



# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

### **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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª 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  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª 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  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª 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  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª 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. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Secconal 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. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª 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  
Profª 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  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª 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  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª 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  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª 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  
Profª 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  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª 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



## Projeto, análise e otimização na área das engenharias

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Vanessa Mottin de Oliveira Batista  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

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

P964 Projeto, análise e otimização na área das engenharias /  
Organizador 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 978-65-5706-696-6

DOI 10.22533/at.ed.966210601

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz  
(Organizador). II. Título.

CDD 620

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](mailto: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

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril. Destaca-se ainda a apresentação das áreas da engenharia e elétrica e eletrônica, com a busca da redução de custos e automação de processos.

Da ênfase em alguns trabalhos voltados a realizar um levantamento econômico dos de processos e o estudo das áreas térmicas.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE MICROCONTROLADORES NA AUTOMAÇÃO DE SHOPPING CENTER**

Rafael Jacinto dos Santos  
Guilherme Henrique Ferreira Neves  
Luiz Felipe Costa Rosa  
Washington Junio Ferreira Resende

**DOI 10.22533/at.ed.9662106011**

### **CAPÍTULO 2..... 8**

#### **ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS INVERSORES DE TRÊS NÍVEIS NPC E PONTE H**

Kennedy Ricardo da Silva  
Abinadabe Silva Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.9662106012**

### **CAPÍTULO 3..... 20**

#### **VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS POR LUMINÁRIAS LED NO SETOR INDUSTRIAL**

Bruno Sousa de Castro  
Antonio Manoel Batista da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.9662106013**

### **CAPÍTULO 4..... 34**

#### **PROJETO PARA ELABORAÇÃO DE UMA PEN PLOTTER**

Rafael Ferreira da Silva  
Welton Abreu Rosa  
Luciana Paro Scarin Freitas  
Jorge Luis Ribeiro dos Santos Júnior  
Luís Henrique Chouay Dall’Agnese  
Grégori da Cruz Balestra

**DOI 10.22533/at.ed.9662106014**

### **CAPÍTULO 5..... 40**

#### **DEPRECIAÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS USANDO OS MÉTODOS LINHA, COLE, PERCENTAGEM CONSTANTE E CAIRES**

Adalberto Gomes de Miranda  
Jonhunny Jeyson da Costa Gandra  
Adailza Aparício de Miranda  
Steven Frederick Durrant  
José Costa de Macêdo Neto  
Adailson Aparício de Miranda

**DOI 10.22533/at.ed.9662106015**

### **CAPÍTULO 6..... 56**

#### **ANÁLISE DOS IMPACTOS GERADOS PELA FALTA DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NO CUSTO DA EXECUÇÃO DE UMA CRECHE TIPO 1 PADRÃO FNDE EM**

## CARUARU-PE

Matheus Henrique Pacheco Bezerra  
Maria Victória Leal de Almeida Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.9662106016**

## **CAPÍTULO 7..... 70**

### **ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES ARRASTADORES NA MISTURA AZEOTRÓPICA ÁGUA/1-PROPANOL POR MEIO DO XSEOS**

Erich Potrich  
Larissa Souza Amaral

**DOI 10.22533/at.ed.9662106017**

## **CAPÍTULO 8..... 78**

### **PROJETO DE ELEMENTOS FINITOS: FLEXÃO EM BARRAS COM DIFERENTES MATERIAIS**

Gabriel Brandão Santos  
Gleudson Silva Figueiredo  
Jullyane Milena Silva de Figueiredo

**DOI 10.22533/at.ed.9662106018**

## **CAPÍTULO 9..... 93**

### **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE COMPÓSITO DE MATRIZ DE GESSO REFORÇADO COM CAPIM**

Diogo Antonio Correa Gomes  
Eduardo Hélio de Novais Miranda  
Gustavo Monteiro Costa Sbampato Resende  
Henrique Andrade Alvarenga Barbosa  
Márcia Aparecida Imaculada de Oliveira  
Mariane Duarte Resende  
Thaiane Oliveira Marcelino

**DOI 10.22533/at.ed.9662106019**

## **CAPÍTULO 10..... 100**

### **PROJETO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO MECÂNICA DE UM GUINCHO DE IÇAMENTO PARA LOCOMOÇÃO DE CARGAS**

Antonio Rodrigues Freitas de Carvalho  
Diógenes Linard Aquino Freitas  
Eduardo Ataíde de Oliveira  
Jardielson José da Costa Almeida  
Lucas Filipe de Vasconcelos

**DOI 10.22533/at.ed.96621060110**

## **CAPÍTULO 11..... 113**

### **PROJETO E CONSTRUÇÃO DE REFRIGERADOR PORTÁTIL BASEADO NO EFEITO PELTIER**

Bruno Almeida Miranda Silva  
Vitor Alves Pimenta  
Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060111

**CAPÍTULO 12..... 124**

PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO TERMO-HIDRÁULICO DE NANOFLUIDOS NA REFRIGERAÇÃO DE REATORES NUCLEARES À ÁGUA LEVE

Alexandre Melo de Oliveira  
Amir Zacarias Mesquita  
Isabela Carolina Reis

DOI 10.22533/at.ed.96621060112

**CAPÍTULO 13..... 131**

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO ESCOAMENTO DE AR EM DIFUSORES PARA APLICAÇÃO NA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Silmara Bispo dos Santos  
Rodrigo Sabino Pereira  
Francisco Carlos Lima de Souza  
Keteri Poliane Moraes de Oliveira  
Edson Godoy

DOI 10.22533/at.ed.96621060113

**CAPÍTULO 14..... 144**

FATORES DE EQUILÍBRIO E DOSES EM MINAS SUBTERRÂNEAS BRASILEIRAS

Talita de Oliveira Santos  
Zildete Rocha  
Paulo Cruz  
Vandir de Azevedo Gouvea  
Flávia Luiza Soares Borges  
João Batista de Siqueira  
Laura Cardoso Takahashi

DOI 10.22533/at.ed.96621060114

**CAPÍTULO 15..... 152**

PHYSICAL DISTRIBUTION AND RADIOLOGICAL CONTRAST OF CEMENTS IMPLANTED *IN VITRO* VERTEBRAE

Carlos Julio Montañó Valencia  
Sonia Seger Pereira Mercedes  
Luciana Batista Nogueira  
Tarcísio Passos Ribeiro de Campos

DOI 10.22533/at.ed.96621060115

**CAPÍTULO 16..... 160**

PROJETO DE UM PADRÃO UNIVERSAL DE BAIXO CUSTO PARA CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E INSPEÇÃO DE SOLDAGEM

Monalisa Pereira Silva  
Maksym Ziberov

DOI 10.22533/at.ed.96621060116

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>170</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>171</b>

## VIABILIDADE DE SUBSTITUIÇÃO DE LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS POR LUMINÁRIAS LED NO SETOR INDUSTRIAL

Data de aceite: 04/01/2021

Data de submissão: 15/10/2020

### **Bruno Sousa de Castro**

Universidade de Uberaba - UNIUBE  
Uberaba – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/5178566794502991>

### **Antonio Manoel Batista da Silva**

Universidade de Uberaba - UNIUBE  
Uberaba – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/5689405743755068>

**RESUMO:** A iluminação do setor industrial apresenta um diferencial, pois o consumo de energia é de quarenta por cento. Com a troca das luminárias convencionais por luminárias LED foi possível verificar uma redução de 59,4% do consumo de energia e 21,8% da quantidade de luminárias, além de um PayBack inferior a 5 anos sobre o investimento. Por meio disto a iluminação Led apresenta tanto a viabilidade de implantação como benefícios para o setor industrial.

**PALAVRAS-CHAVE:** LED, Industrial, Iluminação, Viabilidade.

### FEASIBILITY OF REPLACING THE CONVENTIONAL LUMINAIRES BY LED LUMINAIRES IN THE INDUSTRIAL SECTOR

**ABSTRACT:** The lighting of the Industrial sector has a differential since the energy consumption is of forty percent. With the exchange conventional

lamps LED lamps, it was possible to verify a reduction of 59.4% of energy consumption and 21.8% of the number of installations besides a PayBack lower than 5 years on investment. Therefore, the LED lighting provides both the installation feasibility and industrial sector benefits.

**KEYWORDS:** LED, Industrial, Lighting, Viability.

## 1 | INTRODUÇÃO

O princípio do surgimento da iluminação inicia no período neolítico, há 7 mil anos atrás quando o Homo Erectus descobriu que ao esfregar dois gravetos ou friccionar duas pedras conseguia-se faíscas que geravam fogo, que por sua vez é fonte de calor e luz. Com o tempo o homem começou a aprimorar novas formas de produzir iluminação sem a necessidade de gerar fogo(Tudo, 2018) [6].

O início de produzir luz se iniciou no ano de 1580 por meio da utilização de velas, que eram utilizadas para iluminar teatros colocando em castiçais. A partir do ano de 1780 foi criada a primeira lâmpada a óleo, desenvolvida pelo químico suíço Aime Argant. Com o desenvolvimento da lâmpada a óleo foi desenvolvida a lâmpada a gás, que por meio desta foi criada uma mesa de controle do gás que controlava a luminosidade que a lâmpada emitia, em paralelo com a criação da lâmpada a gás, Thomas Drummond entre os anos de 1816 a 1890 desenvolveu o Lime Light que a emissão



da luminosidade era proveniente do cálcio, que por sua vez começavam a dar lugar as lâmpadas de arcos voltaicos. Com o desenvolvimento das lâmpadas de arco voltaico, criou-se um gerador dínamo, para realizar as ligações das lâmpadas, apresentando um brilho mais intenso e uma eficiência melhor. As modernas lâmpadas elétricas começaram a ganhar atenção no início do século XIX, onde Thomas Edison aperfeiçoa a primeira lâmpada incandescente. Com este passo inicial, entre os anos de 1906 a 1933 houve uma grande evolução das lâmpadas elétricas, que deram início a construção dos primeiros refletores e lâmpadas de alta potência (Iluminação, 2018) [3].

Com todo o desenvolvimento em relação a iluminação, surgiu em meados de 1907 uma descoberta pelo inglês Henry Joseph Round que matérias inorgânicas podem emitir luminosidade ao aplicar corrente elétrica, entretanto a descoberta foi esquecida devido o foco do desenvolvimento ser o novo sistema de orientação para o transporte marítimo dentre os anos de 1921 até 1942. A partir do ano de 2006 surge o primeiro diodo com capacidade de gerar 100 lumens por watts, contudo apresenta algumas restrições. Com a pesquisa voltada para a iluminação LED em alta foi produzido diodos com eficiência gigantesca de 250 lumens por watts, com evolução da iluminação Led, as luminárias apresentam maior sustentabilidade, economia de consumo e vida útil maior que a convencional, sendo assim é a iluminação do futuro (Ledvance, 2018) [4].

As indústrias atualmente buscam gerar mais sustentabilidade, por meio desta visão, a implantação de luminárias LEDs e uma solução, portanto, para que as empresas possam investir é necessário um estudo de viabilidade minucioso, para demonstrar a economia e os benefícios do Led na indústria. O objetivo do estudo é apresentar um comparativo entre a iluminação convencional pelo Led e apresentar um PayBack(retorno de investimento) de acordo com investimento de implantação das luminárias LEDs, além dos benefícios que o Led proporcionará a Indústria.

## **2 I FUNDAMENTOS PARA A INVESTIGAÇÃO**

Nesta seção, aspectos de dimensionamento de luminárias e o orçamento para investimento são considerados. Ademais, as fundamentações para cálculos, a estratégia de condução do trabalho, bem como a forma de análise dos resultados são apresentadas.

### **2.1 Iluminação industrial**

A iluminação industrial é um dos fatores aos quais muitas indústrias acabam esquecendo como influenciadores para economia e sustentabilidade. A indústria com iluminação adequada apresenta um diferencial, devido a melhor visibilidade nos setores. Os benefícios que a iluminação ideal pode gerar são a economia e prevenção com acidentes por luminosidade insuficiente. Com o intuito de melhorar a eficiência, as luminárias dimensionadas de forma correta geram estes benefícios. Por meio disto podem

ser realizados estudos para apresentar a melhor estratégia.

## **2.2 Estrutura para a investigação**

Para apresentarmos uma estrutura de investigação devemos levar em consideração algumas informações que ajudaram na investigação.

### *2.2.1 Horas de consumo*

De acordo com a Lei nº 8.631 e o Decreto nº 774 foi criado um sistema de tarifas que define a Hora de Ponta(HP) com duração de três horas consecutivas dentro do período das 17 às 22 horas, onde depende de cada concessionária, as HP foram estabelecidas devido o auto consumo de energia em horas específicos do dia, com o intuito de reduzir este consumo. A tarifa de energia é maior, podendo chegar 3 vezes mais que a HFP. No estudo apresentado os horários definidos são das 18 às 21 horas como HP. As horas restantes são consideradas como Horas Fora de Ponta(HFP) onde o consumo de energia é distribuído de forma a não sobrecarregar o Sistema Interligado Nacional(SIN).(Franco,1993) [2].

### *2.2.2 Contrato de venda de energia*

Com a cogeração das termoeletricas por biomassa do bagaço de cana de açúcar é necessário um contrato para venda de energia para a concessionária. De acordo com a Lei nº 13.299, de 21 de junho de 2016, dispõe valores do custo de acordo com a capacidade de geração da usina. O valor do contrato é utilizado para realização do cálculo de safra(Temer,2016) [5].

### *2.2.3 Safra e entressafra de uma indústria*

Em usinas termoeletricas por biomassa da cana de açúcar, apresenta dois períodos: Safra e Entressafra. Os períodos de Safras são onde ocorre todo o processo de fabricação de produtos e subprodutos além da cogeração de energia elétrica. A safra costuma corresponder a maior parte do tempo de funcionamento da termoeletrica, com isso durante esse período e utilizado para fins de cálculo, como o período que a empresa poderia vender a energia que está sendo gasta. Para os cálculos de Entressafra e considerado as HP e HFP, pois neste período a empresa não gera energia para suprir sua necessidade, fazendo com que tenha que comprar da concessionaria. Neste período e feito a manutenção das indústrias.

### *2.2.4 Reatores das luminárias*

As luminárias convencionais necessitam de reatores para seu funcionamento, porem na maioria das vezes eles são desprezíveis nos cálculos devido sua perda se baixa, entretanto, os reatores com o passar do tempo geram perdas maiores que o fabricado. Por meio disto os reatores devem ser levados em consideração pois apresentam perdas

que com o tempo são significativas. Principalmente no setor industrial onde as luminárias possuem altas potências e geram perdas significativas.

### 2.2.5 Luminárias leds

As luminárias LEDs são constituídas por Diodos Emissores de Luz, que apresentam melhor eficiência, robustez e alta duração de funcionamento.

## 2.3 Cálculos específicos para levantamento de dados

Para que a investigação seja realizada algumas fórmulas podem ser utilizadas.

### 2.3.1 Potência total

Para iniciar os estudos e necessário realizar o cálculo da potência instalada e posteriormente da potência a ser instalada. Para isso utilizamos a seguinte formula.

$$P_T = N_L \times P_L \quad (1)$$

Onde:

$P_T$  → Potência Total

$N_L$  → Quantidade de Luminárias

$P_L$  → Potência das Luminárias

### 2.3.2 Consumo de energia total

O consumo de energia e calculado em função da potência instalada e das horas de funcionamento. Para os consumos de energia durante a entressafra e utilizado as seguintes fórmulas;

$$C_{T(HP)} = P_T \times H_{HP} \quad (2)$$

Onde:

$C_{T(HP)}$  → Consumo de Energia Horas de Ponta

$P_T$  → Potência Total das Luminárias

$H_{HP}$  → Horas de Ponta de Mensal

$$C_{T(HFP)} = P_T \times H_{HFP} \quad (3)$$

Onde:

$C_{T(HFP)}$  → Consumo de Energia Horas Fora de Ponta

$P_T$  → Potência Total das Luminárias

$H_{HFP}$  → Horas Fora de Ponta Mensal

O consumo de energia durante a safra é realizado pela soma dos consumos em HP e HFP.

$$C_T = C_{T(HP)} + C_{T(HFP)} \quad (4)$$

Onde:

$C_T$  → Consumo de Energia Total

$C_{T(HP)}$  → Consumo de Energia Horas de Ponta

$C_{T(HFP)}$  → Consumo de Energia Horas Fora de Ponta

### 2.3.3 Custo de energia(kWh)

Para realizar o custo de energia é considerado as seguintes fórmulas para a entressafra e utilizado:

$$E_{T(HP)} = C_{T(HP)} \times Pr_{(HP)} \quad (5)$$

Onde:

$E_{T(HP)}$  → Custo de Energia Total em Horas de Ponta

$C_{T(HP)}$  → Consumo de Energia em Horas de Ponta

$Pr_{(HP)}$  → Preço do kWh das Horas de Ponta

$$E_{T(HFP)} = C_{T(HFP)} \times Pr_{(HFP)} \quad (6)$$

Onde:

$E_{T(HFP)}$  → Custo de Energia Total em Horas Fora de Ponta

$C_{T(HFP)}$  → Consumo de Energia em Horas Fora de Ponta

$Pr_{(HFP)}$  → Preço do kWh das Horas Fora de Ponta

Para safra é utilizado o preço que foi definido em contrato com a concessionária.

$$E_T = C_T \times Pr_C \quad (7)$$

Onde:

$E_T$  → Custo de Energia Total

$C_T$  → Consumo de Energia Total

$Pr_C$  → Preço do kWh definido em contrato

### 2.3.4 Cálculo de economia

O cálculo de Economia é feito em função da diferença do levantamento convencional versus previsto LED. Para realizar o cálculo utilizamos as seguintes fórmulas:

$$Ec_S = Cg_{T(SC)} - Cg_{T(SL)} \quad (8)$$

Onde:

$Ec_S$  → Economia Mensal Safra

$Cg_{T(SC)}$  → Custo Geral Total Safra Convencional

$Cg_{T(SL)}$  → Custo Geral Total Safra LED

$$Ec_{ES} = Cg_{T(ESC)} - Cg_{T(ESL)} \quad (9)$$

Onde:

$Ec_{ES}$  → Economia Mensal Entressafra

$Cg_{T(ESC)}$  → Custo Geral Total Entressafra Convencional

$Cg_{T(ESL)}$  → Custo Geral Total Entressafra LED

A Economia anual utiliza a seguinte fórmula:

$$Ec_T = M_{ES} * Ec_{ES} - M_S * Ec_S \quad (10)$$

Onde:

$Ec_T$  → Economia Anual

$M_{ES}$  → Quantidade em Meses de Entressafra

$Ec_{ES}$  → Economia Mensal Entressafra

$M_S$  → Quantidade em Meses de Safra

$Ec_S$  → Economia Mensal Safra

### 2.3.5 Cálculo de viabilidade

O cálculo de viabilidade é realizado utilizando a seguinte fórmula:

$$PB = I_T / Ec_T \quad (11)$$

Onde:

PB → Retorno de Investimento em Anos

$I_T$  → Investimento Total

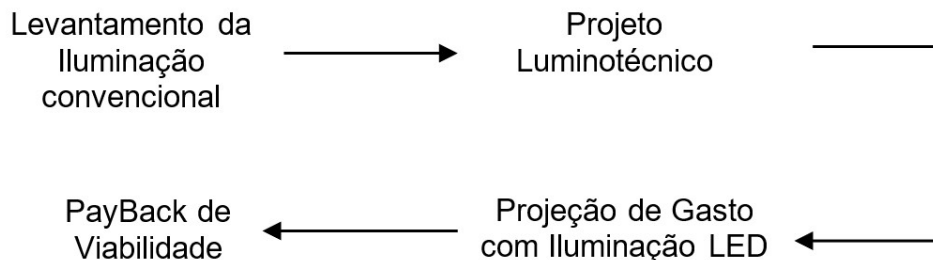
$Ec_T$  → Economia Anual

## 2.4 Análise das informações

O método de análise dos dados para verificar a viabilidade se dá por meio do cálculo da fórmula 11, onde se o resultado obtido estiver abaixo de 5 o investimento é eficiente, entretanto, se o resultado for maior que 5 e menor que 10 o retorno apresentará viabilidade porém com um retorno menor que o esperado, e se o resultado for maior que 10 o projeto

não apresentará viabilidade.

Como o intuito de seguir os passos segue um esquema que deve ser seguido.



### 3 | RESULTADOS

Os dados coletados foram de uma indústria da região do triângulo mineiro, com apuração das informações de safra e entressafra 2017-2018 com duração de um ano. Os dados compilados são divididos em 4 etapas: 1º etapa – Levantamento de Informações e Despesas com Iluminação Convencional; 2º etapa – Projeto Luminotécnico; 3º etapa – Projeção de Despesas com Iluminação LED; 4º etapa – Viabilidade de PayBack.

#### 3.1 Etapa 1: Levantamento de informações e despesas com iluminação convencional

Nesta parte, é apresentado a potência instalada no setor da indústria ao qual foi escolhido. Na Tabela 1 os dados são apresentados.

Descrição	Quantidade de Luminarias	Potência da Luminaria (W)	Potência Total (kW)
Luminaria Vapor Metálico 250W	28	270	7,56
Luminaria Fluorescente Tubular 20W	5	43,2	0,216
Refletor Vapor Metálico 400W	8	432	3,456
Luminaria Fluorescente Tubular 40W	16	82	1,312
Luminarias Vapor de Sódio 400W	144	432	62,208
<b>Total</b>	<b>201</b>		<b>74,752</b>

Tabela 1- Potência instalada no setor.

Com as informações apresentadas acima e possível calcular o consumo de energia mensal, considerando Horas de Ponta e Horas Fora de Ponta, para Entressafra. Na Tabela 2 e Tabela 3 e possível verificar o proposto:

Descrição	Potência Total (kW)	Hora de Ponta (horas)	Consumo de Energia (kW/h)
Luminaria Vapor Metálico 250W	7,56	66	498,96
Luminaria Fluorescente Tubular 20W	0,216	66	14,256
Refletor Vapor Metálico 400W	3,456	66	228,096
Luminaria Fluorescente Tubular 40W	1,312	66	86,592
Luminarias Vapor de Sódio 400W	62,208	66	4105,728
<b>Total</b>	<b>74,752</b>		<b>4933,632</b>

Tabela 2 - Consumo de energia elétrica mensal em Hora de Ponta.

Descrição	Potência Total (kW)	Hora Fora de Ponta (horas)	Consumo de Energia (kW/h)
Luminaria Vapor Metálico 250W	7,56	294	2222,64
Luminaria Fluorescente Tubular 20W	0,216	294	63,504
Refletor Vapor Metálico 400W	3,456	294	1016,064
Luminaria Fluorescente Tubular 40W	1,312	294	385,728
Luminarias Vapor de Sódio 400W	62,208	654	40684,032
<b>Total</b>	<b>74,752</b>		<b>44371,968</b>

Tabela 3 - Consumo de energia elétrica mensal em Hora Fora de Ponta.

Com os dados de Entressafra é realizado o cálculo de energia gasta durante a entressafra. Considerando o preço médio para HP e HFP como mostra a Tabela 4 a seguir.

	Consumo Total de Energia (kW/h)	Preço Médio do KW/h (R\$)	Duração (Meses)	Gasto de Energia (R\$)	
Horas de Ponta	4933,632	0,49606647	3,50	R\$	8.565,93
Horas Fora de Ponta	44371,968	0,338317651	3,50	R\$	52.541,37
<b>Total</b>	<b>49305,6</b>			<b>R\$</b>	<b>61.107,30</b>

Tabela 4 - Gasto de energia elétrica no período de entressafra.

Com base no consumo mensal(HP+HFP) e possível calcular o gasto de energia durante a safra. Considerando o preço do contrato de energia como mostra a Tabela 5 a seguir.

	Consumo Total de Energia (MW/h)	Preço do MW/h (R\$)	Duração (Meses)	Gasto de Energia (R\$)	
Safra	49,3056	200	8,50	R\$	83.819,52

Tabela 5 - Gasto de energia elétrica no período de safra.

A próxima compilação das informações são os gastos com manutenção, materiais e descarte de lâmpadas. Na Tabela 6 a seguir se os dados compilados durante a safra.

	<b>Custo (R\$)</b>	<b>duração (Mensal)</b>	<b>Gasto Total (R\$)</b>	
Manutenção	21,09	8,5	R\$	179,27
Materiais	210,81	8,5	R\$	1.791,89
Descarte de Lâmpadas	1,22	8,5	R\$	10,37
<b>Total</b>			<b>R\$</b>	<b>1.981,52</b>

Tabela 6 - Gasto com manutenção, materiais e descarte de luminárias.

### 3.2 Etapa 2: Projeto luminotécnico

O levantamento do projeto luminotécnico para aplicação LED apresentou as seguintes luminárias para substituição. Na Tabela 7 a seguir estão os dados da iluminação considerados de acordo com o projeto do setor de estudo.

<b>Descrição</b>
Luminaria Industrial LED Arandela 30° - 94W
Luminaria Industrial LED Arandela 30° - 31W
Projeto LED 207W
Luminaria Industrial LED Plafonier - 31W
Luminaria Industrial LED Suporte para poste 30° - 31W
Luminaria Comercial LED 36W
Projeto LED-EX 48W
Projeto LED 270W

Tabela 7 - Potência instalada no setor.

Por meio destas luminárias que foram definidas de acordo com o projeto luminotécnico, podemos fazer uma projeção de custos com a implantação LED.

### 3.3 Etapa 3: Projeção de despesas com iluminação led

A etapa de realização e levantar uma projeção de gastos futuros com as luminárias LED implantadas. Por meio disto a Tabela 8 a seguir apresenta a potência a ser instalada.



Descrição	Quantidade de Luminárias	Potência da Luminária (W)	Potência Total (kW)
Luminaria Industrial LED Arandela 30° - 94W	17	94	1,598
Luminaria Industrial LED Arandela 30° - 31W	9	31	0,279
Projektor LED 207W	8	207	1,656
Luminaria Industrial LED Plafonier - 31W	3	31	0,093
Luminaria Industrial LED Suporte para poste 30° - 31W	1	31	0,031
Luminaria Comercial LED 36W	13	36	0,468
Projektor LED-EX 48W	10	48	0,48
Projektor LED 270W	96	270	25,92
<b>Total</b>	<b>157</b>		<b>30,525</b>

Tabela 8 - Projeção de Potência LED instalada no setor.

Com os cálculos de potência LED instalada podemos realizar os cálculos de consumo de energia. Na Tabela 9 e Tabela 10 está expresso o consumo de energia mensal em Horas de Ponta e Horas Fora de Ponta.

Descrição	Potência Total (kW)	Hora de Ponta (horas)	Consumo de Energia (kW/h)
Luminaria Industrial LED Arandela 30° - 94W	1,598	66	105,468
Luminaria Industrial LED Arandela 30° - 31W	0,279	66	18,414
Projektor LED 207W	1,656	66	109,296
Luminaria Industrial LED Plafonier - 31W	0,093	66	6,138
Luminaria Industrial LED Suporte para poste 30° - 31W	0,031	66	2,046
Luminaria Comercial LED 36W	0,468	66	30,888
Projektor LED-EX 48W	0,48	66	31,68
Projektor LED 270W	25,92	66	1710,72
<b>Total</b>	<b>30,525</b>		<b>2014,65</b>

Tabela 9 - Consumo de energia elétrica mensal em Hora de Ponta LED.

Descrição	Potência Total (kW)	Hora Fora de Ponta (horas)	Consumo de Energia (kW/h)
Luminaria Industrial LED Arandela 30° - 94W	1,598	294	469,812
Luminaria Industrial LED Arandela 30° - 31W	0,279	294	82,026
Projektor LED 207W	1,656	294	486,864
Luminaria Industrial LED Plafonier - 31W	0,093	294	27,342
Luminaria Industrial LED Suporte para poste 30° - 31W	0,031	294	9,114
Luminaria Comercial LED 36W	0,468	294	137,592
Projektor LED-EX 48W	0,48	294	141,12
Projektor LED 270W	25,92	654	16951,68
<b>Total</b>	<b>30,525</b>		<b>18305,55</b>

Tabela 10 - Consumo de energia elétrica mensal em Hora Fora de Ponta LED.

Considerando os mesmos preços médios de HP e HFP para entressafra, na Tabela

11 e apresentado os gastos.

	<b>Consumo Total de Energia (kW/h)</b>	<b>Preço Médio do KW/h (R\$)</b>	<b>Duração (Meses)</b>	<b>Gasto de Energia (R\$)</b>	
Horas de Ponta	2014,65	0,49606647	3,50	R\$	3.497,90
Horas Fora de Ponta	18305,55	0,338317651	3,50	R\$	21.675,82
<b>Total</b>	<b>20320,2</b>			<b>R\$</b>	<b>25.173,72</b>

Tabela 11 - Gasto de energia elétrica LED no período de entressafra.

A seguir na Tabela 12 e apresentado os gastos com energia durante a safra considerando o prelo de contrato com a concessionária.

	<b>Consumo Total de Energia (MW/h)</b>	<b>Preço do MW/h (R\$)</b>	<b>Duração (Meses)</b>	<b>Gasto de Energia (R\$)</b>	
Safra	20,3202	200	8,50	R\$	34.544,34

Tabela 12 - Gasto de energia elétrica LED no período de safra.

Os custos com manutenção, matérias e descarte para a implantação foram desconsiderados, devido a cotação para a realização do PayBack se tornou desprezível devido a durabilidade da luminária e benefícios oferecidos pela empresa a qual foi feito levantamento para apresentar viabilidade da implantação.

### 3.4 Etapa 4: Viabilidade de payback

Com todos os dados as informações compiladas podemos realizar os cálculos de viabilidade de implantação. Na Tabela 13 a seguir e apresentado uma comparação entre a iluminação convencional e LED.

<b>Descrição</b>	<b>Iluminação Convencional</b>	<b>Iluminação LED</b>
Quantidade de luminarias	201	157
Potência Instalada (kW)	74,752	30,525
Consumo de Energia (kW/h)	49305,6	20320,2

Tabela 13 - Comparação de iluminação Convencional X LED.

Na Tabela 13 podemos comprovar que houve uma redução de aproximadamente

59,2% da potência instalada, além de uma redução de aproximadamente 21,9% da quantidade de luminárias instaladas. Na Tabela 14 e apresentado a comparação de custos entre iluminação convencional e LED.

	<b>Iluminação Convencional</b>	<b>Iluminação LED</b>
<b>Entressafra</b>		
Gasto de Energia Horas de Ponta	R\$ 8.565,93	R\$ 3.497,90
Gasto de Energia Horas Fora de Ponta	R\$ 52.541,37	R\$ 21.675,82
<b>Safra</b>		
Gasto de Energia por contrato	R\$ 83.819,52	R\$ 34.544,34
Gasto com Manutenção, Material e Descarte	R\$ 1.981,52	R\$ -
<b>Total</b>	<b>R\$ 146.908,34</b>	<b>R\$ 59.718,06</b>

Tabela 14 - Comparação de custos de iluminação Convencional X LED.

Na Tabela 14 e apresentado uma economia anual de aproximadamente 59,4%.

Para apresentar a viabilidade do estudo em questão, foi levantando um orçamento de implantação, onde foram considerados as luminárias, os custos com maquinários e mão de obra. Na Tabela 15 está apresentado os custos da implantação.

	<b>Custo (R\$)</b>
Orçamento das Luminarias LED	R\$ 191.756,36
Custo de Maquinarios	R\$ 30.000,00
Mão de Obra	R\$ 40.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 261.756,36</b>

Tabela 15 - Investimento para implantação LED.

Por meio dos valores em questão e realizado os cálculos de PayBack. Na Gráfico 1 será apresentado os cálculos, onde como comprovado na Tabela 14 a economia anual e de R\$ 87.190,28 (oitenta e sete mil cento e noventa reais e vinte e oito centavos) será considerado como economia anual.

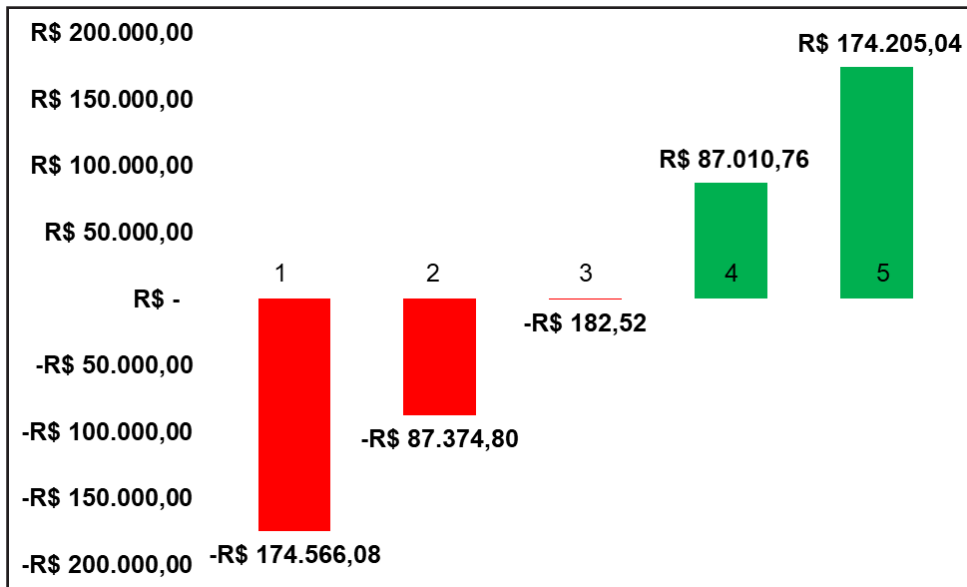


Gráfico 1 – PayBack em 5 anos.

#### 4 | DISCUSSÃO

Para a atender o estudo de viabilidade os métodos são realizados de forma simples, que atende a todos os requisitos necessários para apresentar dados concisos. de acordo com Calegari, 2017 apresenta metodologia simples para realizar os cálculos de viabilidade. Além de apresentar que o setor industrial apresenta uma porcentagem relevante do consumo de energia elétrica, considerando que a iluminação e dos fatores aos quais são deixados de lados, por ser simples e desprezíveis, porém podem apresentar um gasto expressivo devido a quantidade.

Por meio dos métodos apresentados na tese os resultados podem ser validados, mostrando que seguindo todos os passos e realizando os cálculos corretamente. Podemos verificar que os cálculos apresentaram gastos razoáveis devido ser apenas da iluminação e de apenas um setor da industrial. Ao analisar os dados e possível verificar que com a implantação LED e houve uma redução de aproximadamente 59% do consumo de energia elétrica, além de apresentar uma redução aproximadamente 22% da quantidade de luminárias. Por meio disto houve uma economia anual de aproximadamente 87 mil reais que e significativa.

A viabilidade foi possível devido os seguintes fatores. A empresa de levantamento do investimento apresentou benefícios onde abaixo de 5 anos os custos com troca de matérias e manutenção são depressíveis, além de produtos de alta durabilidade e qualidade. Podemos observar que com a implantação LED os benefícios gerados para a indústria são: Iluminação adequada e eficiente; redução de acidentes devido a iluminação

ineficiente; redução de mão de obra com manutenção; Redução com Gasto de Energia e um espelho significativo no aumento da produção, onde um lugar bem iluminado gerar uma percepção melhor.

## 5 | CONCLUSÃO

A viabilidade de implantação de iluminação LED em um setor industrial se mostrou viável com um retorno de investimento de aproximadamente 3 anos após a implantação.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece o apoio recebido de todos os Docentes da Instituição UNIUBE e seus colegas de Graduação.

## REFERÊNCIAS

[1] Calegari, Raphael; **Como funciona o Sistemas de Iluminação na Indústria?**; Disponível em: <<http://blog.murrelektronik.com.br/sistemas-de-iluminacao-na-industria/>> Acesso em 16 de novembro de 2019.

[2] Franco, Itamar; RESENDE, Eliseu; VASCNSELOS, Paulino Cícero de; CRUSIUS, Yeda Rorato; Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1990-1994/D0774.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D0774.htm) >. Acesso em 16 de novembro de 2019.

[3] Iluminação, Laboratório de; **História da Iluminação: Primeiros Instrumentos**; Disponível em: <[http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/slides/slides\\_diciplina\\_ar\\_210\\_b/primeiros\\_instrumentos.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/slides/slides_diciplina_ar_210_b/primeiros_instrumentos.pdf)>. Acesso em 07 de outubro de 2019.

[4] Ledvance; **A história do LED**; Disponível em: <<https://www.ledvance.pt/produtos/conhecimentos-sobre-o-produto/nocoes-basicas-do-led/historia-do-led/index.jsp>>. Acesso em 06 de outubro de 2019.

[5] Temer, Michel; Meirelles, Henrique; Filho, Fernando Coelho; Oliveira, Dyogo Henrique de; Osório, Fábio Medina ; Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2016/Lei/L13299.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13299.htm) >. Acesso em 16 de novembro de 2019.

[6] Tudo, 10 em; **O descobrimento do fogo**; Disponível em: <<https://www.10emtudo.com.br/artigo/o-descobrimento-do-fogo/>>. Acesso em 21 de novembro de 2018.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ansys 78, 79, 86, 91, 92, 135

Arduino 1, 2, 3, 7, 37

Arrastador 70, 71, 72, 74, 75, 76

Automação 1, 2, 6, 7, 35

Azeotropia 70, 71, 73, 75, 76

### B

Barras 36, 78, 79, 83

Bim 56, 57, 58, 68, 69

### C

Calibração 160, 161, 162, 167, 168, 169

Cimento ósseo 152

CNC 34, 35, 39

Contraste radiológico 152

Custos 6, 28, 30, 31, 32, 57, 134, 139, 168

### D

Depreciação 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 52, 53, 54, 55

Difusores 131, 132, 134, 138, 139

Dinâmica dos fluidos 132

### E

Eficiência 8, 10, 13, 15, 18, 19, 21, 23, 75, 92, 114, 118, 119, 121, 124, 125, 131

Elementos finitos 78, 79, 90, 91

Equilíbrio 9, 10, 70, 71, 72, 73, 74, 80, 82, 104, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150

Equipamentos 2, 8, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 57, 100, 101, 105, 112, 114, 122, 125, 160, 161, 162, 168

### F

Fator de equilíbrio 144, 145, 146, 147, 148, 149

Fibras vegetais 94

Flexão 78, 79, 80, 81, 82, 83, 93, 94, 97, 98, 100, 105, 109, 110, 111

Flexão estática 93, 94, 97, 98

## **G**

Guincho 100, 101

## **H**

Hidroxiapatita 152

## **I**

Iluminação 1, 2, 4, 6, 20, 21, 26, 28, 30, 31, 32, 33

Incompatibilidade 56, 57, 61, 62, 63, 68

Industrial 7, 18, 19, 20, 21, 23, 32, 33, 77, 113, 143

Inspeção de solda 160, 167

Inversor multinível 8, 10

## **L**

Led 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33

## **M**

Máquinas 34, 35, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 50, 53, 54, 55, 100, 101, 111, 112

Métodos de avaliações 41

Mistura 70, 71, 72, 75, 147

## **O**

Obra pública 56, 57

## **P**

Peltier 113, 114, 122, 123

PenPlotter 34, 35, 38, 39

Periférico 1

Potência eólica 132, 133, 138, 139

Precisão 34, 35, 78, 79, 92, 96, 120

Projeto 2, 6, 25, 26, 28, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 68, 78, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 121, 123, 134, 147, 160, 161, 162, 163, 167, 168, 169

Prototipagem 3D 113

## **Q**

Qualidade de energia 8, 10, 13

## **S**

Sistema 1, 2, 4, 5, 6, 21, 22, 35, 37, 39, 58, 65, 66, 68, 71, 73, 80, 87, 94, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 112, 114, 115, 116, 120, 121, 133, 149, 152, 169

Sistema de transmissão 100, 102, 103, 112

Soldagem 160, 162, 164, 165, 167, 168, 169, 170

Sustentabilidade 8, 21, 94

## **T**

Transferência de calor 113, 123, 124, 125, 126, 127, 128

## **V**

Valor residual 40, 42, 43, 44, 53, 55

Viabilidade 20, 21, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 128, 131, 169

## **X**

XSEOS 70, 71, 74, 75, 76



# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

[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) 

# Projeto, Análise e Otimização na Área das Engenharias

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

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

@atenaeditora 

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