



Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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

Prof. Dr. Antonio 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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

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. 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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

A642 A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-905-9

DOI 10.22533/at.ed.059201301

1. Construção civil – Aspectos econômicos – Brasil. I. Silva, Helenton Carlos da.

CDD 338.4769

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “*A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 19 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da engenharia civil, com aplicações do conhecimento da área em tecnologias inovadoras e em análise de características de materiais existentes ou novos, desenvolvido através do conhecimento científico.

Neste contexto, destaca-se que o mercado tem absorvido com afinco a demanda de inovação tecnológica surgida com o desenvolvimento do conhecimento científico na Engenharia Civil.

O conhecimento científico é muito importante na vida do ser humano e da sociedade, em especial na vida acadêmica, pois auxilia na compreensão de como as coisas funcionam ao invés de apenas aceita-las passivamente. Com ele é possível provar diversas coisas, tendo em vista que busca a verdade através da comprovação.

Possibilitar o acesso ao conhecimento científico é de grande relevância e importância para o desenvolvimento da sociedade e do ser humano em si, pois com ele adquirem-se novos pontos de vista, conceitos, técnicas, procedimentos e ferramentas, proporcionando a evolução na construção do saber em uma área do conhecimento. Na engenharia civil é evidente a importância do conhecimento científico, pois o seu desenvolvimento está diretamente relacionado com o progresso e difusão deste conhecimento.

O engenheiro civil é o profissional capacitado para resolver problemas, tendo uma visão ampla e conhecendo todos os detalhes e processos por trás de uma estrutura complexa e, além disso, é capaz de apresentar soluções práticas, pautadas no conhecimento técnico e científico.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados à aplicação do conhecimento científico na engenharia civil, compreendendo as questões do desenvolvimento de novos materiais e novas tecnologias, algumas baseadas na gestão dos resíduos, assunto de grande relevância atual. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

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

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

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
APRENDIZADOS NO ENSINO DE BIM EM UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA DE INTERIOR	
Leandro Tomaz Knopp	
Pedro Gomes Ferreira	
Bruno Barzellay Ferreira da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
AUTOMAÇÃO DE VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADES EM LICENCIAMENTOS DE PROJETOS EM BIM: UMA PROPOSTA PARA A GESTÃO PÚBLICA	
Denise Aurora Neves Flores	
Eduardo Marques Arantes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>31</b>
UM ESTUDO AUTOETNOGRÁFICO SOBRE A MONITORIA DA DISCIPLINA DE NOÇÕES DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIFESSPA	
Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira	
Eduarda Guimarães Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
GESTÃO DO CONHECIMENTO EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO NA COLÔMBIA: CASOS E TENDÊNCIAS	
Hernando I Vargas	
Arturo C. Isaza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>44</b>
NOVAS TECNOLOGIAS NO GERENCIAMENTO DE FACILIDADES? - UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
Marcus Vinicius Rosário da Silva	
Marcelo Jasmim Meiriño	
Gilson Brito Alves Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
CASA POPULAR EFICIENTE: ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA O PERÍODO DE INVERNO	
Rayner Maurício e Silva Machado	
Marcos Alberto Oss Vaghetti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013016</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>61</b>
AUTOMAÇÃO DE ÁRVORES SOLARES DE ALTA EFICIÊNCIA	
Hélvio Henrique Rodrigues	
Rogério Luis Spagnolo da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013017</b>	

<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>72</b>
ESTUDO DE CASO DE PAINEL SALVEOLARES SUJEITOS AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO DE VIBRAÇÕES EXCESSIVAS	
Iago Vanderlei Dias Piva	
Gustavo de Miranda Saleme Gidrão	
Danilo Pereira Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013018</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>79</b>
MINIGERADOR EÓLICO: INTRODUÇÃO AO USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Roberta Costa Ribeiro da Silva	
Daiane Caroline Wagner	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013019</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>86</b>
REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR: ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA	
Tháisa Mayane Tabosa da Silva	
Eduardo Cabral da Silva	
José Henrique Reis de Carvalho Tabosa	
Wilma de Oliveira Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>98</b>
SISTEMA DE CAPTAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA ATRAVÉS DE CONCRETO POROSO	
Ana Beatriz De Oliveira Silva	
Jonatha Roberto Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>102</b>
O USO DE GEOTECNOLOGIAS EM PERÍCIAS AMBIENTAIS: VANTAGENS E AVANÇOS TECNOLÓGICOS	
Giovanna Feitosa de Lima	
Ellen Kathia Tavares Batista	
Edson Alves de Jesus	
Nayara Michele Silva de Lima	
Barbara Alves Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>114</b>
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FIBRA DE POLIPROPILENO NA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO EM RELAÇÃO À RESISTÊNCIA À RETRAÇÃO POR SECAGEM	
Jonatha Roberto Pereira	
Mariana Cristina Buratto Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130113</b>	

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>120</b>
ESTUDO DA DOSAGEM DE CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE POLIAMIDA E POLIETILENO PARA UTILIZAÇÃO EM PAREDES DE CONCRETO	
Alexandre Rodriguez Murari Alysson Gethe Gonçalves de Oliveira Daiane Cristina Silva Fernandes Hagar da Silva Victor José dos Santos Baldan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>127</b>
UTILIZAÇÃO DE CHAMOTE COMO ADITIVO EM MASSAS DE CERÂMICA VERMELHA PARA A PRODUÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO	
Celiane Mendes da Silva Talvanes Lins e Silva Junior Erika Paiva Tenório de Holanda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>138</b>
AVALIAÇÃO DA DRENAGEM SUPERFICIAL DA RODOVIA ESTADUAL MA-315 QUE INTERLIGA O MUNICÍPIO DE BARREIRINHAS A PAULINO NEVES	
Jorcelan Pereira da Rocha Cláudio Sousa Ataíde Larysse Lohana Leal Nunes Leonardo Telles de Souza Pessoa Filho Fernando Vasconcelos Borba	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>151</b>
ANÁLISE DE PAVIMENTO FLEXÍVEL PELO MÉTODO PCI: ESTUDO DE CASO DE DOIS TRECHOS DA PE-112	
Thays Cordeiro dos Santos Maria Victória Leal de Almeida Nascimento Daysa Palloma da Silva Thaísa Mayane Tabosa da Silva Rodrigo Araújo José Henrique Reis de Carvalho Tabosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130117</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>163</b>
ESTUDO GRANULOMÉTRICO DA AMOSTRA DE SOLOS COLETADOS EM TERESINA-PI	
André Filipe Conceição Silva Álvaro Escórcio Dias Antônio Carlos Silva de Araújo Antonio Vinicius Bastos Teixeira Carlos Eduardo Rodrigues Leite Lívia Racquel de Macêdo Reis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130118</b>	

<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>169</b>
AVALIAÇÃO NÃO LINEAR DOS ESFORÇOS INTERNOS EM CONÓIDES CILÍNDRICOS Danielly Luz Araujo de Moraes DOI 10.22533/at.ed.05920130119	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>183</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>184</b>

## AUTOMAÇÃO DE ÁRVORES SOLARES DE ALTA EFICIÊNCIA

*Data de aceite: 11/12/2019*

*Data de submissão: 13/10/2019*

### Hélio Henrique Rodrigues

Departamento de Engenharia, Faculdades  
Metropolitanas Unidas – FMU

Rua João Soliman, 22, São João, Ferraz de  
Vasconcelos, São Paulo, SP

E-mail: helviohenriquerodrigues@hotmail.com

### Rogério Luis Spagnolo da Silva

Departamento de Engenharia, Faculdades  
Metropolitanas Unidas – FMU

Avenida Brigadeiro Luiz Antônio, 917, Bela Vista,  
São Paulo, SP

E-mail: rogerio.spagnolo@fmu.br

**RESUMO:** Atualmente, a crise energética tornou-se um dos motivadores da pesquisa tecnológica na área de energias renováveis visando à melhoria contínua da captação de energia através do uso de ferramentas e técnicas mais eficientes. A tecnologia apresentada possui como base a junção das seguintes tecnologias: árvores solares, que em suas configurações naturais possuem maior eficiência na captação energética quando comparados com os modelos planos de painéis solares, e um sistema de controle de rastreamento solar (sistema de posicionamento e orientação para melhor disposição e captação

de incidência solar). A pesquisa acadêmica apresentada neste projeto tem como objetivo buscar conhecimento nas áreas de estudo da automação sensorial, estudo de células solares flexíveis, aplicação de disposição e convexidade natural das folhas, montagem e elaboração de dispositivos, dimensionamento, projeto teórico e aplicação prática.

**PALAVRAS-CHAVE:** Árvore Solar, Automação, Automação de alta eficiência, Energia renovável.

### SOLAR TREE HIGH EFFICIENCY AUTOMATION

**ABSTRACT:** Nowadays, the energy crisis has become one of the motivators of technological research in renewable energy aiming at the continuous improvement of energy uptake using more efficient tools and techniques. The technology presented is based on the combination of the following technologies: solar trees, which in their natural configurations have greater efficiency in energetic capture when compared to the flat models of solar panels, and a control system of solar tracking (positioning and orientation system for better disposition and capture of solar incidence). The academic research presented in this project aims to seek knowledge in the areas of study of sensory automation, study of flexible solar cells, application of disposition and natural convexity

of the leaves, assembly and elaboration of devices, dimensioning, theoretical design and practical application.

**KEYWORDS:** Solar tree, Automation, High Efficiency automation, Renewable energy.

## 1 | INTRODUÇÃO

Em meio às tecnologias atuais, embora sejam renováveis (NETO, M. R., CARVALHO, P. C., 2012), existem pontos negativos como, por exemplo, as áreas de ocupação para implantação dos painéis solares na qual devem possuir uma localização plana e favorável para a sua implantação e eficiência na captação de energia.

O desenvolvimento de novas tecnologias, para que se tornem viáveis, acaba gerando um custo elevado dos equipamentos. Em função de novas técnicas de fabricação, os custos dos equipamentos vêm decaindo. Entretanto, as áreas para implantação dessas tecnologias, ainda é um fator decisivo tanto para usinas de grande porte quanto para as usinas de pequeno porte, (residenciais) sendo necessárias grandes áreas de ocupação para possuir uma eficiência alta na captação desta energia.

Baseado nestas premissas, o objetivo do projeto é desenvolver uma tecnologia mais compacta, reduzindo as áreas de ocupação e tornar mais eficiente para a captação desta energia de fonte renovável e inesgotável (RODRIGUES, H.H., 2016). As finalidades posteriores deste conjunto serão grandes, realizando a contribuição não somente com o meio ambiente na qual poderá ocorrer à redução na geração de resíduos na fabricação, visto que as áreas de ocupação serão bem inferiores às técnicas tradicionais, mas também a união de conhecimentos de áreas distintas contribuindo com o meio acadêmico.

Para realização da conversão de energia solar em energia elétrica, foram utilizadas células fotovoltaicas (LOPEZ, 2012) na qual possuem como base a conversão de energia térmica, obtida através da luz, em energia elétrica por meio de uma aplicação de calor em um elemento que possui uma constante dielétrica característica associada com a variação da temperatura. (Richard, 1963). Neste projeto, a configuração e disposição natural do protótipo já apresentaram ganhos significativos para captação de energia solar e, portanto, foram implementados juntamente com sensores fotossensíveis na qual realizaram a automação do sistema de orientação guiada.

## 2 | CONCEPÇÃO DIMENSIONAL E FUNCIONAL DO PROTÓTIPO

O dimensionamento e a construção do protótipo da árvore solar autônoma é

denominado **G.I.N.O**<sup>®</sup> (Galho Interativo de Navegação Orientada). Este projeto é classificado, segundo a Aneel, como micro geração distribuída. (ANEEL, 2012)

Para a construção e viabilização das simulações, o **G.I.N.O**<sup>®</sup> foi desenvolvido em escala reduzida 1:10 como um protótipo constituído de um único galho e seu dimensionamento, foram considerados as aplicações finais em escala real 1:1. A coleta de dados foi realizada somente com um único módulo de galho sendo comparado com um painel solar flexível montado na forma tradicional: em plano horizontal com posicionamento para melhor incidência solar.

Para realizar o dimensionamento empírico do sistema, foi realizado o levantamento técnico dos dados e das grandezas necessárias para o cálculo técnico do conjunto. O sistema foi dimensionado para atuar em conjunto com o fornecimento elétrico atual de uma residência de médio porte da região Sudeste do país com uma faixa de consumo energético de aproximadamente  $P_c = 341 \text{ kW/mês}$  conforme

**Tabela 1:**

Cargas na Rede	QTD.	Consumo (kW/h)	Tempo uso (h)	Ciclos (Dias)	Subtotal Consumo (kWh/Mês)	Total kW/Mês (kW/dia)
Lâmpadas Fluorescentes	5	0,12	6	30	108	<b>341 (11,3)</b>
Geladeira	1	0,03	24	30	19,44	
Micro-ondas	1	1,4	0,15	30	6,3	
Máquina de lavar 10 kg	1	0,8	1	8	6,4	
Chuveiro Elétrico	1	7,5	0,15	30	33,75	
Televisor LCD	1	0,22	6	30	39,6	
Console Videogame	1	0,27	2	30	16,2	
CPU Gamer alta performance	1	0,58	5	12	34,8	
Carregadores de Celular	2	0,08	2	30	9,12	
Fontes Uso Geral	2	0,25	4	30	60	

Tabela 1: Carga total / Curva de Carga

Para obter os dados de radiação solar desta instalação, foi realizado o levantamento através do site da Sundata ([www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)) que apresentou o resultado de medições de radiações solares para três localizações aproximadas conforme ilustrado na **Figura 2:**

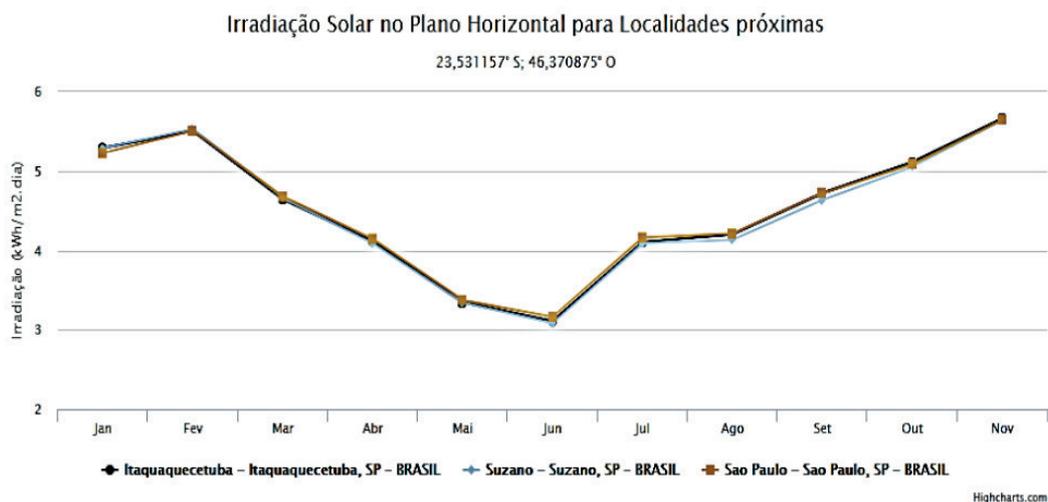


Figura 2 - Radiação diária média mensal para localidades próximas.

O sistema foi dimensionado para a menor faixa média de radiação solar anual para garantir o funcionamento pleno. Nesta condição, as possíveis perdas do conjunto do sistema fotovoltaico estão inseridas.

A **Tabela 2** ilustra as distancias e localidades escolhidas e a irradiação solar diária média:

Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> . dia]			
UF	São Paulo		
País	Brasil		
Estação	Itaquaquecetuba	Suzano	São Paulo
Latitude [°]	23,5° S	23,601° S	23,5° S
Longitude [°]	46,349° O	46,349° O	46,449° O
Distância[km]	4,1	8,1	8,7
Jan.	5,29	5,29	5,23
Fev.	5,5	5,53	5,51
Mar	4,64	4,66	4,68
Abr.	4,12	4,09	4,15
Mai.	3,35	3,34	3,38
Jun.	3,11	3,08	3,16
Jul.	3,23	3,21	3,26
Ago.	4,11	4,09	4,16
Set.	4,2	4,13	4,21
Out.	4,72	4,64	4,72
Nov.	5,11	5,05	5,08
Dez.	5,66	5,64	5,64
Média	4,42	4,39	4,43

Tabela 2 : Dados proximidades locais Radiação Solar

Para o cálculo das horas de sol pleno (HSP) na localização do protótipo, foi considerada a média aritmética dos valores obtidos nas três localizações aproximadas ilustradas na **Tabela 2**, é representada na equação (1):

$$HSP = \frac{3,11+3,08+3,16}{3} = \frac{3,12kWh}{m^2} \cdot dia \quad (1)$$

A equação (2) apresenta o cálculo da potência mínima do sistema instalado, sem a consideração das perdas energéticas para atender o consumo diário:

$$P_{min} = \frac{P_c}{HPS} = \frac{11,3}{3,12} = 3,62 kW \quad (2)$$

A equação (3) representa o objetivo de redução em 60% do consumo atual:

$$P_{min} = 3,62 \times 60\% = 2,17 kW \quad (3)$$

Para o dimensionamento do sistema de captação solar foram consideradas as perdas do sistema segundo a ELETROBRÁS/PROCEL, 2006. O sistema apresentou redução nas perdas devido às configurações dimensionadas realizando o aumento na captação energética, ilustrada pela **Tabela 3**:

<b>Tabela de Perdas (N<sub>rendimento</sub>)</b>		
<b>Fatores de Perda</b>	<b>Variação</b>	<b>Média</b>
<b>Sombreamento</b>	0,0 - 5,0%	<b>0%</b>
<b>Sujidade</b>	1,0 - 3,0%	<b>1%</b>
<b>Reflexão</b>	3,0 - 5,0%	3,00%
<b>Variação do espectro AM 1.5</b>	1,0 - 2,0%	1,50%
<b>Mismatch</b>	0,5 - 2,5%	<b>0%</b>
<b>Condições Diferentes dos Padrões de Teste</b>	4,0 -9,0%	6,00%
<b>Perdas c.c</b>	0,5 - 1,5%	0,70%
<b>Perdas na conversão de Energia</b>	0,5 - 3,0%	1,50%
<b>Perdas do inversor</b>	3,0 - 7,5%	5,00%
<b>Perdas Fiação Elétrica</b>	0,2 - 1,5%	0,50%
	<b>Total de perdas</b>	<b>19,20%</b>

Tabela 3: Tabela de Perdas

Para o sistema foram adotadas as menores faixas de valores de perdas em função das seguintes condições de ganho:

- **Sombreamento e Reflexão:** Conjunto proposto conta com dispositivo tipo Solar “*tracker*”, na qual os coeficientes de sombreamento e reflexão por luz difusa são corrigidos através do sistema de controle do módulo durante operação, a faixa estipulada da perda está em 0%;
- **Sujidade:** Configuração convexa do conjunto tende a possuir o menor acúmulo de sujeira no dispositivo, a faixa estipulada da perda está em 1%;
- **Mismatch:** O fornecedor do painel já informa a potência mínima de geração.

A **Figura 3** ilustra a vista panorâmica tridimensional do protótipo **G.I.N.O.<sup>®</sup>**:



Figura 3 - G.I.N.O.<sup>®</sup> 1,5kW - Vista Panorâmica.

A **Figura 4** ilustra a vista superior tridimensional do protótipo **G.I.N.O.<sup>®</sup>**:



Figura 4 - **G.I.N.O.<sup>®</sup>** 1,5kW - Vista Superior.

### 3 | DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO G.I.N.O®

O protótipo **G.I.N.O®** foi desenvolvido em escala 1:10, adequado tanto para a fabricação quanto para a coleta, levantamento e análise das medições de máxima radiação capturada. O conjunto das folhas solares contam com sistemas individualizados de orientação solar (*solar-tracker*).

Cada conjunto é composto de três servos motores que realizam a translação do posicionamento das folhas solares em função da variação dos sensores de captação de luz solar (LDR). Estes sensores estão dispostos e posicionados nos extremos da célula solar para melhor captação da incidência solar.

O sistema de cada folha solar é constituído dos seguintes componentes: célula solar, haste de sustentação, servo motor, sensores LDR e conexões elétricas. A **Figura 5** ilustra a montagem deste sistema:



Figura 5 - Protótipo Folha Solar.

Para o controle do conjunto das folhas foi utilizado o micro controlador Atmega328P integrado a plataforma Arduino Uno R3 para realizar a interface entre o micro controlador e os componentes elétricos da folha solar. O esquema elétrico do conjunto é ilustrado na **Figura 7**:

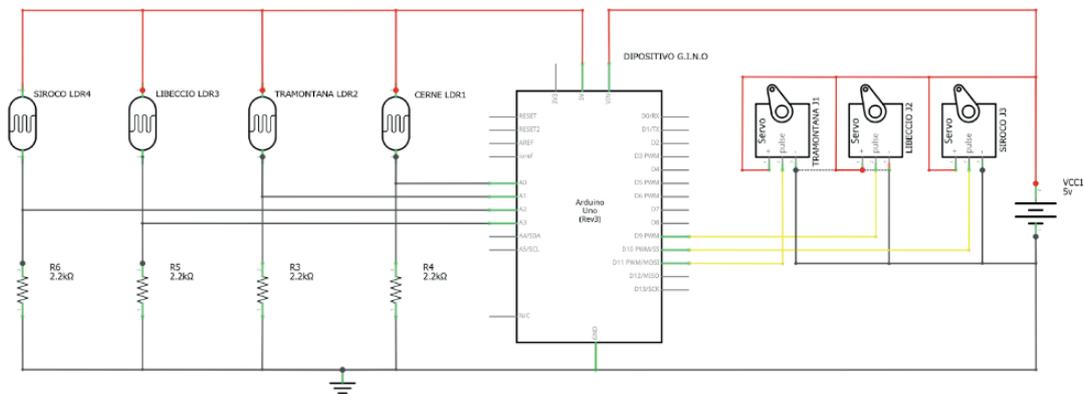


Figura 7 - Esquema Elétrico.

O micro controlador recebe as faixas de tensões analógicas emitidas pelos sensores LDR dispostos nas extremidades inferiores e superiores de cada módulo. Após a coleta dos valores é realizado o cálculo de posicionamento através do algoritmo de rastreamento no qual o controlador realiza a correção da posição dos módulos em função da maior irradiação solar lida pelos sensores, ampliando sua eficiência na captação de energia solar.

#### 4 | SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Para caracterização e verificação da eficiência, foram realizados testes funcionais com o sistema autônomo **G.I.N.O.**<sup>®</sup> e uma célula solar montada com características tradicionais: montagem plana, direcionamento para sentido de ciclo do sol conforme ilustra a **Figura 8**:



Figura 8 - Protótipo e célula convencional.

Para validação dos resultados obtidos pelo **G.I.N.O.**<sup>®</sup>, os testes foram realizados em dias distintos com situações climáticas distintas. A **Figura 6** ilustra a radiação máxima capturada:

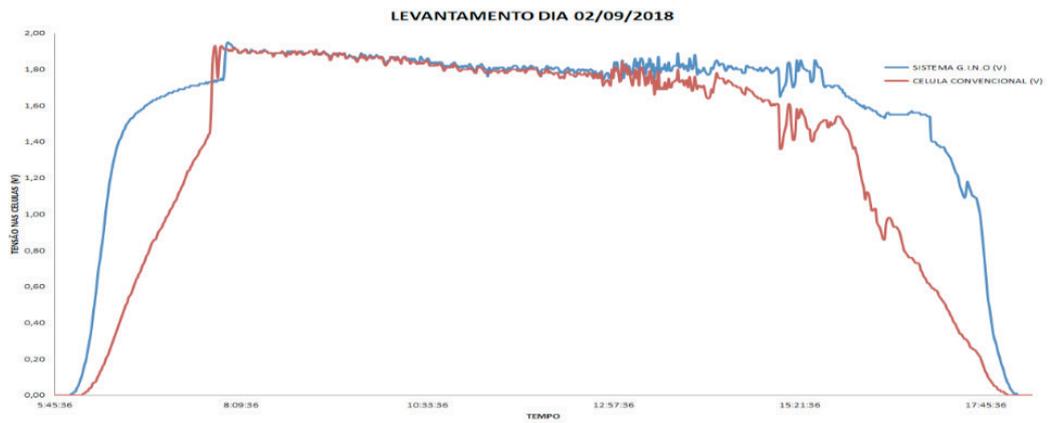


Figura 6 - Máxima radiação capturada (02/09/2018).

O sistema de captação **G.I.N.O®** (sistema em cor azul) possui uma área de cobertura maior quando comparado ao sistema de célula solar plana (sistema em cor vermelha), o conjunto **G.I.N.O®** possui maior eficiência durante os períodos de baixa luminosidade que se situa no gráfico entre 5:45 a 8:09 e 15:21 a 18:10.

A **Figura 7** ilustra a radiação máxima capturada em um dia com céu fechado com nuvens e com precipitação de chuva pela manhã:

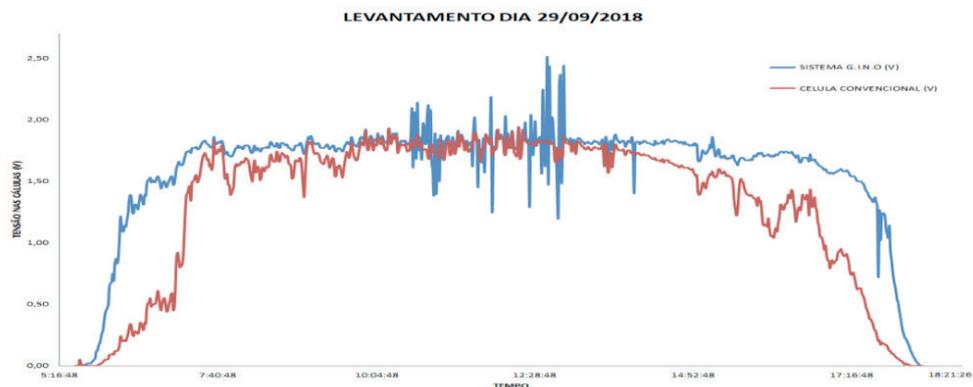


Figura 7 - Máxima radiação capturada (29/09/2018).

Durante o período de chuva observou-se a instabilidade de ambos os sistemas devido às variações de intensidade luminosa durante o dia. Todavia observa-se que o sistema de captação **G.I.N.O®** mante-se com área de cobertura maior em ambos os gráficos.

Os valores obtidos para comparação na eficiência energética foram equacionados através da diferença conforme ilustram as Figuras 8 e 9:

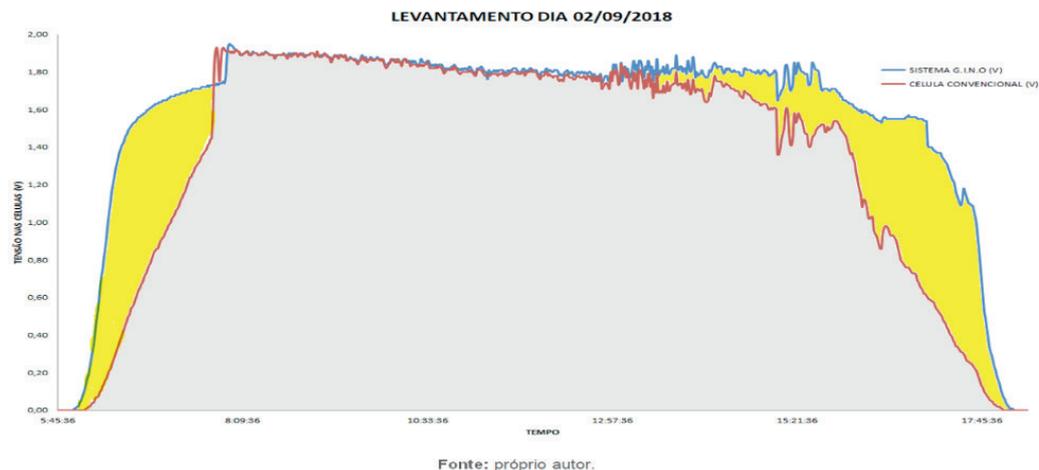


Figura 8 – Comparativo dos valores obtidos dia 02/09/2018.

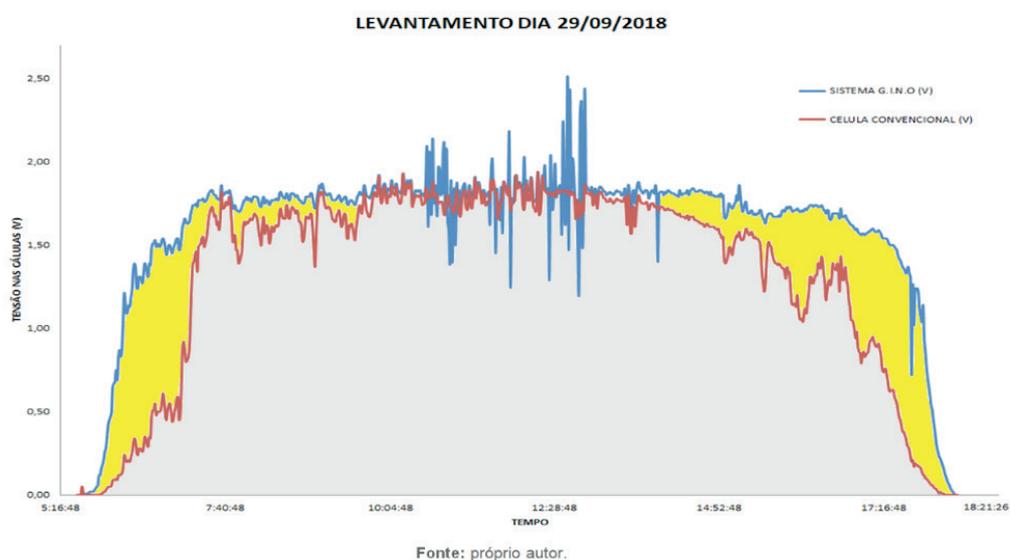


Figura 9 - Comparativo dos valores obtidos dia 29/09/2018.

Baseado nos valores obtidos durante as coletas, observou-se que o valor obtido do conjunto **G.I.N.O**<sup>®</sup> está em cerca de 21% acima dos valores gerados da matriz de células solares planas.

## 5 | CONCLUSÃO

Este projeto apresentou um novo conceito em obtenção de energia solar unindo as tecnologias atuais de árvores solares e automação de sistemas com tecnologia “*solar-tracking*”. O protótipo construído em escala reduzida apresentou ganhos significativos comparados com sistemas tradicionais de células solares, cerca de 21% de aumento na eficiência de captação energética.

Outro fator de destaque deste sistema proposto é a sua área de ocupação por m<sup>2</sup>. Para a uma planta com as mesmas capacidades de fornecimento elétrico

dimensionado a instalação tradicional ocuparia uma área de 15,23m<sup>2</sup> e um peso total de aproximadamente 207kg. O sistema proposto ocuparia uma área de 2m<sup>2</sup> e um peso total aproximado de 217kg. Sendo assim, o sistema proposto reduz em 86,9% a área de ocupação viabilizando sua implantação em qualquer localização.

Este sistema também pode ser instalado em operação paralela a rede elétrica ou na modalidade “*Off-Grid*” (locais sem acesso à energia elétrica). Devido à configuração e disposição da tecnologia das árvores solares, este sistema pode ser instalado em residências de pequeno a grande porte, indústrias, praças, parques, ruas e avenidas e até em grandes fazendas solares devido as suas características únicas na qual seu design prático e compacto possibilita e viabiliza sua implantação.

Os sistemas com células solares flexíveis possuem um alto custo de implantação em baixa escala de produção comparado a sistemas tradicionais de placas planas sendo efetivamente duas ou três vezes mais alto. No entanto, realizando a aplicação em escala industrial, as projeções tendem a redução de custo em média de 25%.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL, **Resolução normativa nº 482**. (17 de Abril de 2012).

CRESESB. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: PRC-PRODEEM. (1999).

ELETROBRÁS/PROCEL. **Conservação de Energia: Eficiência Energética em Instalações e Equipamentos**, Itajubá, Minas Gerais: Ed. EFEI. (2006).

FERREIRA, R. R., FILHO, P. C. (2009). **Energia Solar FV – Geração de energia limpa** (2009).

LOPEZ, R. A. **Energia Solar**. Artliber. (2012).

NETO, M. R., CARVALHO, P. C. **Geração de Energia Elétrica - Fundamentos**. Ed. Erica (2012).

RICHARD, H. S. (1963). **Patente Nº US 3.073.974**. Estados Unidos

RODRIGUES, H. H. **Automação de Amplificação do Potencial Energético de Árvores Solares**. Conic Semesp - 16º Congresso Nacional de Iniciação Científica , (p. 3). São Paulo. (2016). Disponível em: <<http://conic-semesp.org.br/anais/files/2016/trabalho-1000021899.pdf>>

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Helenton Carlos da Silva** - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agregado 99, 123, 124, 164, 165  
Ambiental 60, 86, 88, 89, 96, 101, 102, 103, 104, 105, 110, 111, 112, 113, 137, 183  
Análise não linear 169  
Argamassa 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 123, 125, 126, 133, 142  
Árvore solar 61, 62  
Autoetnográfico 31, 33  
Automação de alta eficiência 61  
Avaliação de pavimento flexível 152  
Avanços tecnológicos 102

### B

Benefícios 10, 86  
Big data 44, 45, 49, 51, 52, 53  
Bim 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 24, 29, 30, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 53  
Bioclimatologia 55  
Blocos de vedação 127, 129, 132, 136, 137

### C

Captação de água 98, 99, 101  
Caracterização de pavimento 152  
Cerâmica vermelha 127, 129, 130, 131, 132, 135, 136, 137  
Cidades inteligentes 13  
Concreto poroso 98, 99  
Concreto reforçado com fibras 120, 124, 126  
Construção civil 1, 5, 7, 13, 14, 30, 72, 79, 81, 84, 85, 98, 114, 120, 126, 128, 129, 164, 167, 168, 183

### D

Defeitos de pavimentos 152  
Drenagem superficial 138, 141, 148, 149

### E

Eficiência 7, 55, 56, 61, 62, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 92, 102, 111  
Energia eólica 79, 80, 81, 85  
Energia renovável 61, 80, 81  
Engenharia civil 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 31, 32, 35, 101, 119, 126, 161, 162, 163, 169, 181, 182, 183  
Ensino superior 1, 3, 5, 9, 183  
Esforços solicitantes 169, 171, 175, 179, 181

## F

Fibras de polipropileno 114, 115, 116, 117, 119

Fibras poliméricas 120, 126

Fissuras 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 151, 160, 161, 168

Frequência natural 72, 74, 76, 77

## G

Geotecnologias 102, 104, 105, 106, 107, 110, 111, 112, 113

Gestão do conhecimento 36, 49

Granulometria 163, 164, 168

## H

Habitação sustentável 55

## I

Internet das coisas 49

## M

Método dos elementos finitos 169

## P

Painéis alveolares 72, 77

Perícia ambiental 102, 105, 111, 112

## R

Realidade virtual e aumentada 44

Reaproveitamento de água 98

Resíduos 62, 127, 128, 131, 136, 137

Retração 114, 115, 116, 118, 119, 133, 135, 136

Reuso 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97

Rodovias 104, 122, 138, 140, 141, 147, 150, 152, 162

## S

Sig 102, 104, 107, 108, 110, 111

Sistema de drenagem 138, 140, 141, 148, 149, 150

Solo 93, 105, 106, 107, 111, 112, 113, 142, 143, 144, 163, 164, 165, 166, 167, 168

Sustentabilidade 18, 79, 81, 82, 84, 85, 98, 101, 107, 112, 183

## V

Verificação automatizada de conformidade 13

Vibrações excessivas 72, 75, 77

