

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)

### **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 Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

### **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  
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 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  
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> 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<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. 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> Dr. 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  
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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
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 Andrezza 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. 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  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
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 Alborno – 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. Lillian 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
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. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

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

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



**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Emely Guarez  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadores:** Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

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

E57    Engenharia: metodologias e práticas de caráter multidisciplinar 2 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-561-7

DOI 10.22533/at.ed.617200911

1. Engenharia. 2. Metodologias e Práticas. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. 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

## 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.

Para isso o mesmo foi dividido em dois volumes, sendo que o volume 1 apresenta temas relacionados a área de engenharia mecânica, química e materiais, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Já o volume 2 traz, temas correlacionados a engenharia civil e de minas, apresentando estudos sobre os solos e obtenção de minérios brutos, bem como o estudo de construções civis e suas patologias, estando diretamente ligadas ao impacto ambiental causado e ao reaproveitamento dos resíduos da construção.

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, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **PROPOSTA DE TELHA SOLAR PLANA INCORPORADA À CONSTRUÇÃO**

Maria Magdalena Farina Martinez

Ronald Moises Hug Rojas

Matheus Vinicius Brandão

Oswaldo Barbosa Loureda

Oswaldo Hideo Ando Junior

**DOI 10.22533/at.ed.6172009111**

### **CAPÍTULO 2..... 15**

#### **APLICAÇÃO DE LAJES STEEL DECK EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS ANDARES**

Elaine Garrido Vazquez

Renata Gonçalves Faisca

Stela Regina Magaldi Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.6172009112**

### **CAPÍTULO 3..... 26**

#### **ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA MARQUISE – ESTUDO DE CASO**

Amanda de Moraes Alves Figueira

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Cynthia Jordão de Oliveira Santos

Débora Cristina Pereira Valões

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Lucas Rodrigues Cavalcanti

Mariana Santos de Siqueira Bentzen

Paula Gabriele Vieira Pedrosa

Vanessa Kelly Freitas de Arruda

**DOI 10.22533/at.ed.6172009113**

### **CAPÍTULO 4..... 42**

#### **PROPOSIÇÃO DO PLANO DE MOBILIDADE URBANA AO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS – AMAZONAS, BRASIL**

Iraúna Maiconã Rodrigues de Carvalho

Jussara Socorro Cury Maciel

**DOI 10.22533/at.ed.6172009114**

### **CAPÍTULO 5..... 53**

#### **ETANOL – COMBUSTÍVEL RENOVÁVEL EM MOTORES DO CICLO DIESEL – ESTUDO DE VIABILIDADE EM USINAS**

Flávio Nunes do Prado

João Eduardo Rocha dos Santos

Edson Roberto da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.6172009115**

**CAPÍTULO 6..... 61**

**AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE METODOLOGIAS DE DESMONTE SECUNDÁRIO PARA UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS**

Sílas Leonardo Dias Vasconcelos  
Suelen Silva Rocha  
Júlio César de Souza  
Bruno Cordeiro Cerqueira das Neves

**DOI 10.22533/at.ed.6172009116**

**CAPÍTULO 7..... 71**

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE UM PROJETO DE MINERAÇÃO DE AGREGADOS ATRAVÉS DA TÉCNICA DE FLUXO DE CAIXA DESCONTADO**

Raíza da Silva Juvenal  
Jorge Luiz Valença Mariz  
Artur Ângelo Alcântara de Assis  
Suelen Silva Rocha  
Júlio César de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.6172009117**

**CAPÍTULO 8..... 88**

**EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DE VIDA ÚTIL DE PROJETOS MINEIROS EM FASE INCIPIENTE CONSIDERANDO A REGRA DE TAYLOR E SUA ADERÊNCIA ÀS MINAS BRASILEIRAS**

Jorge Luiz Valença Mariz  
Rodrigo de Lemos Peroni  
Carlos Otávio Petter  
Júlio César de Souza  
Jorge Dariano Gavronski

**DOI 10.22533/at.ed.6172009118**

**CAPÍTULO 9..... 103**

**PLANEJAMENTO DE LONGO PRAZO DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS EM JABOATÃO DOS GUARARAPES - PE**

Andressa Ilana Soares Galdino  
Jorge Luiz Valença Mariz  
Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros  
Suelen Silva Rocha  
Robson Ribeiro Lima

**DOI 10.22533/at.ed.6172009119**

**CAPÍTULO 10..... 119**

**AVALIAÇÃO DO DESMONTE DE ROCHAS COM USO DE EXPLOSIVOS EM UMA MINA DE AGREGADOS ATRAVÉS DE ABORDAGEM SISTÊMICA**

Jorge Luiz Valença Mariz  
Willams Bernardo de Lima Souza  
Iury Araújo da Costa Leite  
Márcio Luiz de Siqueira Campos Barros  
Marinésio Pinheiro de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.61720091110**

**CAPÍTULO 11..... 133**

**COMPARAÇÃO DE COORDENADAS DE PONTOS LEVANTADOS POR METODOS TOPOGRÁFICO E GEODÉSICOS**

Claudia Regina Grégio d'Arce Filetti

Adriano Antonio Tronco

Bianca Ferraz

Pedro Lonnie Inácio Salvador

Roney Berti de Oliveira

Marcelo Luis Chicati

**DOI 10.22533/at.ed.61720091111**

**CAPÍTULO 12..... 145**

**INFLUÊNCIA DO PORTE DA ESCAVADEIRA NA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA MINERAÇÃO DE AGREGADOS**

Marília Silva Cavalcante

Jorge Luiz Valença Mariz

Artur Ângelo Alcântara de Assis

Suelen Silva Rocha

Júlio César de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.61720091112**

**CAPÍTULO 13..... 159**

**ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE RISCO DO TRABALHO EM UMA MINA DE AGREGADOS**

Débora Gomes Figueiredo

Jorge Luiz Valença Mariz

Robson Ribeiro Lima

Suelen Silva Rocha

Romildo Paulo Silva Neto

**DOI 10.22533/at.ed.61720091113**

**CAPÍTULO 14..... 174**

**VIRTUALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO: APLICAÇÕES NA GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO**

Adriano Macedo Silva

Carolina Martinez Vendimiati

Ricardo Egídio dos Santos Junior

**DOI 10.22533/at.ed.61720091114**

**CAPÍTULO 15..... 196**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA ABERTURA DE UMA EMPRESA JÚNIOR NA ÁREA DE GEOTECNIA NO CEFET-MG UNIDADE VARGINHA**

Emerson Ricky Pinheiro

Gustavo Ribeiro Paulino

Henrique Comba Gomes

Kezya Milena Rodrigues Pereira

Maria Rafaela da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.61720091115**

<b>CAPÍTULO 16.....</b>	<b>211</b>
<b>PRÁTICA PROFISSIONAL SUPERVISIONADA: FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM PROFISSIONAL TÉCNICA DE NÍVEL MÉDIO</b>	
Érica de Oliveira Araújo Nélio Ranieli Ferreira de Paula José Elias de Almeida José Vanor Felini Catânio Wagner Viana Andreatta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091116</b>	
<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>223</b>
<b>UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE EVENTOS EXTREMOS HIDROCLIMÁTICOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO</b>	
Maria Emanuela Lima Souza Cardoso Hernande Pereira da Silva Layane Maria Gomes de Lima Queylla Aparecida de Barros Oliveira Maria Aline Lopes da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091117</b>	
<b>CAPÍTULO 18.....</b>	<b>237</b>
<b>SYSTEMS CONCURRENT ENGINEERING TECHNIQUES APPLIED TO MAP AND TO MONITOR BRAZILIAN SHORE CORAL REEF BY USING A SATELLITE MISSION</b>	
Isomar Lima da Silva Geilson Loureiro José Wagner da Silva Andreia Sorice Genaro Samara de Toledo Damião	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091118</b>	
<b>CAPÍTULO 19.....</b>	<b>254</b>
<b>A ARTE DE ENGENHEIRAR NO PERÍODO DA PANDEMIA DE COVID-19</b>	
Maria Aridenise Macena Fontenelle Vinícius Navarro Varela Tinoco Leonardo Morais Silva Leandro Nogueira Valente	
<b>DOI 10.22533/at.ed.61720091119</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES .....</b>	<b>265</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>266</b>

# CAPÍTULO 1

## PROPOSTA DE TELHA SOLAR PLANA INCORPORADA À CONSTRUÇÃO

*Data de aceite: 01/11/2020*

### **Maria Magdalena Farina Martinez**

Universidade Federal da Integração Latino-  
Americana – UNILA  
Parque Tecnológico Itaipu – PTI – Foz do  
Iguaçu – Paraná

### **Ronald Moises Hug Rojas**

Universidade Federal da Integração Latino-  
Americana – UNILA  
Parque Tecnológico Itaipu – PTI – Foz do  
Iguaçu – Paraná

### **Matheus Vinicius Brandão**

Grupo de Pesquisa em Energia &  
Sustentabilidade – GPEnSE  
Universidade Federal da Integração Latino-  
Americana – UNILA  
Parque Tecnológico Itaipu – PTI – Foz do  
Iguaçu – Paraná

### **Oswaldo Barbosa Loureda**

Grupo de Pesquisa em Energia &  
Sustentabilidade – GPEnSE  
AcruX Aerospace Technologies  
Osasco – São Paulo

### **Oswaldo Hideo Ando Junior**

Grupo de Pesquisa em Energia &  
Sustentabilidade – GPEnSE  
Universidade Federal da Integração Latino-  
Americana – UNILA  
Parque Tecnológico Itaipu – PTI – Foz do  
Iguaçu – Paraná

**RESUMO:** A integração da energia solar fotovoltaica em áreas urbanas é uma alternativa ideal para a sociedade moderna, fazendo com que o próprio sistema de conversão se encontre no mesmo local de consumo, reduzindo o impacto e a ocupação de espaço para a produção de energia. Nesse cenário, este artigo apresenta o desempenho de um sistema solar integrado a um conjunto de telhas fazendo o papel dos módulos que realizam a conversão de energia fotovoltaicas nos telhados. O projeto foi desenvolvido mediante o processo de fabricação de um protótipo de “telha solar fotovoltaica” e consiste em testar a eficiência e a resistência mecânica de um novo material para uma aplicação de baixo custo, considerando os critérios técnicos, econômicos e ambientais. Especificamente, este estudo de caso atende células fotovoltaicas policristalinas existentes no mercado, com a intenção de otimizar a produção de tensão e potência de acordo com a combinação destas células em série, e telhas em paralelo. O desempenho deste sistema preliminarmente foi testado por um primeiro corpo de prova, representado numa amostra de telha nas dimensões e característica de uma convencional, com a diferença do material. A viabilidade econômica da proposta é avaliada com base na otimização no processo de coleta de energia. Finalmente, a análise leva em consideração que, no cenário econômico atual, o modelo da telha solar fotovoltaica, ainda não se mostra econômica e comparativamente muito atraente em relação a outras energias renováveis como a hidrelétrica, por exemplo, porém representa uma alternativa promissora para garantir o complemento de energia elétrica

e reduzir a contaminação ambiental gerado por outras fontes tais como as termelétricas, fazendo deste projeto uma opção mais conveniente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia solar, Telha solar, Células Fotovoltaicas, Econômico e Sustentável.

## PROPOSAL FOR FLAT SOLAR TILE INCORPORATED IN CONSTRUCTION

**ABSTRACT:** The integration of photovoltaic solar energy in urban areas is an ideal alternative for modern society, making the conversion system itself be in the same place of consumption, reducing the impact and the occupation of space for energy production. In this scenario, this article presents, the performance of a solar system integrated into a set of tiles playing the role of the modules that perform the conversion of photovoltaic energy in the ceilings. The project will be developed through the manufacturing process of a prototype of “solar photovoltaic tile” and consists of testing the efficiency and resistance of new material for a low-cost application, considering the technical, economic, and environmental criteria. Specifically, this case study addresses polycrystalline photovoltaic cells on the market, intending to optimize the production of voltage and power according to the combination of these cells in series, and tiles in parallel. The performance of this system was first tested by a first specimen, represented in a tile sample in the dimensions and character of a conventional one, with the difference in the material. The economic viability of the proposal is evaluated based on the optimization of the energy collection process. Finally, the analysis takes into account that, in the current economic scenario, the solar photovoltaic tile model is not yet economically and comparatively very attractive about other renewable energies such as hydroelectric, for example, but it represents a promising alternative to guarantee the complement of electric energy and reduce the environmental contamination generated by other sources such as thermoelectric, making this project a more friendly and convenient option.

**KEYWORDS:** Solar energy, Tile, Photovoltaic cells, Economic and Sustainable.

## 1 | INTRODUÇÃO

A energia solar é considerada uma fonte de energia “inesgotável”, o sol representa a maior parte da energia que o planeta Terra recebe. Segundo um estudo da (PEKING UNIVERSITY, 2004), o sol é responsável por transmitir à terra cerca de 173300 TW em termos de energia. A maior parte dessa energia é refletida, e apenas uma fração muito pequena é absorvida e transformada em processos terrestres. Isso demonstra como a energia solar é minimamente aproveitada pelos processos artificiais existentes, como a energia solar por exemplo. Esta fonte de energia inextinguível propõe um desenvolvimento sustentável e com baixo impacto ambiental. De acordo com (DAVIES, FRISSE, BRANDÃO, 2018), a energia solar, no Brasil, representa apenas uma fração pequena na matriz elétrica, como se observa na Fig. 1.



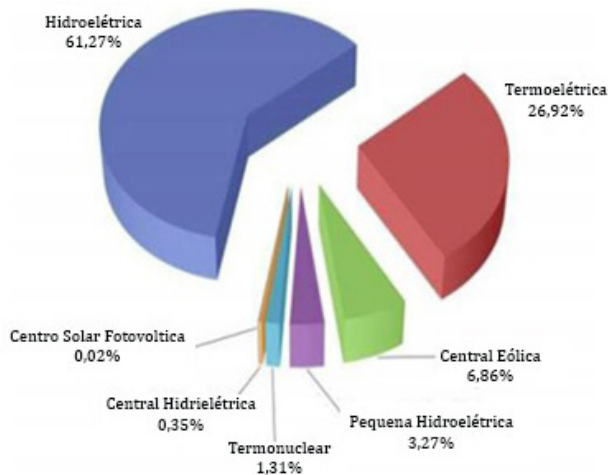


Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira no Ano 2017.

Fonte: ABES apud ANEEL, 2017.

Isso se deve principalmente ao custo e pouca praticidade de instalação dos atuais mecanismos de conversão de energia solar tais como os painéis solares e as plantas térmico-solares. Esses percalços impedem a ampla utilização da energia solar pela população e faz com que esta fonte esteja disponível apenas para uma pequena parte dela.

Levando em conta esses fatos apresentados, mostra-se viável a criação de novas tecnologias que possam aumentar a acessibilidade e efetividade da energia solar com ajuda de uma redução de custos e o incremento da praticidade dos equipamentos necessários. Uma dessas tecnologias que está mostrando-se promissora são as telhas solares.

No estudo realizado, o enfoque se centra no efeito fotoelétrico, através do desenvolvimento de um protótipo de “telha solar ou telha fotoelétrica”.

Diferentemente da energia provinda das hidrelétricas, gerada pelo potencial hidráulico de rios, e que demanda de grande espaço territorial, as placas solares fotovoltaicas necessitam também de um espaço físico, porém bem menor, pois geralmente são instaladas nos telhados residências. Isto se dá para que se possa obter um melhor aproveitamento e captação da luz solar, não destruindo o solo e nem contaminando rios. Atitude que colabora para a diminuição do impacto negativo no meio ambiente (MENDES; JÚNIOR-ERTHAL; HOSKEN, 2013).

Com o objetivo de aproveitar o espaço físico das residências e a possibilidade de absorção de luz solar ao longo do dia, foi desenvolvido este estudo de caso, cuja pretensão é a montagem e teste de uma telha com vantagens econômicas para a reprodução em grande escala, mantendo os padrões de leveza e resistência em relação ao material de base, e, sobretudo, maior eficiência na microgeração de energia solar fotovoltaica.

Logo, o presente projeto apresenta o processo de fabricação e caracterização de um protótipo de telha solar fotovoltaica, desenvolvido a partir de uma nova aplicação de um material já existente no comércio em conjunto com elementos existentes no mercado, tendo como objetivo testar a eficiência e custo das células fotovoltaicas, dureza e resistência do novo material de base, maximizar a área útil do protótipo, e minorar recursos e processos de alto impacto ambiental, recriando assim uma nova arquitetura para os telhados a partir de um material mais leve, com o fim de evitar sobrecargas mecânicas.

## 2 | MATERIAIS E METODOS

Nesta seção descrevem-se os materiais utilizados para o processo de fabricação da telha solar descrevendo as principais características e parâmetros dos componentes que compõem a telha solar.

A seguir, apresentam-se em detalhe os principais componentes do protótipo de telha solar que são: (i) Desenvolvimento da Telha, (ii) Células Fotovoltaicas, e (iii) Caixa de Junção e Conexão.

**Material base da telha:** As placas de poliestireno extrudado (XPS) são feitas de espuma de poliestireno rígido (PS) com uma estrutura celular forte e homogênea, apresentando características de alta durabilidade. Este material possui excelentes propriedades de isolamento térmico, conforto acústico, impermeabilidade, resistência mecânica (entre 200 kPa e 700 kPa) e gradientes climáticos, proporcionando uma vida útil mais longa em aplicações mais diversas. Além de se mostrar como um material muito leve e de fácil manuseio e manutenção, também se exhibe simples para a instalação. As placas do XPS tem uma espessura de até 50 mm, e passam por um processo de usinagem para a criação da telha, que será detalhado no decorrer desta seção.

**Células Fotovoltaicas:** As células fotovoltaicas utilizadas no projeto foram as células de silício policristalinas, sendo que estas se encontram mais acessíveis no âmbito de produção e venda no mercado, quando comparadas com as células monocristalinas, já que se mostram menos eficientes, porém apresentam um melhor desenvolvimento de geração de energia elétrica, ao serem acopladas em série. No processo de montagem das telhas, foram acopladas ao todo 60 células de silício policristalino no espaço da cavidade desenhada para esta ação, ocupando uma área de 52 x 26 mm<sup>2</sup> cada uma. O modelo de célula fotovoltaica escolhida para o projeto foi a da empresa AIYIMA (vide Fig. 2). Os dados técnicos da célula fotovoltaica utilizada são: potência individual de 0,25 W e tensão de 0,5 V.

**Caixa de Junção e conexão:** Neste equipamento se encontram presentes os elementos de proteção dos módulos, (que serão formadas com o conjunto de telhas), tais como diodos, interruptores, fusíveis e outros elementos, tendo por finalidade a união das células de carga do sistema de telhas solares, fazendo o trabalho de mediador do

sinal até o microinversor. Para o projeto utilizou-se uma caixa de junção para o protótipo de prova (no caso de reprodução em grande escala, seriam necessárias mais caixas de junção, dependendo da quantidade de telhas fotovoltaicas utilizadas no sistema) da qual se direcionam os cabos de transmissão para o microinversor.

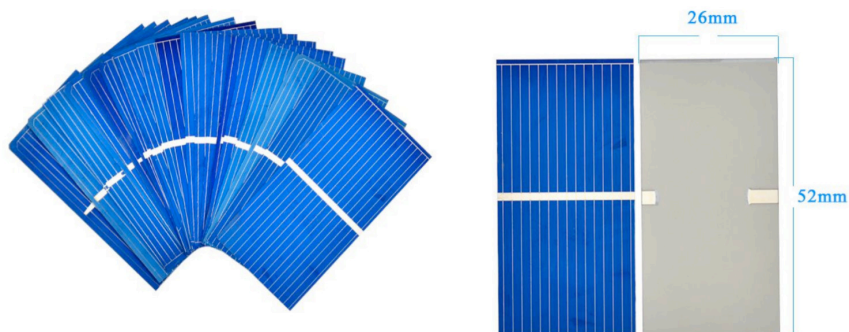


Figura 2 – Célula Fotovoltaica Policristalina Utilizada.

Fonte: AIYIMA.

## 2.1 Dimensionamento da Telha Solar

A ideia das dimensões foi retirada das medidas e características de uma telha convencional, de maneira a facilitar o manuseio e encaixe da mesma, nos telhados de residências já concebidas. Antes de escolher-se o modelo, foram analisadas as normas que regem as análises detalhadas dos princípios básicos de telhados convencional, de maneira atender os requisitos da norma.

Logo, o enfoque foi dirigido para a praticidade de um sistema telha e área, de maneira a um melhor aproveitamento de espaço possível para a fixação das células fotovoltaicas, pelo qual foi escolhido este modelo apresentado na Fig. 3, com um design excelente que favorecem e simplificam o processo de usinagem, assim como para serem aproveitadas em relação as dimensões mais abrangentes de área.

O design 3D da telha foi realizado no *software Solidworks*, com o modelo e todas as características e dimensões do protótipo da telha, para o processo de usinagem da mesma, por outra parte o design 2D foi redesenhado no AutoCAD nas medidas exatas de uma telha plana normal como se observa na Fig. 3 com as células fotovoltaicas inseridas.

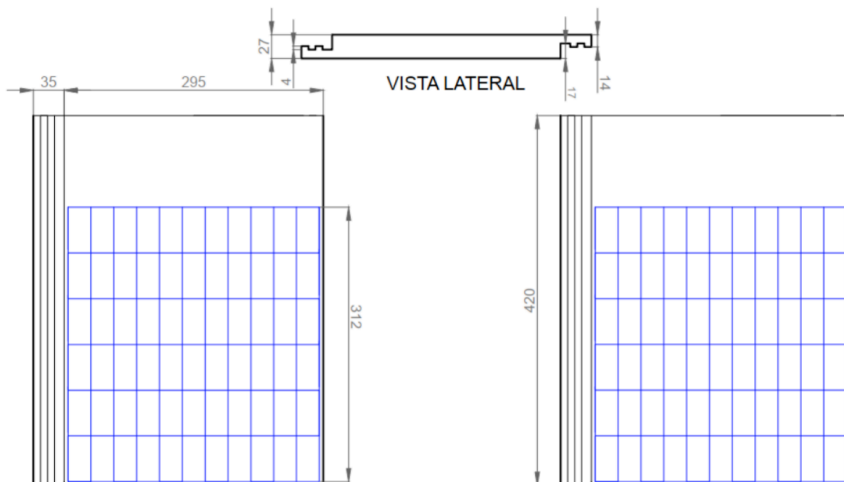


Figura 3 - Desenho da Telha Solar com as Células Fotovoltaicas.

Fonte: Do Autor.

No decorrer desta subsecção descrevem-se o processo de fabricação e suas etapas resultando no protótipo da telha solar fotovoltaica.

### 2.1.1 Usinagem e Montagem da Parte Estrutural

A usinagem foi realizada em uma fresadora CNC. Uma empresa profissional de usinagem foi contratada para a realização deste serviço. Segundo a empresa, levando em consideração o setup e ajustes da máquina, o processo de usinagem de 3 unidades de telha, demandaram 4h no processo de confecção, porém o tempo médio de usinagem de cada telha, seria de aproximadamente 5 min. O design 3D foi entregue no formato *Solidworks* para a empresa, como mencionado anteriormente. O nível de acabamento da telha foi suficiente para a construção do nosso protótipo, contendo as características necessárias para o avanço na montagem, o qual procederia com a fixação e solda das células dentro do protótipo.

O processo de soldagem foi realizado no laboratório da ACRUX, onde cada célula foi estanhada por partes, primeiramente na parte traseira e frente de cada uma delas, para facilitar a soldagem dos fios de conexão e posteriormente na união do conjunto de células. Se teve que reduzir o número de células por bloco para liberar espaço nos barramentos de “*buswire*” que são soldados em cada terminal das linhas de 10 células conectadas em série.

Ao finalizar este passo de soldagem, se prosseguiu ao anexo do conjunto de cada fileira de células dentro do protótipo da telha, assim, conseguiu-se introduzir 60 células

por bloco em vez das 66 planejadas inicialmente, encaixando perfeitamente no espaço reservado na superfície da telha. Seguidamente as telhas ficaram prontas para a aplicação do revestimento de proteção.

### 2.1.2 Acabamento e Proteção Superficial da Telha Solar

Para o revestimento, foi utilizada a resina epóxi transparente com proteção UV 4231 da empresa “*Redelease*”. Escolheu-se essa resina por ser a resina com maior transparência e resistência 60 vezes maior ao amarelecimento. Para o processo de preparo, se utilizou aproximadamente 450 g no total de resina (320 g de resina e 137 g de endurecedor) respeitando a proporção de 100:43, das instruções de preparo.

Logo de realizar a mistura, até o ponto de deixá-la bem homogênea, a mesma foi espalhada cuidadosamente sobre as células, de maneira a cobrir a maior área possível da superfície do protótipo, revestindo totalmente as fileiras das células fotovoltaicas. Este processo é um dos mais delicados, além do procedimento de solda, porque aqui as células tendem a estarem muito frágeis e quebradiças, neste processo de espalhamento, tem-se que tomar muito cuidado ao aplicar a resina, pois o escoamento deve ser homogêneo e laminar nas superfícies das células, já que estas podem quebrar por se encontrarem sem cobertura ou com bolhas. Caso alguma célula sofrer fissuras, toda a fileira de células deverá ser trocada.

Enquanto despejava-se a resina, uma pequena pressão manual era gerada sobre as células para liberar o ar preso de maneira a evitar a formação de bolhas entre as conexões e cantos, que seriam prejudiciais na hora de realizar os ensaios, já que estes atrapalhariam os procedimentos de proteção UV e a resistência mecânica mediante a golpes.

Após, a telha foi posicionada em um nível uniforme (sem inclinações) e foi deixada no repouso horizontal para curar a resina até o dia seguinte, onde se fizeram novamente as respectivas verificações e alguns primeiros testes de medidas de tensão. Apresentando todas as características de cura, em processo, e geração de energia sem manifestação alguma de possíveis anomalias.

E finalmente o protótipo já se encontrava pronto para prosseguir. Antes, claro, respeitando o tempo de solidificação total da resina, que teve uma duração de aproximadamente 7 dias. Na imagem a seguir pode-se observar o resultado final da telha uma vez finalizado o processo de cura, onde já se encontraria pronta para começarem a se realizarem os ensaios e testes possíveis.

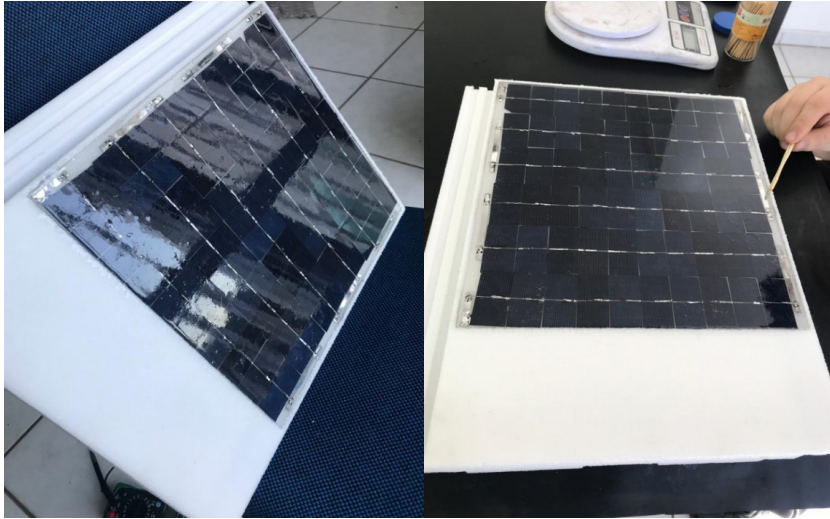


Figura 4 – Demonstrativo do Protótipo da Telha Solar Desenvolvido.

Fonte: Do Autor.

### 3 | ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

No intuito de verificar a funcionalidade do sistema realizaram-se ensaios de campo que visa analisar o potencial de captação da luz solar e sua conversão em energia elétrica. Além das verificações referente a questão estrutural da telha solar, como por exemplo, ensaio de resistência mecânica e isolamento térmico por parte da resina de proteção, em diferentes condições de operação, visando simular as distintas incidências do sol durante o dia e ano.

Para isto, várias capturas se obtiveram com uma câmara termográfica de alta resolução, estas técnicas foram feitas com o objetivo de mapear como é a distribuição de calor ao longo das dimensões da telha.

Em seguida, foram realizados ensaios de resistência mecânica, por meio de aplicação de forças nas laterais e centro da telha, igualmente como simulações de granizo foram jogadas pedras pequenas no protótipo, as quais não apresentaram alteração nenhuma.

Por outro lado, os testes de impermeabilidade, foram realizados com ajuda de líquidos espalhados na superfície da resina, assim como a do XPS, não apresentando acréscimo no valor de massa significativo pela retenção de líquidos em sua estrutura. Desta forma, a telha solar apresenta resultado satisfatórios neste quesito sem alterar o revestimento, as células fotovoltaicas demonstrando ser um produto viável.

### 3.1 Características Técnicas da Telha Solar

A telha resultante possui uma massa de aproximadamente 700 g. Inicialmente, o objetivo era obter uma massa de pelo menos 1,5 kg. O número de células distribuídas na telha diminuiu de 66 para 60 devido ao espaço e às conexões elétricas entre as mesmas.

Por outro lado, a tensão máxima obtida por telha foi de 33 V, sem aplicações de nenhuma carga elétrica, medidas com ajuda do multímetro. Como foi dito inicialmente, seria mais conveniente, aplicando o método das conexões em série para o caso das células na telha como se observa na Fig. 5(a), em conjunto com as telhas em paralelo como se pode observar na Fig. 5(b). A fiação em paralelo aumenta a saída da corrente, mantendo a mesma voltagem, por outra parte, a fiação em série aumenta a tensão que é o objetivo de saída de cada telha.

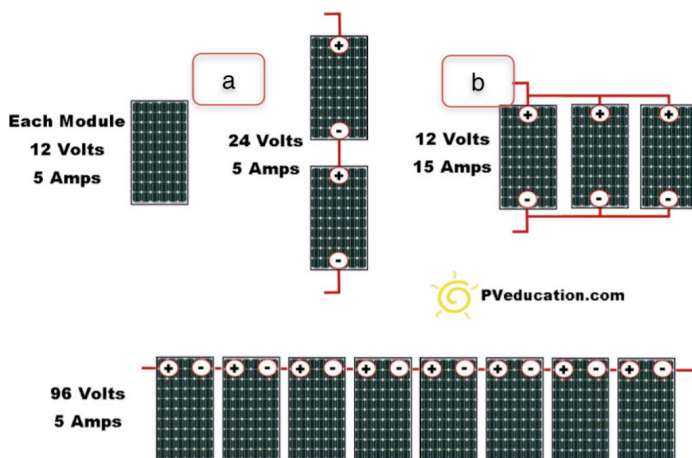


Figura 5 – Demonstrativo da Configuração de Conexões em Série e em Paralelo.

Fonte: HOWELL, M. 2014.

### 3.2 Validação Experimental da Telha Solar

As medições foram realizadas em um dia de sol com temperatura entre 12° e 26°C. A telha foi colocada sobre um suporte em um local iluminado, sem sombras que pudessem interferir, em conjunto a uma conexão de um pequeno circuito em série com uma carga de 60 ohms. Para esta ação, se utilizaram 6 resistores em séries de 10 ohms cada, de acordo com o circuito elétrico simplificado na Fig. 6.

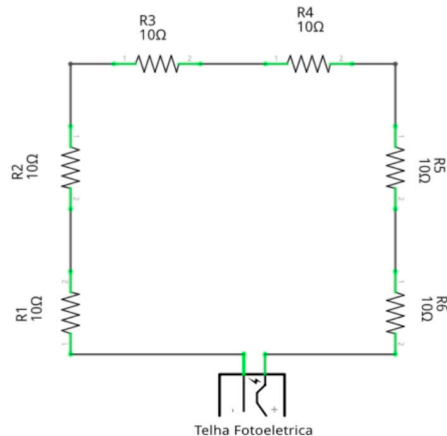


Figura 6 – Demonstrativo do Circuito Elétrico Simplificado do Ensaio.

Fonte: Do Autor.

As medições foram realizadas a cada uma hora, das 10:00 às 16:00 horas, empregando um multímetro e uma câmera de imagem térmica. Este procedimento foi reproduzido por uma semana, onde foi retirada uma média das medidas tomadas. A Tabela 1, a seguir mostra os valores medidos.

Tensão (V)	Corrente (A)	Temperatura (°C) (min - máx)	Hora
14.3	0.24	40-50	10:00
15.2	0.25	48-60	11:00
17.1	0.29	51-65	12:00
16.5	0.27	52-68	13:00
15.5	0.25	54-70	14:00
12.6	0.21	58-72	15:00
14.7	0.24	51-68	16:00

Tabela 1 – Demonstrativo dos Resultados dos Testes sob Incidência Solar.

Fonte: Do Autor

Seguidamente, na Fig. 7 apresenta-se o resultado da captura realizada com a câmera termográfica descrita anteriormente nesta seção, com a qual se obteve os resultados das medidas em relação a temperatura.



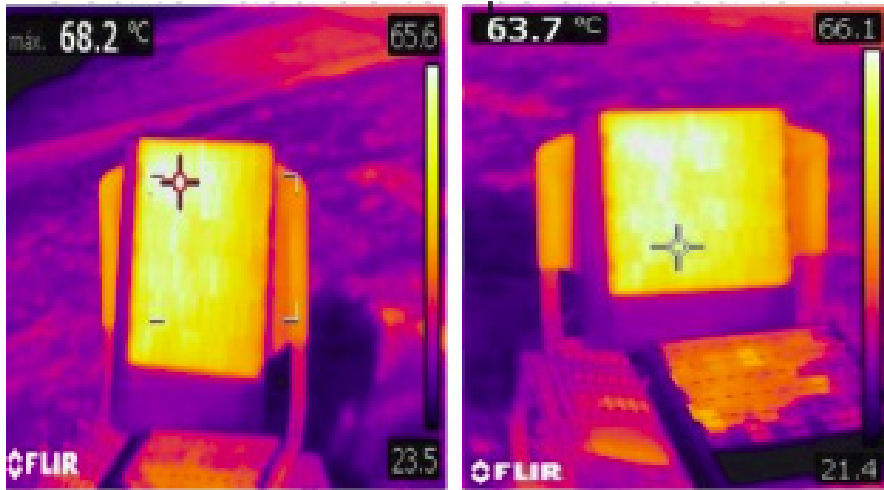


Figura 7 – Demonstrativo da Temperatura da Telha Solar sob Ensaio

Fonte: Do Autor.

### 3.3 Desempenhos Elétrico e Térmico da Telha Solar

A corrente máxima que se conseguiu obter foi de 0,29 A, a uma tensão de 17,1 V. Portanto, uma potência de aproximadamente 5 W. Cabe ressaltar que essa não é a corrente máxima do sistema, pois o teste foi feito com uma resistência equivalente de 60 ohms. Caso o teste fosse realizado em curto circuito, a corrente tenderia a ser maior.

A temperatura é um fator decisivo na produção de energia, como pode ser visto, a baixa produção com o aumento da temperatura, sendo que a menor corrente ocorreu durante o pico da temperatura; 72 °C na resina. O material da telha como um bom isolante foi mantido à temperatura ambiente. Cabe enfatizar que também se fizeram medições comparativas com uma telha sem resina, e não foi possível notar diferença de corrente ou tensão, pois a resina não interfere no processo de produção de energia. Por outro lado, o revestimento aumenta a resistência ao impacto, facilitando a manipulação da telha solar.

### 3.4 Análise Econômica e Ambiental

Como o trabalho se projeta para o consumo familiar, que represente a acessibilidade econômica e social, ao mesmo tempo em que se busca obter uma fonte de energia limpa, utilizando uma das energias renováveis mais abundantes no planeta e considerando as especificações das seções anteriores, um material que se adequa a tais propostas é escolhido. Este protótipo cumpre com os objetivos socioeconômicos para um produto direcionado a Classe C e B. No entanto, a pesquisa ainda necessita de avançar para que se possa obter um produto que seja mais atrativo economicamente para que possa ser amplamente disseminado no mercado.

Portanto, destaca-se que um dos objetivos deste projeto foi obter um protótipo que mostra que essas características estabelecidas são possíveis, demonstrando um impacto ambiental favorável em todos os sentidos, assim como acessibilidade econômica na reprodução a grande escala. A seguir se mostra, na Tab. 2, o custo resumido dos materiais utilizados para a manufatura de uma telha solar fotovoltaica.

<b>Descrição</b>	<b>Custo (R\$)</b>
60 células Solares	25,00
Material XPS	20,00
300 g de Resina UV	36,00
Usinagem de 1 telha	70,00
Estanho de solda e “Bus wire”	16,00
<b>TOTAL</b>	<b>167,00</b>

Tabela 2 - Custos para Manufatura de uma Telha

Fonte: Do Autor.

De acordo com a análise dos dados apresentados na Tab. 2, observa-se que os itens que apresentam maior custo são a usinagem da telha e a resina UV. A usinagem trata-se de um processo delicado que neste caso envolveu softwares de modelagem para maior precisão, visto que as características e detalhes específicos de uma telha convencional deviam ser recriadas, como seriam as pequenas concavidades nos suportes que servem para encaixar umas com outras, necessárias para adequação das telhas a padrões de fábrica facilitando o caso de serem reproduzidas em um futuro, por tanto, se obteria um resultado melhor se confeccionar telhas com áreas de cobertura maiores por unidade bem como outros processos de manufatura, como a injeção plástica ou conformação a quente, com este material.

#### **4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O desenvolvimento do projeto possibilitou a realização experimental de uma telha solar que pode vir a se tornar uma peça de grande importância no âmbito da disseminação das energias renováveis incorporada a residências unifamiliares. Tal proposta foi realizada por meio de um estudo de estruturação de um sistema de telhas para residências considerando a realidade da América Latina.

De uma forma geral, o protótipo da telha solar se mostrara adequado e funcional dentro dos padrões, demonstrando poucas deficiências. Sendo que os resultados se manifestaram promissores para continuidade do estudo, como foram o caso da resistência do material XPS e da resina, por outra parte que no começo se mostrava pouco adequada

para a proteção das células, e que nos testes se revelaram perfeitas. E por fim, a própria telha que superou todas as expectativas da equipe.

Na questão de rendimento elétrico, os resultados gerados quando submetido aos testes, apresentaram um rendimento favorável em relação a tensão produzida em série, atingindo até 30 V por telha quando disponível uma alta incidência solar, sem aplicação de cargas. No entanto, aplicando as cargas resistivas associadas em série atingiu-se 17,1 V com uma corrente de 0,29 A, resultando uma potência de 5 W, valor este que ainda se mostra no intervalo esperado, aplicado às cargas de valores menores, demonstrando um rendimento de aproximadamente  $61,637 \text{ W/m}^2$  de potência total produzida sobre a superfície do protótipo fabricado. Sendo estes valores relativamente baixos devido a qualidade das células do fornecedor da empresa AIYIMA, no entanto apresentando uma potencia suficiente para o especificado inicialmente nos objetivos do projeto.

Após a captação de dados, notaram-se alguns pequenos inconvenientes, como o caso da análise econômica, fator importante na gestão do projeto. Como foi mencionado durante este trabalho, o fato mais significativo se centra na inexistência de um processo industrial já concebido, que seja específico para o projeto em si, isto ajudaria a garantir um baixo custo econômico, representando um sistema de telhas solares ainda mais rentável. A produção a grande escala, obviamente, ofereceria outros valores, com tendência de diminuição dos preços de manufatura e de insumos.

Outro ponto importante de atenção quanto a alcance de energia elétrica, foi a falta de testes com um conjunto de telhas maior, que ao serem realizadas com certeza teriam um resultado mais significativo, sobretudo se aplicado a conexão das telhas em paralelo, porém, tal representação de esquema se espera ter captado com o análises de este estudo.

Por fim, destaca-se que o dispositivo manteve sua integridade sendo de grande ajuda na geração de informações preliminares para a continuidade dos desenvolvimentos experimentais para o grupo de pesquisa em Energia & Sustentabilidade Energética na busca de uma tecnologia nacional de geração solar fotovoltaica incorporada à construção que seja compatível com a realidade socioeconômica do Brasil e da América Latina.

## **AGRADECIMENTOS**

Esta pesquisa conta com o apoio e fomento do Programa Institucional Agenda Tríplice (Edital PRPPG 137/2018) da Universidade Federal de Integração da América Latina (UNILA), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (N° 307223/2017-5 e N° 407531/2018-1) e do projeto de pesquisa P&D COPEL 2866-0452/2016. Os autores, em nome do Grupo de Pesquisa em Energia e Sustentabilidade Energética - GPEnSE, agradecem pelo apoio e fomento.

## REFERÊNCIAS

ABES., 2017. Atlas brasileiro de Energia Solar. Disponível em: <[http://ftp.cptec.inpe.br/labren/pub/livros/Atlas\\_Brasileiro\\_Energia\\_Solar\\_2a\\_Edicao.pdf](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/pub/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf)>. Acessado em: 14 jul. 2020.

Chen, G. Q. Exergy consumption of the earth. *Ecological Modelling*, 184(2–4), 363–380, 2005.

DAVIES, F. S.; FRISSE, G. L.; BRANDÃO, M. V. A Utilização Do Silício Nacional Para A Fabricação De Placas Solares: Uma Reflexão Das Dificuldades Tecnológica E Financeira. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, Gramado, 2018.

DUPONT, F. H.; GRASSI, F.; ROMITTI, L. Energias Renováveis: Buscando por uma Matriz Energética Sustentável. *Reget/usfm: revista eletrônica em gestão educação e tecnologia ambiental*, Santa Maria, 2015.

FINDER. Findernet Componentes Ltda (Org.). O Mundo Sustentável das Energias Renováveis. São Caetano do Sul, São Paulo.: White Paper, 2011.

GÁMEZ, J. C. M. Diseño y Construcción de un Panel Solar en Altamira. *Pistas Educativas*, vol. 38, no 124, 2017.

GETTINGER, J. D. Mecanismos para desplegar y accionar cuerpos aerodinámicos en vehículos aéreos no tripulados. Patente de Estados Unidos N° 8.946.607, 2015.

HOWELL, M. Director of Asset Management at C2 Energi Capital, Baltimore, Maryland – Pveducation.com, 2014.

LEÓN, E. Z.; CUEVAS C. B. “Adaptability of Photovoltaic Mono-Polycrystalline Solar Panels and Photovoltaic Roof Tiles on Dwelling Roofs of Real Estate Developments.” *Revista de La Construcción*, 2019.

MENDES L. F. R.; JÚNIOR M. E. ; HOSKEN L. A. L. Seleção de sistema de fornecimento de energia elétrica para propriedades rurais litorâneas localizadas no Norte do Estado do Rio de Janeiro. *Revista eletrônica Produção & Engenharia*, 2013.

ROMERO, J. C. Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. Tesis de Maestría. Universitat Politècnica de Catalunya, 2015.

SÁNCHEZ, C. P. Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica Aplicados a Viviendas Residenciales en Entorno Urbano, Universidad Nacional de Andalucía, 2010.

SOUZA, R. Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica - Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares. Bluesol 114, 2016.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abordagem Sistêmica 119, 120, 121, 131

Agregados 12, 16, 61, 62, 69, 71, 72, 73, 79, 83, 85, 86, 87, 103, 104, 105, 117, 119, 121, 145, 148, 158, 159, 161

Agropecuária 211, 212, 213, 214, 217, 218, 219, 222

Análise de Risco 117, 145, 147, 150, 154, 157, 158

Arte 212, 254, 255, 256, 263, 264

### B

BIM 174, 175, 178, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 262

### C

Células Fotovoltaicas 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8

Construção Civil 15, 16, 24, 25, 62, 63, 69, 72, 73, 79, 83, 85, 86, 87, 103, 104, 105, 117, 148, 150, 159, 161, 174, 181, 192, 254, 255, 258, 260, 262, 263

### D

Desmonte 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 83, 112, 119, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 152, 168, 169, 170

Dimensionamento 5, 69, 145, 147, 148, 157, 158, 196

### E

Economia 16, 18, 42, 58, 69, 72, 75, 76, 86, 131, 147, 172, 198, 212, 232, 259

Edificações 15, 16, 17, 28, 29, 40, 148, 175, 177, 178, 180, 181, 192, 194, 198

Empresa Junior 198, 199

Energia Solar 1, 2, 3, 14

Engenharia Civil 41, 133, 138, 185, 194, 197, 254, 256, 258, 263

Equipamentos 3, 29, 53, 55, 58, 59, 63, 64, 65, 69, 74, 75, 80, 81, 82, 84, 85, 119, 122, 133, 134, 135, 138, 145, 146, 147, 148, 149, 152, 153, 156, 157, 162, 164, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 188, 189, 190, 199, 200, 203, 206, 207, 209

Etanol 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

Eventos Extremos 223, 224, 225, 227, 228, 229, 230, 233, 234, 235

Explosivos 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 75, 119, 123, 131, 132, 164, 168, 170

## **F**

Fluxo de Caixa 71, 72, 73, 76, 77, 79, 84, 85, 86, 87, 90, 150

Formação Técnica 211, 213, 218

## **G**

Geodésico 133, 134, 135, 138

Geotecnia 12, 196, 197, 199, 200

Geotecnologias 223, 225, 235

Gestão de Projetos 174, 181

GNSS 133, 134, 135, 138, 139, 142, 143, 144

Granulometria 62, 119, 121

## **I**

Impactos Ambientais 53

Interdisciplinaridade 211, 213, 216, 217, 221, 222

## **L**

Lajes 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 28

Lavra 62, 69, 73, 74, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 97, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 145, 146, 147, 149, 157, 158, 164, 166, 168, 170

## **M**

Macizo Rochoso 71, 72, 73, 80, 81, 85, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 115, 116, 117, 121, 130

Manutenção 4, 27, 28, 29, 30, 39, 40, 53, 55, 56, 59, 64, 67, 122, 164, 165, 167, 170, 180, 185, 190, 191, 194, 199, 206, 207

Mapa de Risco 12, 159, 161, 165, 166, 170, 171, 172

Marquises 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 39, 40, 41

Mineração 12, 61, 62, 71, 72, 73, 74, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 91, 102, 103, 104, 105, 107, 117, 118, 120, 121, 132, 145, 148, 158, 159, 160, 165, 172, 173

Mineral 61, 69, 72, 73, 74, 75, 86, 87, 88, 89, 92, 93, 94, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 111, 116, 117, 118, 158, 159, 160, 161, 171, 172, 173

Mobilidade Urbana 42, 43, 44, 45, 49, 51

## **O**

Otimização 1, 51, 119, 120, 121

## **P**

Pandemia 254, 256, 257, 258, 263

Pedagogia 222, 254, 255, 263

Pedreira 61, 63, 64, 65, 81, 84, 105, 106, 119, 122, 125, 127, 132, 148, 150, 152, 157, 159, 161, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 171, 172

Planejamento 86, 88, 103, 104, 105, 117, 145, 160, 173, 176, 177, 178, 182, 185, 187, 212, 220, 225, 236, 256, 265

Poluentes 27, 53, 54, 55, 57, 59, 60

Posicionamento 18, 22, 123, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 187, 189

Prática 44, 78, 144, 172, 191, 192, 197, 198, 211, 212, 213, 214, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 256, 257, 258, 263

Processo Construtivo 15, 16, 20, 21, 24, 198

## **R**

Recursos Hídricos 223, 224, 225, 227, 235

Rochas 61, 62, 83, 94, 103, 105, 119, 121, 122, 131, 132, 168, 169, 171, 197

Rompedor 61, 63, 66, 67, 68, 69

## **S**

Saúde 12, 160, 161, 162, 172, 173, 174, 175, 176, 180, 181, 193, 194, 224, 233, 256

Secundário 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 93, 94, 98, 169, 170

Segurança no Trabalho 160, 175, 176

Semiárido 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

Sequenciamento 103, 104, 105, 108, 109, 111, 112, 116, 117

Solo 3, 44, 63, 164, 196, 197, 200, 204, 206, 209, 235, 236

Sondagem 196, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 209, 210

Suframa 42, 44, 45, 46, 51, 52

Sustentável 2, 14, 53, 54, 71, 73, 105

## **T**

Taylor 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 102

Telha 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13

Teoria 74, 144, 211, 213, 216, 217, 222, 257

Topografia 63, 79, 110, 134, 135, 144, 148

## **V**

Viabilidade 12, 1, 24, 53, 54, 55, 59, 60, 64, 71, 72, 73, 74, 75, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 103, 104, 117, 145, 146, 148, 158, 179, 182, 186, 190, 191, 192, 196, 198, 199, 200, 208, 223

Vida Útil 4, 29, 34, 36, 53, 54, 64, 67, 71, 74, 79, 80, 81, 88, 89, 90, 91, 111, 117, 145, 146, 150, 175, 180, 206

## **W**

Waldorf 254, 255, 256, 263

## **Z**

Zona Rural 200



# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

# 2

[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) 

# ENGENHARIAS:

Metodologias e Práticas de  
Caráter Multidisciplinar

# 2

[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) 