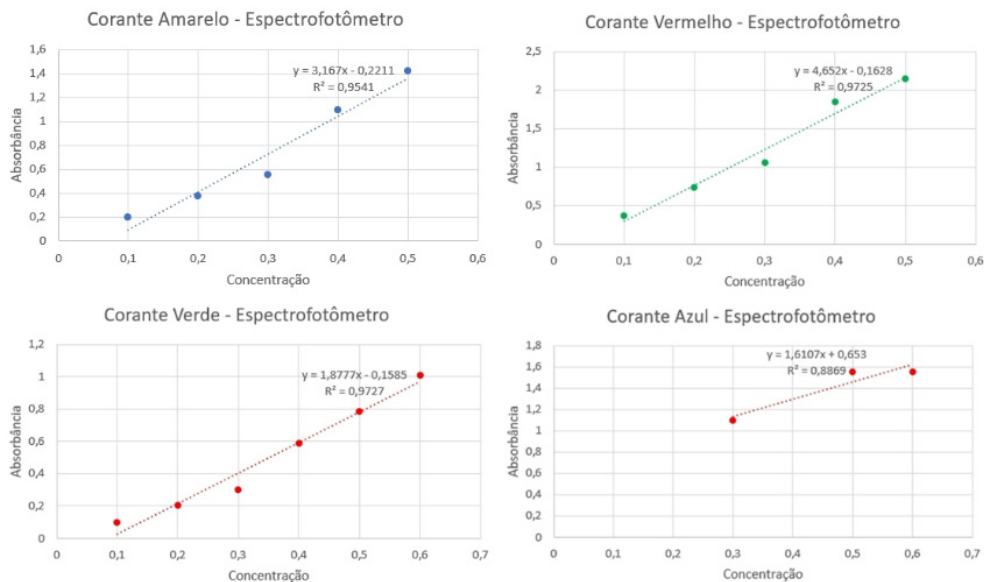


Figura 7 – Medições com o espectrofotômetro

Fonte: Autoria própria.

Como esperado, a magnitude dos sinais de absorvância foi superior aqueles observados empregando o fotômetro proposto, porém nenhum tipo de implementação de amplificação de sinal foi realizado. Entretanto para a faixa de concentração avaliada das soluções nenhum prejuízo foi observado quando realizado pelo dispositivo proposto. Uma análise da proporcionalidade entre os sinais obtidos com os sensores do protótipo e o equipamento comercial (espectrofotométrico) foi realizado e os resultados são apresentados nos Quadros de 1 a 4.

Seção	LDR	TEMT6000	BH1750
Média	5,513	1,650	1,536
Desvio Padrão	0,353	0,232	0,215

Quadro 1 – Análises das amostras de corante amarelo.

Fonte: Autoria própria.

Seção	LDR	TEMT6000	BH1750
Média	8,639	2,266	1,970
Desvio Padrão	1,296	0,653	0,422

Quadro 2 – Análises das amostras de corante vermelho.

Fonte: A autoria própria.

Seção	LDR	TEMT6000	BH1750
Média	6,738	1,880	1,815
Desvio Padrão	0,422	0,110	0,098

Quadro 3 – Análises das amostras de corante azul.

Fonte: A autoria própria.

Seção	LDR	TEMT6000	BH1750
Média	6,636	1,291	1,419
Desvio Padrão	0,722	0,247	0,194

Quadro 4 – Análises das amostras de corante verde.

Fonte: A autoria própria.

Analisando magnitude das médias, observa-se que os sinais obtidos com o LDR foram em torno de 6,0 vezes menores aquele obtidos com o espectrofotômetro. Já, as magnitudes obtidas com o TEMT6000 e BH1750 estão no intervalo de 1,5 a 2,0 vezes menores.

## 4 | CONCLUSÃO

Na avaliação dos sensores detectores empregados no protótipo proposto, todos os sensores apresentaram resposta linear dentro do intervalo de concentração avaliado. Porém os sensores BH1750 e TEMT6000 apresentaram magnitudes de sinais na ordem de 2,0 menores que aquelas observadas para o espectrofotômetro. Já o sensor LDR apresentou proporcionalmente sinais 6,0 vezes menores ao obtido no espectrofotômetro. Além disso, observou-se que, por ser um sensor digital, o sensor BH1750 apresenta sinal de resposta mais estável do que os outros dois sensores, permitindo uma medição mais robusta. Neste estudo, o sensor digital BH1750 se mostrou o mais adequado para estudos futuros na perspectiva de montagem de fotômetro com ajustes de ganho de sinal visando sensibilidades obtidas aos equipamentos comerciais.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, M.C.U.; SANTOS, S.R.B; SILVA, E.A.; VERAS, G.; LIMA, J.L.F.C.; LAPA, A.S. Um fotômetro de fluxo para análises clínicas a base de um diodo emissor de luz bicolor. **Química Nova**, São Paulo, vol. 20, n. 2, p. 137-145, mar./abr. 1997. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100-40421997000200004&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0100-40421997000200004&script=sci_arttext). Acesso em: 23 jul. 2020.

MOREIRA, A.F.; SANTOS, S.R.B.; COSTA JUNIOR, A.G. Construção e caracterização de um fotômetro destinado ao uso de aulas experimentais de química sobre a lei de Beer-Lambert. **Holos**, Natal, vol. 2, p. 142-151, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481554865013.pdf>. Acesso em 23 jul. 2020.

PONTES, A.S. **Desenvolvimento de um fotômetro LED-Vis portátil e microcontrolado por Arduino**. 2014. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/7136>. Acesso em: 25 jul. 2020.

SQUISSATTO, A.G.M. **Construção e aplicação de um fotômetro para o ensino da absorção da luz**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3418>. Acesso em: 25 jul. 2020.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acidentes fatais 112, 113, 117

AD633 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138

Análise luminotécnica 25

Arduino 37, 39, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 59, 111, 119, 120, 121, 122, 124, 125, 128, 129, 130

Automação 9, 22, 36, 38, 47, 48, 59, 119, 121, 123, 127, 128, 150, 154, 155

Azeite 159, 160, 161, 163, 168

### B

Backflashover 11, 12, 19, 20, 21, 22, 60, 61, 62, 70, 71, 72, 73

Bancada experimental 77, 78, 84, 85, 88

Bluetooth 36, 37, 39, 46, 47, 48, 49, 122

Boxplot 112, 113, 114, 115, 116

### C

Classificadores 159, 160

Controle volt-watt 89

Costs 21, 36

### D

DAC 131, 132, 134, 135, 137, 138

Descargas atmosféricas 11, 12, 60, 61

Design automation 36, 141

Distúrbios da voz 1

### E

Eletricidade 45, 112, 113, 118, 120, 121, 129

Eletrodo de superfície 140

Eletromiografia 140, 143, 147

EMG 140, 141, 142, 143, 145

Espectrofotometria 50

Estágio de saída 131, 132, 133, 134, 136, 138

Estudo de cores 25



Extensão 148, 157

## **F**

Fotometria 103, 104, 105

## **G**

Geração solar 89, 90, 101

Gerador de ondas arbitrárias 131, 132, 138, 139

## **I**

Iluminação no ambiente hospitalar 25

Infrared sensors 36

Instrumentos de medição 103

Internet das coisas 119, 120, 122, 130

## **L**

Lighting control 36, 49

Linhas de transmissão 11, 12, 60, 61, 117

## **M**

Microcontroladores 103

Microprocessador 36

Microrrede 77, 78, 79, 87

## **O**

Óleo vegetal 159, 161

## **P**

Perceptron multicamadas 1, 3

Processamento de imagem 159

## **Q**

Qualificação profissional 148, 149, 155, 156

## **R**

Raspberry Pi 46, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 159, 160, 163

Reconhecimento de padrão 159, 160

Recursos distribuídos de energia 77, 78

## **S**

Sistemas de aterramento 11, 12, 61

Sobretensão 89, 91, 98, 100, 101

Software de controle 50

## **T**

Transformada Wavelet Packet 1, 2

## **U**

Usinas termelétricas 148, 149, 152, 155

# ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA  
NO UNIVERSO DA ENERGIA

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

 **Atena**  
Editora

Ano 2021

# ENGENHARIA ELÉTRICA:

COMUNICAÇÃO INTEGRADA  
NO UNIVERSO DA ENERGIA

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

 **Atena**  
Editora

Ano 2021