

# 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. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Livia 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 Cremona  
**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 eletricista 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>

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

*Data de aceite: 22/02/2021*

*Data de submissão: 03/12/2020*

### **Raphael de Aquino Gomes**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Goiás  
Goiânia – GO  
<http://lattes.cnpq.br/4136576326278536>

### **Vinicius de Mello Lima**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Goiás  
Goiânia – GO  
<http://lattes.cnpq.br/8377639264902154>

### **Amanda Beatriz Mendanha Fernandes**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Goiás  
Goiânia – GO  
<http://lattes.cnpq.br/1886259307479227>

### **Charles Lucas Santana de Souza**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Goiás  
Goiânia – GO  
<http://lattes.cnpq.br/2444739525211175>

**RESUMO:** O Brasil é um dos maiores consumidores de energia elétrica do mundo, principalmente devido à sua dimensão territorial e grande população. Contudo, esse gasto não tem sido realizado de forma eficiente. O motivo principal desse fato é a pouca informação que é repassada ao usuário pela concessionária elétrica sobre os seus hábitos de consumo.

Diante disso, esse projeto tem como objetivo desenvolver uma solução de baixo custo para automação residencial, com foco em redução e medição do consumo de energia. Através do uso de Raspberry Pi, Arduino e equipamentos auxiliares, é proposta uma plataforma que possibilita interação entre o usuário e objetos da residência, dando-lhe liberdade para os controlar e ponderar seu consumo. Como resultado foi possível observar a eficácia da estrutura proposta e a facilidade na sua implementação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Automação. Raspberry Pi. Arduino. Internet das Coisas.

### DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A LOW-COST SOLUTION FOR RESIDENTIAL ELECTRICITY CONSUMPTION MANAGEMENT

**ABSTRACT:** Brazil is one of the largest consumers of electricity in the world, mainly due to its territorial dimension and large population. However, this expense has not been made efficiently. The main reason for this is the little information that is passed on to the user by the electric utility about their consumption habits. Therefore, this work aims to develop a low-cost solution for home automation, with a focus on reducing and measuring energy consumption. Through the use of Raspberry Pi, Arduino, and auxiliary equipment, a platform is proposed that allows interaction between the user and objects in the home, giving them the freedom to control them and reason about their consumption. As a result, it was possible to observe the effectiveness of the proposed structure and the easiness of its implementation.

**KEYWORDS:** Automation. Raspberry Pi. Arduino. Internet of Things.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil com seu extenso território e condições ímpares de clima e recursos naturais possui uma grande capacidade de geração de energia elétrica. De acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo de eletricidade nacional no ano de 2019 foi equivalente a 482.085 GWh, o que representa um aumento de 1,4% se comparado ao ano anterior (EPE, 2019). O crescimento do consumo de energia, embora possa representar o aquecimento econômico e a melhoria da qualidade de vida, tem aspectos negativos. Um dos principais impactos negativos dessa atividade é sobre o meio ambiente, através da poluição, até esgotamento dos recursos naturais utilizados. Uma das formas mais promissoras e que tem sido usada amplamente para conter a expansão do consumo sem comprometer qualidade de vida e desenvolvimento econômico tem sido o estímulo ao uso eficiente.

Em busca do consumo eficiente é necessário que se tenha o máximo de informações possíveis sobre o equipamento que se está utilizando e seu tempo de funcionamento. As empresas de distribuição de energia elétrica apresentam todo mês às pessoas o equivalente monetário aos seus gastos enérgicos daquele período. Contudo, esses dados não possuem a precisão necessária para proporcionar a instrumentação de ações que levem a um consumo eficaz. Isso ocorre principalmente devido a dois fatores: os dados passados pela concessionária serem muito gerais e espaçados entre si e a dificuldade que o consumidor tem de compreender essas informações.

Com o avanço constante da tecnologia, são desenvolvidas novas ferramentas que auxiliam em diversas ações do cotidiano. Dentre estas podem ser citadas aquelas relacionadas à Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT), que possibilitam a integração de vários objetos físicos, que se comunicam entre si através da internet. Cada um dos objetos conectados à Internet possui um endereço de protocolo de IP específico, e por meio desse endereço pode ser acessado para receber instruções. Além disso, também pode contatar um servidor externo e enviar os dados coletados, em a necessidade de interação entre humanos ou de humanos com computador (HAQUE et al., 2019).

IoT integra comunicações ubíquas, computação pervasiva e inteligência no ambiente, fornecendo a base para muitas novas aplicações. De maneira significativa, uma de suas ramificações são as Smart Grids (SG), ou redes elétricas inteligentes, que podem ser definidos como a utilização de dispositivos inteligentes na rede responsável pelo transporte de energia. O principal dispositivo a ser aplicado à rede é o medidor inteligente que, diferente do medidor comum, é capaz de processar os dados e, a partir deles, controlar outros dispositivos.

Neste capítulo é discutido como tecnologias de IoT podem ser utilizados para

desenvolver um componente da rede elétrica inteligente de baixo custo e acessível a todos, capaz de proporcionar o controle e redução do consumo. Outro objetivo é oferecer uma interface acessível a pessoas com diferentes necessidades, possibilitando seu uso por portadores de necessidades especiais ou àqueles que não possuem conhecimento tecnológico avançado.

A seguir serão apresentados alguns trabalhos utilizados como fonte de estudo para o desenvolvimento da pesquisa associada. Logo após serão detalhados as tecnologias utilizadas no desenvolvimento da solução proposta. Em seguida, a arquitetura e implementação são discutidas, detalhando as especificidades e a forma de interação dessas tecnologias. Resultados relacionados à simulação da ferramenta proposta são apresentados em sequência. Por fim, considerações finais são apresentadas, com a ponderação sobre possíveis trabalhos futuros.

## 2 | TRABALHOS RELACIONADOS

Uma vez que a demanda por eletricidade está aumentando dia após dia, a proposição de automação voltada ao desenvolvimento de casas inteligentes é cada vez mais objeto de pesquisa, buscando fornecer acesso remoto para controle de eletrodomésticos usando IoT (KUNG et al., 2018; BHATNAGAR et al., 2018; PAVITHRA; BALAKRISHNAN, 2015). Como exemplo, a automação residencial usando o protocolo *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) (HUNKELER et al., 2008) é proposta por Upadhyay et al. (2016) para enviar/receber dados de sensores. Para isso, Raspberry Pi é adotado como um portal para acessar os dados do sensor que são usados para medir a temperatura e umidade de um ambiente. Outro sistema de automação residencial também baseado no uso de Raspberry Pi é apresentado por Pavithra e Balakrishnan (2015), através do qual o usuário pode controlar seus eletrodomésticos usando uma interface baseada na web.

Brito (2016) propôs uma solução para monitorar o consumo de energia elétrica em tempo real. Os dados são obtidos através do sensor SCT-013 e são tratados através de um circuito adicional visando precisão maior. Também foi utilizado o Arduino junto de um Ethernet Shield, que envia os dados para uma plataforma em nuvem. Por sua vez, Agyeman et al. (2019) trazem um projeto bem próximo do aqui apresentado, com o Arduino realizando as leituras através de sensores e um Raspberry Pi sendo usado para implementar a unidade central. A maior diferença entre estes trabalhos e o que é aqui apresentado se dá ao fato da utilização da Alexa para o controle por voz.

Em outros trabalhos, diferentes assistentes de voz como Siri e Bixby também são utilizados (HOY, 2018), mas dentro de todas as opções Alexa continua sendo a melhor decisão porque a Amazon permite implementar mais ações permitindo desenvolver projetos interessantes, como mencionado por Aravindan e James (2017). Nessas pesquisas, Alexa é o *middleware* para o sistema de domótica/IoT; embora também haja propostas como de

Putthapipat et al. (2018), onde a Interface de Programação de Aplicações do Google é usada para a fala em texto que será processado pelo Raspberry Pi.

### 3 I TECNOLOGIAS DE IOT RELACIONADAS

Em uma solução baseada em Internet das Coisas é essencial que todos os equipamentos possam compartilhar dados entre si. Para isso é necessário o uso de diferentes dispositivos e serviços. A seguir é apresentada algumas das tecnologias que podem ser utilizadas para a implementação de soluções nesse cenário.

Arduino é uma placa integrada com um microcontrolador, normalmente da Atmel (OLIVEIRA, 2017). Utiliza alimentação de 5 volts e portas de entrada e saída que permitem a conexão de dispositivos eletrônicos. Através deste dispositivo é possível desenvolver diferentes aplicações, com diferentes graus de complexidade, desde acender um *led* a controlar um sistema de resfriamento utilizando sensores de temperatura, por exemplo.

Raspberry Pi (UPTON; HALFACREE, 2012) é um microcomputador de baixo custo integrado totalmente em uma placa. Apresenta portas de entrada e saída como o Arduino porém níveis diferentes de tensão já que ele trabalha com 3.3 volts. Permite conexão por Bluetooth e Wi-Fi.

Relé é um dispositivo eletromecânico que, quando percorrido por uma corrente em sua bobina, gera um campo eletromagnético que atrai um de seus contatos, ocorrendo a comutação, ou seja, um movimento mecânico que abre ou fecha os contatos. Caso a corrente seja interrompida o componente volta ao seu estado anterior. No relé pode-se escolher uma ligação NA (os contadores normalmente abertos) ou NF (os contadores normalmente fechados) definindo se o circuito começará ligado ou desligado (MUNDO DA ELÉTRICA, 2020).

Sensores de corrente são dispositivos que por meio de ligação ao circuito, reagem produzindo um sinal elétrico proporcional em sua saída. Dentre os dispositivos desta categoria que são voltados para a análise de consumo energético podem ser citados os modelos SCT-013-100A e ACS712-30A. O primeiro é um sensor de corrente não invasivo, ou seja, não é necessário causar modificações no circuito para manuseá-lo. Este apresenta leituras de até 100A em corrente alternada e em sua saída uma corrente máxima de 0.5A. Para utilizá-lo basta envolver o sensor em apenas um dos condutores do circuito (THOMSEN, 2015). O sensor ACS712, por sua vez, é um sensor invasivo, ou seja, para obter uma leitura de corrente é necessário realizar ligações elétricas com o circuito. Ele utiliza o efeito Hall, tendo em sua saída algum valor de tensão proporcional à sua entrada. Diferente do SCT-013, este pode realizar leituras de sistemas elétricos contínuos.

Alexa (AMAZON, 2020b) é uma assistente virtual da Amazon baseada em inteligência artificial com reconhecimento por voz. Esta assistente foi lançada pela Amazon com seu alto-falante doméstico conectado Echo em 2014. Contudo, a interação com a assistente

pode ser realizada através de outros equipamentos utilizando Alexa Voice Service (AVS), um o pacote de serviços da Amazon. Utilizando esta assistente é possível configurar alarmes, criar listas, obter informações sobre algum lugar, e torná-lo o centro da automação residencial, controlando os dispositivos ao redor. Através de alguns serviços da Amazon, é possível criar “Skills”, aplicativos ativados por voz, incluindo no-vas funcionalidades ao sistema.

Amazon Web Services (AWS) (AMAZON, 2020a) é uma plataforma que fornece serviços de computação em nuvem para diferentes regiões geográficas em todo o mundo. A AWS estreou em 2006, e desde então funciona como um provedor de serviços online para diferentes aplicações baseadas em nuvem. Com relação ao escopo deste trabalho, o principal serviço relacionado é o IoT Core, que permite a conexão fácil e segura de dispositivos a aplicativos de nuvem e a outros dispositivos, assim como ao serviço de voz Alexa. Outro serviço relevante é o Amazon DynamoDB que oferece bases de dados NoSQL de chave-valor e documento que oferece desempenho de milissegundos com um dígito em qualquer escala. No DynamoDB pode ser criado uma regra para persistir as informações recebidas de um mensageiro MQTT no banco de dados. Por fim, o Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) é um serviço que disponibiliza capacidade computacional majoritariamente através de máquinas virtuais.

## 4 | ARQUITETURA DA SOLUÇÃO PROPOSTA

Nesta seção é apresentada a arquitetura de uma solução de automação residencial voltada para a análise de padrão e redução de consumo de energia. Apesar da existência de soluções comerciais equivalentes, elas geralmente possuem um custo elevado sendo inacessível para a grande parcela da população. Dessa forma, a solução proposta visa oferecer uma alternativa de baixo custo utilizando ferramentas de IoT.

A Figura 1 apresenta a arquitetura proposta. Um dos principais desafios na implementação da solução proposta foi definir como seriam realizadas as leituras de um dispositivo elétrico ou circuito, assim como estabelecer os mecanismos de interação com o usuário. Diante dos objetivos estabelecidos, foi adotada a utilização do Raspberry Pi por seu custo-benefício e a vantagem de todas as possibilidades que ele traria, como a possibilidade de interação por voz. Dessa forma, ele foi escolhido para ser a plataforma física que suporta o serviço da Alexa, junto ao AVS, permitindo o registro de habilidades customizadas. As informações do Alexa Skill são transportadas de forma direta e segura pelo túnel da rede privada virtual (*Virtual Private Network – VPN*) Ngrok (NGROK, 2020), assim que as informações chegam ao Raspberry Pi.

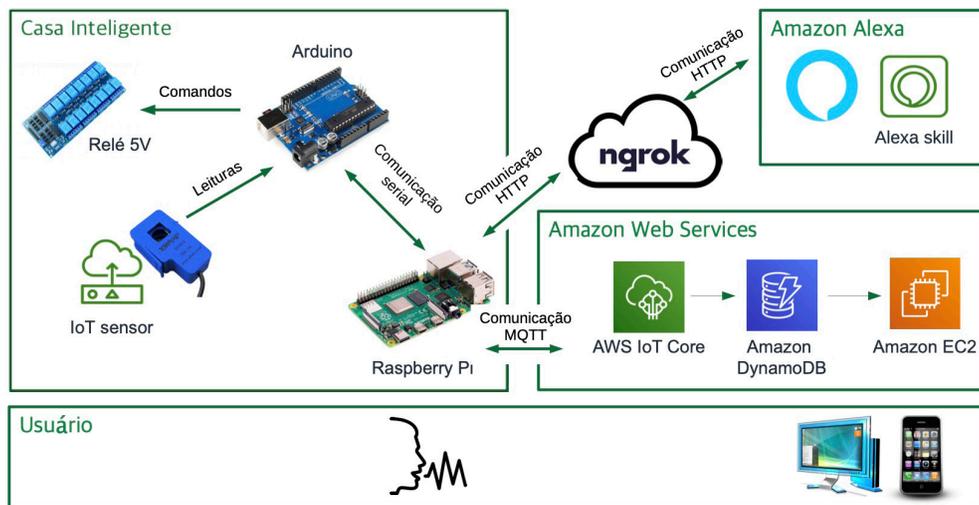


Figura 1: Arquitetura de uma solução para gerenciamento do consumo de energia.

Outro papel assumido pelo Raspberry Pi é representar o dispositivo de borda através do qual as informações coletadas são enviadas para a plataforma de nuvem. Além do serviço AWS IoT Core que coleta os dados enviados, o serviço AWS DynamoDB é usado para armazená-los, ao passo que o serviço AWS EC2 é usado para implantação de um serviço Web para visualização e como forma adicional de interação com o usuário.

A plataforma Arduino foi estabelecido como mecanismo de coleta de dados através dos sensores, pela sua praticidade e baixo custo. De maneira complementar, com este microcontrolador se buscou uma forma de controlar os equipamentos com uma programação simples e de baixo custo. Os sensores conectados a um sistema elétrico, fazem o envio dos dados para o Arduino, enquanto este envia o comando para ligar e desligar o relé.

A troca de dados e comandos entre o Arduino e o Raspberry Pi ocorre por comunicação serial. Com isso, o dispositivo pode enviar os comandos de ação ao Arduino ou receber os dados do sensor para serem entregues à nuvem.

## 5 | IMPLEMENTAÇÃO

Para a definição de quais sensores seriam utilizados foi analisado a eficiência e formas de conexão no sistema. Foram considerados os modelos SCT-013-100A (não invasivo) e ACS712-30A (invasivo). Diversos testes foram realizados utilizando o Arduino e um display LCD, medindo a corrente de diversos equipamentos como luminárias e ventiladores. Além das leituras, ocorreram testes com o relé para ligar e desligar objetos em um tempo predeterminado. Após adaptações, um serviço foi implantado no microcontrolador da Atmel que, através da comunicação serial com o Raspberry Pi, realizava constantes leituras do sensor de corrente e os transmitia para o microcomputador. Para facilitar as leituras

das correntes foi utilizada a biblioteca EmonLib (OEM, 2020). Ainda, o serviço implantado permite a comutação do dispositivo de chaveamento como resposta a comandos enviados.

Com relação à interação com o usuário foi necessário a instalação do AVS no Raspberry Pi. Com o serviço em funcionamento no microcomputador foi necessário estabelecer quais skills seriam necessárias. Com isso, utilizando o site do desenvolvedor, foram criados os comandos que o Raspberry Pi enviaria para o Arduino agir como atuador. Foi possível disponibilizar um vocabulário diversificado para que ela execute o comando desejado. Na Figura 2 é mostrado as diversas palavras que podem ser ditas para chamar a intenção de leitura que, quando acionada, fará o Raspberry Pi requisitar os dados de leitura do sensor para o Arduino. Uma intenção é a representação de uma ação, solicitadas pelo usuário (KITAMURA, 2020). Como pode ser observado na figura, é facilmente possível adicionar ou excluir palavras.

## Intents / LeituralIntent

Sample Utterances (4) 

 Bulk Edit  Export

What might a user say to invoke this intent? 
energia gasta 
analise do consumo 
leitura da corrente 
Medição 

Figura 2: Interface das palavras para a intenção de medição.

A execução dos comandos representados pelas intenções é coordenada por um script Python que executa no Raspberry Pi fazendo a intermediação entre o Arduino e Alexa. Este script recebe uma das intenções, transmite o comando por comunicação serial como um valor numérico inteiro que será interpretado pelo Arduino, que realizada a tarefa especificada pelo usuário. Neste script também está incluído as instruções de interação com o Ngrok.

O protocolo escolhido para realizar a comunicação entre o Raspberry Pi e a nuvem foi o MQTT, por ser uma opção leve que permite a implementação em hardware de dispositivos muito limitados e em redes com pouca largura da banda e alta latência. O MQTT faz uso de dois tipos de entidade na rede: o broker e os diversos clientes. O Raspberry Pi no cenário proposto assume o papel de cliente, publicando as mensagens em um tópico. O tópico, por sua vez, contempla os dados do sensor de corrente conectado no Arduino.

Os dados recebidos são armazenados no DynamoDB para posteriormente serem

informados aos usuários através da interface web implantada em uma instância do AWS EC2. Esta interface permite ao usuário visualização em tempo real dos dados enviados para nuvem da AWS, mostrando informações pertinentes ao dispositivo como, por exemplo, se certo equipamento está ligado ou desligado. Constitui uma aplicação que pode ser acessada em qualquer dispositivo por meio de um navegador. Foi desenvolvida utilizando HTML, CSS e JavaScript. Parte da aplicação é mostrada na Figura 3.

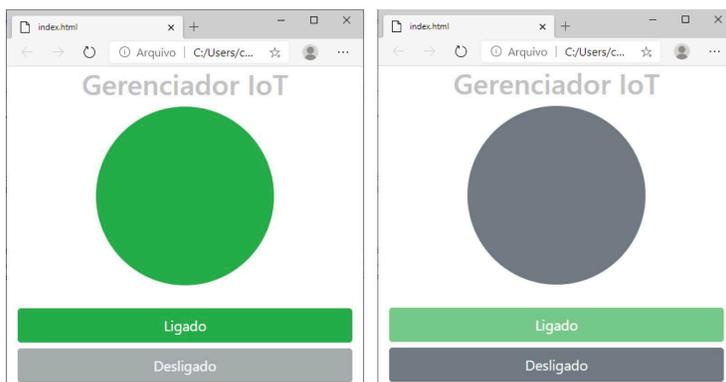


Figura 3: Parte da interface Web.

Na solução o serviço AWS IoT Core foi definido como *broker*. Sua função é intermediar as mensagens que um cliente publica as enviando apenas para aqueles clientes que as assinam. Para isso, o Raspberry Pi foi registrado como uma coisa no serviço.

Durante o desenvolvimento da solução proposta houve alguns empecilhos que merecem ser relatados. Um dos mais representativos foi a dificuldade em instalar o AVS no Raspberry Pi, por conta de sobreaquecimento do hardware ocasionando em seu travamento. Foi necessário a reinicialização, para solucionar este problema. Para superar este desafio foram instaladas partes do arquivo do processo separadamente e a utilização de um resfriador adaptado.

## 6 | SIMULAÇÃO E RESULTADOS

A implantação da solução desenvolvida pode ser visualizada na Figura 4. Do lado esquerdo estão os principais componentes, ao passo que no lado direito os componentes de medição são destacados.

Para ilustrar parte dos resultados possíveis, na Figura 5 são apresentados as leituras de consumo de energia por parte de alguns equipamentos. As leituras foram realizadas com uma frequência de uma leitura por minuto durante o intervalo de uma hora. Como pode ser visto na figura, a ferramenta possibilita a leitura de equipamentos individuais ou combinados.

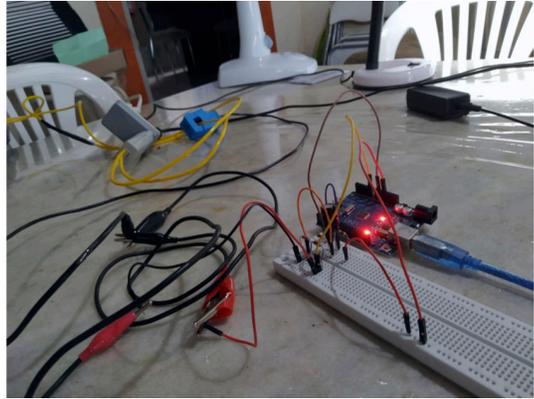


Figura 4: Implantação do protótipo desenvolvido.

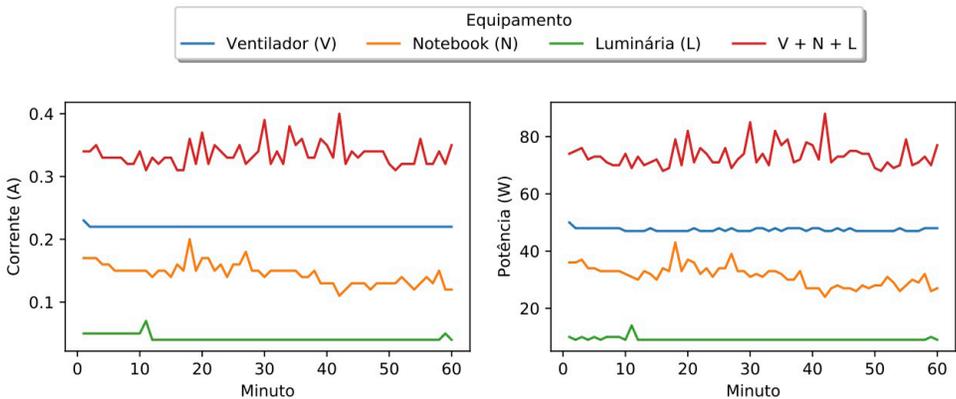


Figura 5: Monitoramento do consumo de energia dado pela ferramenta.

Como outros resultados, durante o desenvolvimento da solução foram analisadas adaptações na arquitetura como a utilização do sistema sem a necessidade da conexão com a rede elétrica. Contudo, o Raspberry Pi apresenta um consumo elevado para manter o suprimento através de fontes alternativas, como baterias.

Uma vez que o principal objetivo da proposta era desenvolver uma solução de baixo custo, a Tabela 1 descreve o valor gasto para implementar este protótipo, considerando cotação realizada em setembro de 2020. Nela são listados os preços médios do mercado dos principais componentes utilizados. O sensor de corrente considerado foi o modelo SCT-013 por ser mais acessível sua aplicação em diversos circuitos. Como pode ser visto, é possível se obter uma plataforma completa de automação a um custo bem mais acessível que soluções semelhantes encontradas no mercado.

Equipamento	Valor R\$
Raspberry Pi	348
Arduino	41.4
Microfone	97
Sensor de corrente	41.7
Relé	9.6
<b>Total</b>	<b>537.7</b>

Tabela 1 – Custo do protótipo desenvolvido.

## 7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho se mostra possível, a um baixo custo, desenvolver uma solução que auxilia no monitoramento de uso de energia e que oferece mecanismos de automação residencial. A solução apresentada promove uma maior interação entre o morador e sua residência, permitindo que esse explore funcionalidades através de IoT, como o controle remoto de atividades básicas da casa.

O escopo deste projeto teve como foco a análise de uso da energia elétrica, pois é um tema deveras abordado nos dias atuais, já que a humanidade possui recursos finitos e o consumo elétrico continua aumentando. Com isso, é necessário encontrar uma solução para diminuir esse gasto, trazendo a população mais próximo disto, possibilita um uso mais inteligente, evitando perdas desnecessárias.

Para trabalhos futuros é interessante encontrar uma solução mais viável para a comunicação entre o Alexa e o Raspberry Pi do que a utilização por Ngrok. Apesar de ter sido satisfatório neste projeto pela facilidade com é realizada a interação entre as tecnologias, é desfavorável em um projeto real pela necessidade de configuração a cada reinicialização do microcomputador.

Também é interessante analisar a utilização de meios alternativos de geração de energia, alimentando o sistema através de fontes renováveis como a eólica e fotovoltaica, tornando a plataforma independente da rede elétrica. Também é possível verificar a possibilidade de utilizar este trabalho para a análise de sistemas fotovoltaicos, obtendo leituras instantâneas e as repassando ao usuário sobre a energia gerada.

Outro desdobramento interessante seria utilizar o serviço Amazon Kinesis Data Streams para processamento em tempo real com escalabilidade massiva e resiliência, sendo possível capturar continuamente gigabytes de dados por segundo de centenas de milhares de origens e o Kinesis Data Analytics para análise de dados em tempo real com capacidade de dimensionar automaticamente para atender ao volume e à transferência de dados recebidos.

## REFERÊNCIAS

AGYEMAN, M. O.; AL-WAISI, Z.; HOXHA, I. **Design and implementation of an iot-based energy monitoring system for managing smart homes**. In: IEEE. 2019 Fourth International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC). [S.l.], 2019. p. 253–258.

AMAZON. **Amazon Web Services**. 2020. Disponível em: <<https://aws.amazon.com>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

\_\_\_\_\_. **What Is Alexa?** 2020. Disponível em: <<https://developer.amazon.com/alexa>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

ARAVINDAN, V.; JAMES, D. **Smart homes using internet of things**. International Research Journal of Engineering and Technology, p. 1725–1729, 2017.

BHATNAGAR, H. V.; KUMAR, P.; RAWAT, S.; CHOUDHURY, T. **Implementation model of wi-fi based smart home system**. In: IEEE. 2018 International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering (ICACCE). [S.l.], 2018. p. 23–28.

BRITO, J. L. G. de. **Sistema para monitoramento de consumo de energia elétrica particular, em tempo real e não invasivo utilizando a tecnologia Arduino**. Londrina: Departamento de Engenharia Elétrica/Universidade Estadual de Londrina, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Resenha Mensal: consumo nacional de eletricidade em dezembro cresceu 2% em relação ao mesmo mês de 2018**. 2019. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/resenha-mensal-consumo-nacional-de-eletricidade-em-dezembro-cresceu-2-em-relacao>>. Acesso em: 01 dez. 2020.

HAQUE, M. S. T.; ROUF, K. A.; KHAN, Z. A.; EMRAN, A.; ZISHAN, M. S. R. **Design and implementation of an iot based automated agricultural monitoring and control system**. In: IEEE. 2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST). [S.l.], 2019. p. 13–16.

HOY, M. B. **Alexa, Siri, Cortana, and more: An introduction to voice assistants. Medical reference services quarterly**, Taylor & Francis, v. 37, n. 1, p. 81–88, 2018.

HUNKELER, U.; TRUONG, H. L.; STANFORD-CLARK, A. **MQTT-S – A publish/subscribe protocol for wireless sensor networks**. In: IEEE. 2008 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops (COMSWARE'08). [S.l.], 2008. p. 791–798.

KITAMURA, C. **O Que É Intent (Intenção)?** 2020. Disponível em: <<https://celsokitamura.com.br/o-que-e-intent/>>. Acesso em: 01 dez. 2020.

KUNG, Y.-F.; LIOU, S.-W.; QIU, G.-Z.; ZU, B.-C.; WANG, Z.-H.; JONG, G.-J. **Home monitoring system based internet of things**. In: IEEE. 2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI). [S.l.], 2018. p. 325–327.

MUNDO DA ELÉTRICA. **Como funciona um relé? O que é um relé?** 2020. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funciona-um-rele-o-que-e-um-rele/>>. Acesso em: 01 dez. 2020.

NGROK. **What is ngrok?** 2020. Disponível em: <<https://ngrok.com/product>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

OLIVEIRA, S. de. **Internet das coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. [S.l.]: Novatec Editora, 2017.

OPENENERGYMONITOR. **Arduino Energy Monitoring Library**. 2020. Disponível em: <<https://github.com/openenergymonitor/EmonLib>>. Acesso em: 02 dez. 2020.

PAVITHRA, D.; BALAKRISHNAN, R. **IoT based monitoring and control system for home automation**. In: IEEE. 2015 global conference on communication technologies (GCCT). [S.l.], 2015. p. 169–173.

PUTTHAPIPAT, P.; WORALERT, C.; SIRINIMNUANKUL, P. **Speech recognition gateway for home automation on open platform**. In: IEEE. 2018 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC). [S.l.], 2018. p. 1–4.

THOMSEN, A. **Como fazer um medidor de energia elétrica com Arduino**. 2015. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-energia-eletrica-com-arduino/>>. Acesso em: 01 dez. 2020.

UPADHYAY, Y.; BOROLE, A.; DILEEPAN, D. **MQTT based secured home automation system**. In: IEEE. 2016 Symposium on Colossal Data Analysis and Networking (CDAN). [S.l.], 2016. p. 1–4.

UPTON, E.; HALFACREE, G. **Meet the Raspberry Pi**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2012.

## 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