

# Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)



# Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Tudo à sua Volta

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)



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:** Karine de Lima

**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

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

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

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. 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

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 – 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  
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. 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  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
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  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
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 Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **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. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
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  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>Engenharia de materiais e metalúrgica [recurso eletrônico] : tudo à sua volta / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia, João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.            Modo de acesso: World Wide Web.            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-108-4            DOI 10.22533/at.ed.084201506</p> <p>1. Engenharia – Tecnologia. 2. Metalurgia. I. Holzmann, Ajuz. II. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna. III. Dallamuta, João.            CDD 620.002854</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

## APRESENTAÇÃO

Nos dias atuais, com uma escassez cada vez maior de matéria prima e energia, buscar novas formas de produção ecologicamente corretas é um diferencial ao setor industrial. Neste contexto as pesquisas nesta área veem crescendo e se tornando uma das grandes vertentes da engenharia de materiais, buscando-se a melhoria de materiais, aliando-se novos componentes e reutilizando materiais de descarte.

Neste e-book são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados ao desenvolvimento de materiais, bem como a reutilização de subprodutos da construção civil, vislumbrando a uma melhoria tanto de novos materiais, como a um descarte inteligente e eficiente de resíduos. De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
UM ESTUDO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DAS TURBINAS GERADORAS DE ENERGIA EÓLICA, NOS PARQUES EM PERNAMBUCO	
Kaio Moab de Oliveira Silva Joaci Galindo Veronica Alves Teixeira Vitor Bismark Ferreira de Macedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DURANTE O PROCESSO DE LAMINAÇÃO TESTADA ATRAVÉS DE ENSAIO DE DUREZA E ENSAIO METALOGRÁFICO	
Gabrielle Schultz Braz Gabriel Inácio Pontin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
ANÁLISE DAS JUNTAS SOLDADAS NA UNIÃO DA ESTRUTURA DO VEÍCULO BAJA SAE	
Henrique Ajuz Holzmann Victor Henrique Javara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
ANÁLISE EXPERIMENTAL E ANALÍTICA DA INFLUÊNCIA DA RAZÃO W/D EM COMPÓSITO POLIMÉRICO DE POLIÉSTER REFORÇADO POR FIBRAS DE VIDRO/JUTA	
Raphael Siqueira Fontes Sérgio Renan Lopes Tinô Ana Cláudia de Melo Caldas Batista Eve Maria Freire de Aquino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
EFEITOS DE PÓS CERÂMICOS ATIVOS NAS PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS À BASE DE PVDF	
Eriton Rodrigo Botero Jaldair de Araújo e Nóbrega	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>62</b>
SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA OBTIDAS VIA ROTAS QUÍMICA E ELETROQUÍMICA E SUA OTIMIZAÇÃO	
Arthur da Rocha Albertini Guilherme Frederico Bernardo Lenz e Silva Rodrigo Labat Marcos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0842015066</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>80</b>
TRANSFORMAÇÃO DE REJEITOS DE LAVAGEM DE BAUXITA DA AMAZÔNIA EM MATERIAL TIPO HIDROGROSSULAR (KATOITA) DE $\text{Ca}_3\text{Fe/Al}_2(\text{OH})_3$	
Renata de Sousa Nascimento Bruno Apolo Miranda Figueira	

**CAPÍTULO 8 ..... 87**

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO ATRAVÉS DA ADIÇÃO DE FIBRAS DO COCO BABAÇU**

Márcio do Nascimento Silva

Deuzuíta dos Santos Freitas Viana

Lívia Racquel de Macêdo Reis

Wendel Melo Prudêncio de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.0842015068

**CAPÍTULO 9 ..... 94**

**COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DE CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA (CAR) COM INSERÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO (NTC) E CINZAS DE CASCA DE ARROZ (CCA)**

Christa Korzenowski

Rosangel Rojas Agüero

Ronaldo Beraldin da Silva

Priscila Marques Correa

Luiz Carlos Pinto Silva Filho

DOI 10.22533/at.ed.0842015069

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 113**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 114**

## UM ESTUDO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DAS TURBINAS GERADORAS DE ENERGIA EÓLICA, NOS PARQUES EM PERNAMBUCO

*Data de aceite: 05/06/2020*

### **Kaio Moab de Oliveira Silva**

Licenciando em Física IFPE/Campus Pesqueira  
moabk@hotmail.com

### **Joaci Galindo**

Docente IFPE Campus/Pesqueira  
joaci@pesqueira.ifpe.edu.br

### **Veronica Alves Teixeira**

Licenciando em Física IFPE/Campus Pesqueira  
veronicaalvesteixeira@gmail.com

### **Vitor Bismark Ferreira de Macedo**

Bacharelado em Engenharia Elétrica IFPE/  
Campus Pesqueira  
vitor.bismark@hotmail.com

**RESUMO:** O presente estudo verificou o funcionamento e instalação de aerogeradores, com ênfase no Complexo Ventos de São Clemente, em atividade na região agreste do estado de Pernambuco, e trata de tornar evidente as vantagens e benefícios na implantação destes parques eólicos, que agregam mudanças ambientais significativas no processo de geração e uso da energia elétrica em condições sustentáveis. A região nordeste do Brasil reúne inúmeras condições favoráveis para instalação de parques eólicos e o estado

de Pernambuco é detentor de um percentual significativo deste potencial. Em síntese, o estudo trata de mostrar o funcionamento de uma turbina (gerador), que transforma a energia mecânica dos ventos em energia elétrica. O incremento da oferta de energia a partir dos parques eólicos tem contribuído na diminuição dos impactos ambientais relativos ao uso energético, e garantido maior sustentabilidade às matrizes energéticas dos países. Os dados e escritos publicados através da Casa dos Ventos, responsável pela construção do complexo Ventos de São Clemente foram tratados como importantes dentro desta temática. O estudo em tela, certamente contribuirá para o aumento do conhecimento sobre geradores eólicos, parques eólicos e energia eólica, por exemplo; entendendo que esta já constitui uma das principais fontes de energia de muitos países, inclusive do Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** energia eólica, parques eólicos, ventos, aerogeradores.

**ABSTRACT:** This study verified the operation and installation of wind turbines, with emphasis on the Ventos de São Clemente Complex, active in the region called as Agreste in the state of Pernambuco, and seeks to highlight the advantages and benefits in the implementation

of these wind farms, which add significant environmental changes in the process of generating and using electricity under sustainable conditions. The northeast region of Brazil has many favorable conditions for the installation of wind farms and the state of Pernambuco holds a significant percentage of this potential. In summary, the study aims to show the functioning of a turbine (generator), which transforms the mechanical energy of the winds into electrical energy. The increase in the supply of energy from wind farms has contributed to the reduction of environmental impacts related to energy use, and guaranteed greater sustainability to the countries' energy matrices. The data and writings published through the Casa dos Ventos, responsible for the construction of the Ventos de São Clemente complex were treated as important within this theme. The study will certainly contribute to increasing knowledge about wind generators, wind farms and wind energy, for example, understanding that this is already one of the main sources of energy in many countries, including Brazil.

**KEYWORDS:** wind energy, wind farms, winds, wind turbines.

## 1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento energético no estado de Pernambuco tem crescido exponencialmente quanto à oferta de energia elétrica a partir da geração eólica. Em um período de quase uma década, o estado assumiu posição de destaque quanto à geração de energia elétrica envolvendo parques eólicos, em função de seu relevo e do aporte de investimentos oriundos do Brasil e de outros países, principalmente europeus.

Agarantia de bons ventos no território do estado de Pernambuco, tem contribuído para o uso cada vez mais abrangente deste recurso natural, o que tem permitindo o acesso sustentável da ordem de centenas de megawatts de energia elétrica por parque em funcionamento. A utilização em escala gigantesca dos recursos naturais em todo o planeta, principalmente os fósseis, tem levado os países a reverem suas matrizes energéticas em função das altas concentrações de gases impactantes na atmosfera, como nos casos do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), metano ( $\text{CH}_4$ ), entre outros.

Sabendo que os ventos constituem matéria prima quase inesgotável, entende-se que a energia elétrica proveniente de parques eólicos pode ser considerada inteiramente renovável e de baixo impacto ambiental, se comparada à geração proveniente das termelétricas e hidrelétricas, ainda dominantes na matriz energética brasileira.

O complexo Ventos de São Clemente, localizado na região Agreste do estado de Pernambuco é composto por parques eólicos instalados nos municípios de Caetés, Pedra, Venturosa e Capoeiras. O referido complexo foi projetado e construído pela

empresa Casa dos Ventos, pioneira na área tecnológica envolvendo energia eólica, mesmo tendo iniciado os seus maiores projetos a partir de 2007 na região nordeste do Brasil.

Segundo M. Araripe (2016), também empreendedor da Casa dos Ventos, o complexo de São Clemente entrou em operação em 2016, sendo classificado como o maior em operação no estado de Pernambuco. Em conformidade com Casa dos Ventos (2019), o parque possui ao todo 126 aerogeradores e capacidade de potência máxima de 216,1 MW, suficiente para fornecer energia elétrica a aproximadamente 551 mil residências, considerando a média de uso em kWh da maioria das residências brasileiras.

Os aerogeradores ou turbinas, são responsáveis por transformar, com o uso de dispositivos eletromagnéticos, a energia cinética dos ventos em energia elétrica. Para F.R. Martins et al (2019), a aceleração dos ventos é diretamente proporcional a força resultante dos ventos, assim quanto maior for a aceleração maior será a força ou quanto maior a força maior será a aceleração dos ventos, com base nos princípios elementares da aerodinâmica.

## **2 | DISPOSITIVOS ELETROMAGNÉTICOS E MECÂNICOS UTILIZADOS NOS PARQUES EÓLICOS**

Cada dispositivo da estrutura da torre (Figura 01) é responsável por uma função específica na transformação da energia eólica em elétrica. As pás são, em geral, fabricadas de fibra de vidro ou de carbono e responsáveis por interceptar os ventos, enviando a sua energia mecânica para o rotor, responsável pelo movimento circular e com um sistema capaz de controlar sua rotação ou até mesmo parar o movimento das pás.

Em relação às torres, estas são responsáveis pela sustentação de toda a estrutura física, fabricadas em aço muito resistente e montadas em base de concreto, já que as naceles que ficam suspensas pelas torres, podem atingir uma massa de 72 toneladas e são feitas de fibra de vidro. Na parte interna das naceles temos as caixas de transmissão com componentes elétricos que tem como principal função o controle das variações da velocidade dos ventos, assim os geradores transformam a energia cinética dos ventos em energia elétrica.

Todo esse processo de transformação de energia eólica em elétrica inicia com a movimentação dos ventos, quando os raios solares atingem o solo; o calor emanado desses raios é absorvido por parte do ar, assim o ar mais quente tende a se elevar, com base no princípio da convecção - porque o ar quente é mais leve que o ar frio, e por sua vez o ar frio ocupa o espaço deixado pelo ar aquecido, essa movimentação

do ar mais frio é o vento. O transporte de grande parte dos componentes de um aerogerador é feito por caminhões, em rodovias ou via marítima.



Figura 01: Subdivisões de uma turbina geradora de energia eólica.

Fonte: <http://atlanticenergias.com.br/saiba-como-funciona-o-aerogerador-que-transforma-vento-em-eletricidade>

### 3 | COMPLEXO VENTOS DE SÃO CLEMENTE

O Complexo Ventos de São Clemente foi inaugurado em 30 de maio de 2016, mas apenas em junho do mesmo ano iniciou suas operações comerciais. Suas instalações contempla os municípios de Caetés, Pedra, Venturosa e Capoeiras, situados no agreste pernambucano. Ao todo conta com uma extensão territorial de 3700 hectares, composto por 126 aerogeradores, e capacidade de 216,1 MW, capaz de alimentar energeticamente 551 mil casas e investimento estimado em 1,2 bilhões de reais. Os parques eólicos vêm mudando a paisagem do estado de Pernambuco, com a implementações destes parques. Além de Pernambuco figurar com bons ventos, a importação de componentes é feita através do Porto de Suape, e a fabricação das pás e torres são feitas no próprio Complexo Portuário de Suape, especificamente envolvendo os municípios do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca.



Figura 02:Complexo Ventos de São clemente.

Fonte:<https://www.echoenergia.com.br/o-que-fazemos/energia-eolica/complexo-eolico-sao-clemente/>

Segundo estudos e dados relacionados com o Banco do Nordeste do Brasil, as fontes de energias eólicas são responsáveis por 37,2% da matriz energética do nordeste, contribuindo para que as fontes hidroelétricas tenham reduzido o seu percentual e registrem apenas 31,5%. Considerem-se estes dados como referentes ao ano de 2016, disponibilizados pela Casa dos Ventos, empresa responsável pela construção dos parques eólicos aqui tratados.

#### 4 | CONCLUSÃO

A implantação de um parque eólico engloba, em geral, um projeto bastante dispendioso, pois os materiais e componentes utilizados nas turbinas (geradores), assim como a construção de enormes torres, que precisam de uma logística de transporte, incluindo as enormes pás devido as medidas quase incompatíveis com as rodovias, transformam-se em verdadeiros desafios quanto a chegada ao destino final, que são os futuros parques eólicos.

A instalação de um parque eólico em geral envolve uma série de outros investimentos, como o arrendamento do espaço onde vão ficar as torres e uma área mais abrangente, de segurança e de outras aplicações, como as de instalação de pequenas subestações elétricas, entre outros.

Sendo assim, ressalte-se que todo o conjunto uma vez instalado, apresenta longa durabilidade, podendo realizar a transformação eólica-elétrica por décadas, apenas sendo necessário a manutenção dos equipamentos que geralmente segue

um protocolo ou ocorre por questões de imprevisibilidade. Assim, os parques eólicos apresentam elevada viabilidade econômica e já competem economicamente com todas as outras formas de geração elétrica das matrizes, inclusive as térmicas.

Os parques eólicos são indispensáveis na busca pelo uso da energia de baixo impacto ambiental e de baixo carbono, e minimizam o acesso sem controle dos recursos naturais do planeta. Os ventos como força motora e a exclusão de qualquer outro combustível, torna um parque eólico como algo bastante competitivo, se considerarmos que atualmente os aerogeradores já atingem potência de até 10 MW por unidade, não sendo este o caso do Brasil ainda.

Constatou-se que para suportar as estruturas dos parques eólicos os materiais utilizados em seus equipamentos devem ser resistentes, e em sua grande maioria são usados metais que garantem durabilidade e qualidade, quando considerado o longo tempo envolvido e a busca por maior resistência.

A garantia de níveis de sustentabilidade elevados em relação à outras fontes, têm deixado a geração elétrica através de parques eólicos na dianteira de outros projetos inteiramente impactantes, como são os casos das usinas termelétricas, hidroelétricas e nucleares, por exemplo. A futuras gerações certamente que não irão conhecer os combustíveis fósseis, especificamente petróleo, gás natural e carvão mineral se os principais países não mudarem radicalmente as suas matrizes energéticas.

Os parques eólicos garantem certa sustentabilidade, porque a eles estão associados apenas emissões mínimas no processo que envolve a produção das estruturas, considerando que no funcionamento diário utilizam apenas a forças dos ventos como elemento energético motor.

O uso de fontes energéticas renováveis e de baixo impacto ambiental contribui na diminuição das emissões de gases que surgem como vilões das mudanças climáticas e que tem sido objeto de intenso debate global, juntamente com outras emissões associadas à queima das florestas, inclusive no Brasil.

Portanto, torna-se evidente a importância do uso de fontes energéticas de baixíssimo impacto, como as eólicas e solares, que comprovadamente estarão ainda sendo usadas por inúmeras gerações e, certamente, passando por transformações tecnológicas que garantam maior eficiência e maior potência, por exemplo, garantindo o uso da energia às futuras gerações que ainda estão por vir ao planeta.

## REFERÊNCIAS

Atlantic Energia Renováveis S.A. Disponível em <http://atlanticenergias.com.br/saiba-como-funciona-o-aerogerador-que-transforma-vento-em-eletricidade/> acesso em 30 de abril de 2019, às 9h15min;

Casa dos ventos energia para um novo mundo, conheça os componentes da Energia Eólica. Disponível em <http://casadosventos.com.br/pt/12-cdv-na-midia/228-conheca-os-componentes-da-energia-eolica>, acesso em 29 de abril de 2019 às 14h00min.

Casa dos ventos energia para um novo mundo, projetos desenvolvidos. Disponível em <http://casadosventos.com.br/pt/projetos/parques-eolicos>, acesso em 29 de abril de 2019 às 10h00min;

Casa dos ventos energia para um novo mundo, casa dos ventos inaugura maior complexo eólico de Pernambuco. Disponível em <http://casadosventos.com.br/pt/nosso-compromisso/missao-e-valores/139-casa-dos-ventos-inaugura-maior-complexo-eolico-de-pernambuco>, acesso em 30 de abril de 2019 às 17h00min;

Casa dos ventos energia para um novo mundo, a caminho da geração de energia limpa. Disponível em <http://casadosventos.com.br/pt/12-cdv-na-midia/207-a-caminho-da-geracao-de-energia-limpa>, acesso em 29 de abril de 2019 às 14h23min;

Echoenergia energia eólica ventos de São Clemente. Disponível em <https://www.echoenergia.com.br/o-que-fazemos/energia-eolica/complexo-eolico-sao-clemente/>, acesso 01 de maio de 2019 às 9h42min;

F. R. Martins, R. A. Guarnieri e E. B. Pereira. O aproveitamento da energia eólica. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/rbrf/pdf/301304.pdf>, acesso em 01 de maio de 2019 às 14h21min;

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço 3, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 37, 93  
Aerogeradores 1, 3, 4, 6  
Amazônia 8, 80

### B

Baja 8, 21, 22, 23, 24, 25, 31, 32  
Bauxita 8, 80, 81, 82, 83, 85

### C

Chapas 8, 9, 10, 15, 17, 18, 19  
Coco babaçu 9, 87, 89, 92, 93  
Compósitos 8, 33, 34, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 49, 50, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 71, 87, 88, 89, 92, 108, 109  
Compósitos Poliméricos Híbridos 33  
Concreto 9, 3, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 99, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112  
Critérios de falha 33, 35

### E

energia 7, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 29, 67, 69, 88, 91  
Energia 6, 7, 20, 71  
ENERGIA 8, 1  
Ensaio 8, 9, 11, 15, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 30, 31, 33, 35, 37, 42, 45, 72, 73, 74, 75, 77, 94, 96, 97, 98, 99, 102, 104, 109  
Ensaio Mecânico 19, 21, 24  
Eólica 8, 1, 2, 3, 4, 5, 7

### F

Ferroelétricos 48, 49, 55, 59  
Fibras 8, 9, 33, 34, 36, 37, 42, 43, 44, 45, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93  
Fratura 33, 35, 38, 40, 41, 42, 43, 45  
Furo Central 33, 36, 39, 40, 42, 45

### G

Gaiola 21, 22, 23

## K

katoita 8, 80, 81, 82, 83, 84, 85

## P

Parques 8, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Propriedades 8, 9, 8, 9, 15, 19, 20, 21, 24, 25, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 44, 46, 48, 49, 51, 54, 56, 59, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 96, 99, 102, 108, 110

PVDF 8, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61

## R

Rejeitos 8, 80, 81, 82

Resistência 9, 6, 19, 24, 28, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 48, 68, 72, 87, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 106, 107, 108, 109, 110

Resistência Residual 33, 35, 38, 39, 44, 45

## S

SAE 8, 9, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 31, 32

Soldagem 21, 23, 26, 28, 29, 31, 32, 113

## V

Ventos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

## Z

ZTA 21, 24, 28, 29, 30

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**