



Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota
(Organizadores)

SUSTENTABILIDADE:

Princípio de proteção ao ambiente para as

FUTURAS GERAÇÕES



Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota
(Organizadores)

SUSTENTABILIDADE:

Princípio de proteção ao ambiente para as

FUTURAS GERAÇÕES

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

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

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

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

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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

Sustentabilidade: princípio de proteção ao ambiente para as futuras gerações

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Clécio Danilo Dias da Silva
Danyelle Andrade Mota
Milson dos Santos Barbosa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S964 Sustentabilidade: princípio de proteção ao ambiente para as futuras gerações / Organizadores Clécio Danilo Dias da Silva, Danyelle Andrade Mota, Milson dos Santos Barbosa – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-643-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.437212311>

1. Sustentabilidade e meio ambiente. I. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). II. Mota, Danyelle Andrade (Organizadora). III. Barbosa, Milson dos Santos (Organizador). IV. Título.

CDD 363.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Sustentabilidade e meio ambiente fazem referência a todos os recursos naturais necessários para a sobrevivência e o desenvolvimento da sociedade. Entretanto, o uso negligente destes recursos e as tendências de consumo cada vez maiores agravaram inúmeros problemas ambientais, que afetam a saúde e a qualidade de vida como desmatamento, desertificação, diminuição da biodiversidade, chuva ácida, efeito estufa e aquecimento global. Desse modo, o desenvolvimento sustentável é um dos maiores desafios para a manutenção da humanidade nos próximos tempos, apesar do crescimento ascendente dos avanços tecnológicos.

Neste contexto, a sociedade atual necessita de ações coletivas com objetivo de redefinir as relações produtivas, cultural e social resultando uma vivência sustentável. Para preservar o planeta, alguns países estabeleceram práticas sustentáveis de consumo e produção, como por exemplo, a implementação efetiva de uma economia circular. A mudança de paradigma em relação ao modelo linear tradicional é baseada na utilização dos recursos em uso pelo maior tempo possível, extraindo deles o máximo valor durante o uso e, em seguida, recuperar e regenerar produtos e materiais no final de cada vida útil.

Este e-book compartilha estudos valiosos com iniciativas de proteção ao meio ambiente que podem ajudar a alcançar a sustentabilidade global, impulsionado pelo desejo de mitigar as mudanças climáticas e garantir um ambiente adequado para as futuras gerações. Portanto, são apresentados aos leitores diferentes estratégias com soluções mais “verdes” para distintas problemáticas apresentadas. A obra reúne oito pesquisas inovadoras, incluindo novos conceitos e exemplos práticos com ferramentas úteis para que os leitores possam compreender e aplicar as abordagens apresentadas. A partir de então, almeja-se a obtenção de uma produção mais limpa para ajudar a manter cadeias de produção sustentáveis, conservando ao mesmo tempo os recursos naturais e reduzindo o desperdício.

Reforçamos nossos agradecimentos a todos os autores pela dedicação durante a construção dos estudos envolvidos na obra.

Tenham uma ótima leitura!

Clécio Danilo Dias da Silva

Danyelle Andrade Mota

Milson dos Santos Barbosa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PROCUREMENT SUSTENTÁVEL: ORIENTAÇÕES GLOBAIS


Robson Elias Bueno

Rogério Queiroz de Camargo

Império Lombardi

João Victor Bueno

Moacir de Freitas Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123111>


CAPÍTULO 2..... 14

AVALIAÇÃO DA FAUNA TERRESTRE EM FRAGMENTOS DE MATA LOCALIZADA EM ÁREAS ANTROPIZADAS DO MUNICÍPIO DE NOVA BRASILÂNDIA D'OESTE, RONDÔNIA, BRASIL

Marcela Nechel Baêta Neves

Raphaela Yokota dos Santos

Mayra Araguaia Pereira Figueiredo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123112>

CAPÍTULO 3..... 28

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS EM RESTAURANTE NO MUNICÍPIO DE CAPANEMA-PA

Douglas Silva dos Santos

Wilton Barreto Morais

Fernanda Gisele Santos de Quadros

Ana Lorryanny Ramos Lima


Cézar Di Paula Da Silva Pinheiro

Fernanda Campos de Araújo

Luana Costa da Silva

Débora Prissila Reis Sandim

Amanda Gama Rosa


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123113>

CAPÍTULO 4..... 41

RESORTS BRASILEIROS: UMA VISÃO CRÍTICA SOBRE A CONSCIENTIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DOS GESTORES E COLABORADORES INTERNOS DOS EMPREENDIMENTOS

Antonio Carlos Bonfato

Carolina Pereira Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123114>

CAPÍTULO 5..... 60


ESTUDOS SOBRE A PRODUÇÃO ANUAL DE ENERGIA DE UM AEROGERADOR NACIONAL DE PEQUENO PORTE

Péricles da Silva Barbosa

Luann Marcos Gondim Lopes

Fagner da Silva Barroso

Alex Maurício Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123115>


CAPÍTULO 6..... 71

ENERGIA SUSTENTABLE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Ramón Merino Loo

Elkyn Orangel Perilla Sánchez

Aída del Carmen Velázquez Fonseca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123116>

CAPÍTULO 7..... 88

CULTIVO ACUAPÓNICO DE TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis Niloticus*) ASOCIADO CON PORO (*Allium Ampeloprasum*) Y APIO (*Apium Graveolens*) EN SISTEMA DE Balsa FLOTANTE

Walter Merma Cruz

Edwin Carlos Lenin Felix Poicon

Lucy Goretti Huallpa Quispe

Patricia Matilde Huallpa Quispe

Brígida Dionicia Huallpa Quispe

Primitivo Bacilio Hernández Hernández

Luz Marina Mamani Condori

Edward Paul Sueros Ticona

Gino Alberto Zeballos Alay

José Carlos Orestes Centon Luna

Ronald Ernesto Callacondo Frisancho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123117>

CAPÍTULO 8..... 102

SISTEMA ACUAPÓNICO DE TILAPIA NILÓTICA *Oreochromis niloticus* ASOCIADO CON APIO *Apium graveolens* EN SISTEMA CERRADO DE NTF (TUBERÍAS)

Walter Merma Cruz

Edwin Carlos Lenin Felix Poicon

Lucy Goretti Huallpa Quispe

Patricia Matilde Huallpa Quispe

Brígida Dionicia Huallpa Quispe

Noé Moisés Viza Chura


Primitivo Bacilio Hernández Hernández

Edward Paul Sueros Ticona

Gino Alberto Zeballos Alay

José Carlos Orestes Centon Luna

Ronald Ernesto Callacondo Frisancho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4372123118>

SOBRE OS ORGANIZADORES 115

ÍNDICE REMISSIVO..... 116

ESTUDOS SOBRE A PRODUÇÃO ANUAL DE ENERGIA DE UM AEROGERADOR NACIONAL DE PEQUENO PORTE

Data de aceite: 01/11/2021

Data de submissão: 06/08/2021

Périclles da Silva Barbosa

Universidade Federal de Pernambuco,
Laboratório de Fluidos
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/2816923267391636>

Luann Marcos Gondim Lopes

Universidade Federal de Pernambuco,
Laboratório de Fluidos
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/9927580927302445>

Fagner da Silva Barroso

Universidade Federal de Pernambuco,
Laboratório de Fluidos
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/2307950604205230>

Alex Maurício Araújo

Universidade Federal de Pernambuco,
Laboratório de Fluidos
Recife – PE
<http://lattes.cnpq.br/5905967201590284>

RESUMO: O objetivo deste artigo é apresentar e discutir os resultados obtidos de estudos por simulações da produção anual de energia elétrica, durante a vida útil, de um aerogerador de pequeno porte (APP), de fabricação nacional, usando dados de ventos medidos e dados estimados do último Atlas Eólico Brasileiro. Foram utilizados dados meteorológicos

coletados próximo ao porto de SUAPE (Cabo de Santo Agostinho – PE), além de dados simulados através do Atlas Eólico Brasileiro (2013). Para a estimativa da produção anual de energia, foi usada uma metodologia desenvolvida pelo grupo de pesquisa da UFPE baseada no software Windographer, em modelos estatísticos simplificados e na distribuição de Weibull. Os resultados obtidos nesse trabalho permitem concluir que o emprego de dados do Atlas fornece previsões pessimistas relativamente aos dados medidos *in loco*. Portanto, para viabilizar no país a utilização de APPs para a produção de energia elétrica é necessário investir em um Atlas eólico de maior precisão e no desenvolvimento tecnológico de APPs aprimorados para o potencial eólico brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Potencial eólico, Atlas eólico brasileiro, Dados meteorológicos.

STUDIES ON THE ANNUAL ENERGY PRODUCTION OF A NATIONAL SMALL WIND TURBINE

ABSTRACT: The aim of this paper is to present and discuss the results obtained from simulated studies of the annual lifetime energy production of a nationally manufactured small wind turbine (SWT) using measured wind data and estimated wind data from last Brazilian Wind Atlas. Meteorological data collected near the port of SUAPE (Cabo de Santo Agostinho - PE) were used, as well as simulated data through the Brazilian Wind Atlas (2013). To estimate annual energy production, a methodology developed by the UFPE research group based on Windographer

software, simplified statistical models and Weibull distribution was used. The results of this work allow us to conclude that the use of Atlas data provides pessimistic predictions regarding the measured data in loco. Therefore, in order to enable the use of SWTs for the production of electricity in the country, it is necessary to invest in a more accurate Wind Atlas and in the technological development of SWTs enhanced for the Brazilian wind potential.

KEYWORDS: Wind energy potential, Brazilian wind atlas, Meteorological data.

1 | INTRODUÇÃO

Constata-se atualmente no Brasil uma crescente adesão ao sistema de geração elétrica distribuída, predominantemente, na forma solar fotovoltaica (ANEEL/2020a). Em 2018, segundo o Balanço Energético Nacional – BEN 2019 – a capacidade instalada da microgeração e da minigeração distribuída aumentou 131% em relação a 2017 (BRASIL/2019a). Além disso, a capacidade instalada quase triplicou, quando em 2017 era de 246,1 MW e em 2018 foi de 670 MW.

A geração distribuída (GD) no Brasil caracteriza-se pela instalação de sistemas de autogeração de energia, onde a energia excedente é disponibilizada mediante a concessão de créditos energéticos. A vantagem dessa modalidade é aumentar a eficiência ao eliminar a distância entre os pontos de geração e consumo, reduzindo as perdas na transmissão de energia.

Segundo a ANEEL (2020b) APPs são aqueles com potência nominal até 500 kW (Médios, entre 500 kW e 1 MW; Grande, maior que 1 MW), porém a REN 482/2012, atualizada pela REN 687/2015, definiu a microgeração distribuída até 75 kW e minigeração distribuída entre 75 kW e 5 MW de potência instalada. Considerando a potência nominal, todos aerogeradores empregados na microgeração são APP, no entanto para a minigeração é possível utilizar aerogeradores de maior porte. Dessa forma, um APP para ser aplicado na microgeração deve ter potência de até 75 kW.

Por razões de segurança energética e ambientais, os países estão diversificando a matriz energética, sobretudo estimulando o aumento das fontes renováveis. Dentre essas fontes, o segmento de energia eólica de grande porte consolidou-se no mercado, no entanto, o segmento de pequeno porte ainda é embrionário no país, com experiências pontuais (GIANNINI, DUTRA E GUEDES/2013). Em 2018, 98,3% dos sistemas de GD no Brasil eram de energia renovável.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2029, estima-se que os sistemas de GD serão responsáveis por 17% do consumo de eletricidade até 2029 (BRASIL/2019b). Mesmo com o crescimento vertiginoso da participação da micro e mini GD na matriz energética brasileira, a capacidade instalada de APPs segue estagnada, dados os dois últimos balanços energéticos. O crescimento da GD vem sendo liderado pelo crescimento da capacidade instalada de sistemas solares que cresceu 217% entre 2017 e 2018.

Este estudo visa analisar a geração de um APP nacional usando como parâmetro a soma de toda energia gerada em um ano (produção anual de energia), quando submetido aos regimes de ventos estimados com os dados de ventos medidos no porto de SUAPE, localizado no Cabo de Santo Agostinho – PE e com os dados tomados do Atlas Eólico Brasileiro no mesmo ponto.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais utilizados

Além do Atlas Eólico Brasileiro (2013), a **Tabela 1** mostra os itens utilizados na execução das medições necessárias à elaboração deste trabalho.

Item	Descrição	Altura de instalação
Torre metálica	10 módulos de 6 m de altura	-
Três anemômetros	Modelo NRG #40C	20 m, 40 m e 60 m
Dois sensores de direção	Modelo NRG #200P	
Um sensor de temperatura	Modelo NRG #110S	11 m
Um sensor de pressão	Modelo NRG #BP20	
Um registrador de dados	Modelo NRG Symphonie	

Tabela 1 – Materiais necessários para a realização das medições.

Fonte – KROMA ENERGIA (2009).

Também foram utilizados os *softwares* System Advisor Model (SAM) e Windographer® para análise do potencial eólico e tratamento dos resultados.

Seleção do APP e do local de análise

Selecionou-se o APP GERAR 246, fabricado pela empresa ENERSUD Indústria e Soluções Energéticas Ltda, como a máquina a ser utilizada. Utilizou-se como critério de seleção um APP nacional de eixo horizontal capaz de se enquadrar em microgeração distribuída, conforme a REN 687/2015 da ANEEL. Segundo o catálogo de APPs até 50 kW (MAEGAARD/2016), a fabricante é referida como a única empresa que produz estes equipamentos no território nacional. A **Figura 1** mostra o APP GERAR 246 e algumas das suas características técnicas.

Quanto à região de estudo, escolheu-se um local plano, de solo arenoso, composto de vegetação rasteira e localizado a 2 km a nordeste do porto de SUAPE (latitude -8,3830087° e longitude -34,9603887°), no município do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco (**Figura 2**).

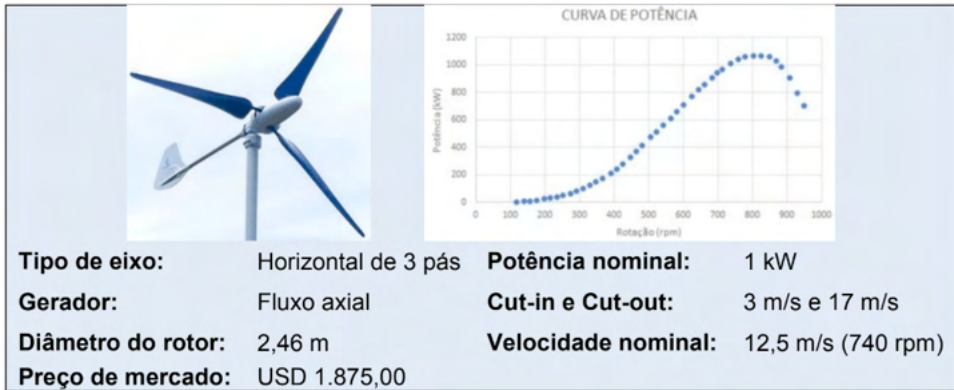


Figura 1 – APP GERAR 246 e características técnicas.

Fonte: os autores.

Os dados de vento foram medidos à 60 m de altura e disponibilizados pela Kroma Energia (2009), empresa de referência na área de comercialização de energia.



Figura 2 – Localização da região de estudo, a nordeste do porto de SUAPE.

Fonte: os autores.

Produção anual de energia

Para estimativa da produção anual de energia, foi utilizada a metodologia proposta por Araújo et al. (2009), implantada no SAM. A produção anual de energia, em kWh, pode ser calculada pela **Equação 1**.

$$E_A = \sum_{n=N_0}^{N_{m\acute{a}x}} F(n) \cdot P_e(n) \quad (1)$$

Onde:

N_0 = limite inferior da faixa de velocidades de vento em que o sistema produz energia;

$N_{\text{máx}}$ = limite superior da faixa de velocidades de vento em que o sistema produz energia;

$F(n)$ = Frequência horária para cada faixa de velocidade estabelecida, em horas;

$P_e(n)$ = Potência de saída para cada faixa de velocidade estabelecida, em W.

Na **Figura 3** está representado o diagrama do processo de obtenção da produção anual de energia do APP.

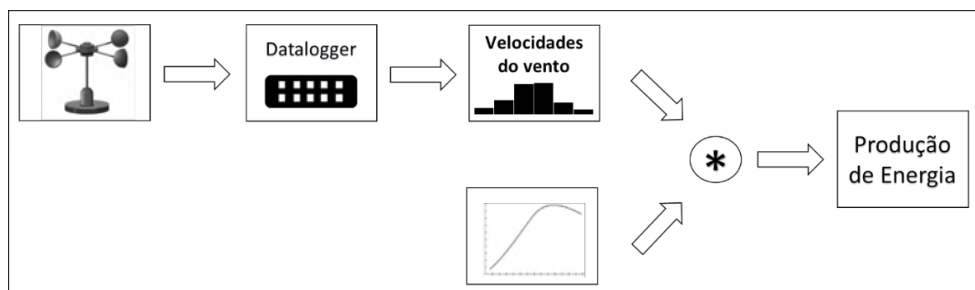


Figura 3 – Diagrama de processo de obtenção de produção anual de energia.

Fonte: os autores.

Caracterização do potencial eólico

Atlas Eólico Brasileiro

Os recursos eólicos são advindos de um atlas eólico e representados pela distribuição estatística de Weibull, caracterizada, no SAM, por uma velocidade anual média do vento, pelo fator de forma de Weibull e por uma altura de referência (FREEMAN et al./2014). O Atlas faz uso do modelo de mesoescala BRAMS para estimar a velocidade e a direção do vento de inúmeros pontos em todo o território nacional, nas alturas de 30 m, 50 m, 80 m, 100 m e 120 m, e apresenta resultados com resolução de 5 km x 5 km (CEPEL/2017).

Para o local onde realizou-se os estudos, há apenas uma coordenada definida pelo Atlas num raio de 5 km (resolução do documento) capaz de estabelecer a velocidade do vento. Por esta razão, estes valores foram tomados para o local de estudo. A **Figura 4** mostra a localização da coordenada indicada pelo Atlas e o ponto onde os estudos foram conduzidos.



Figura 4 – Local onde as medições foram realizadas e a coordenada indicada pelo Atlas.

Fonte: os autores.

A velocidade anual média do vento foi definida como 4,5 m/s, valor obtido a partir da coordenada 1, a cerca de 2,75 km de distância do local analisado (**Figura 4**). Quanto à altura de referência, definiu-se como 30 m a menor e mais adequada que é disponibilizada pelo Atlas para instalação dos APPs. O fator de forma k para altura de 30 m foi de 4,237, obtido utilizando a **Equação 2** (JUSTUS E MIKHAIL/1976) e o k fornecido pelo Atlas ($k = 4,8$ a 100 m).

$$k_2 = k_1 \frac{1 - 0,088 \ln \frac{h_1}{10}}{1 - 0,088 \ln \frac{h_2}{10}} \quad (2)$$

Onde:

h_1 = altura que já se conhece o fator de forma, em m;

k_1 = fator de forma conhecido e adimensional;

h_2 = altura que se deseja conhecer o fator de forma, em m;

k_2 = fator de forma desconhecido e adimensional.

Medições meteorológicas no local

Os dados coletados foram: velocidade, temperatura, pressão e direção do vento local durante o intervalo de um ano. Estes, foram inseridos no SAM em uma planilha já existente.

Os dados meteorológicos foram coletados diariamente e a cada segundo através de uma torre meteorológica instalada no local de medição. As medições foram realizadas em alturas diferentes de 30 m, sendo utilizado o *software* Windographer® para definir os valores das variáveis na altura desejada. Esta estratégia também foi aplicada para o fator de forma e de escala de Weibull. Para o coeficiente de cisalhamento do vento, escolheu-se o valor de 0,10, conforme GROUND SPEAK INC. (2020) e as características do terreno onde realizou-se o estudo.

Fator de capacidade

De acordo com Atlantic Energias Renováveis S.A. (2020), o fator de capacidade (razão entre a energia elétrica gerada e a máxima produção de energia em um ano de operação) aponta a eficiência dos aerogeradores e refere-se ao nível de aproveitamento destes equipamentos para produzir energia por meio dos ventos (**Equação 3**).

$$FC = \frac{\text{Energia anual líquida [kWh/ano]}}{\text{Potência nominal [kW]} \times 8760 \text{ [hora/ano]}} \quad (3)$$

O fator de capacidade dos APPs evidencia o resultado de desempenho das máquinas, pois quanto maior o seu valor, maior o rendimento obtido no projeto. Como ele depende da potência nominal do APP e da energia líquida anual, sendo esse último dependente da velocidade do vento do local, melhores resultados são obtidos quando a velocidade média do local de instalação é próxima à velocidade nominal do APP.

Consumo mensal de energia elétrica para uma residência de referência em Pernambuco

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), subordinada ao Ministério de Minas e Energia (MME), disponibiliza anualmente o Anuário Estatístico de Energia Elétrica. Este documento fornece informações referentes ao consumo anual de energia elétrica (GWh) e ao número de consumidores por classe (residencial, industrial, rural, etc.) para cada estado do Brasil (BRASIL/2017). Em Pernambuco, o consumo residencial (4.841 GWh/ano) e a quantidade de consumidores residenciais (3.172.284 unidades) foram utilizados para definir a média anual (1.526 kWh) e mensal (127 kWh) adotada como referência no estado. Os dados utilizados são referentes ao ano de 2016.

Taxa de decaimento da produção elétrica

É esperado que a produção de energia elétrica anual apresente uma queda de rendimento gradativo durante a vida útil da máquina referente aos desgastes sofridos. Esse comportamento é observado em turbinas eólicas de grande porte e também em APPs.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho, as principais hipóteses simplificadoras do cálculo utilizadas foram:

- O padrão de vento (série histórica anual medida/estimada) foi replicado anualmente, durante o período simulado. Esta hipótese deixa de ser simplificadora à medida que a série de dados aumenta sua extensão;
- A taxa anual de decaimento da produção de energia adotada foi de 0,5 %. Nela estariam representados os desgastes e a disponibilidade do APP no período simulado.

A produção de energia anual simulada a partir dos dados estimados pelo Atlas Eólico apresentam resultados consideravelmente menores em comparação com os dados meteorológicos coletados no local. Essa discrepância entre os resultados simulados é determinante na análise de viabilidade do projeto, podendo gerar expectativas equivocadas quanto a produção anual de energia, conforme **Figura 5**.

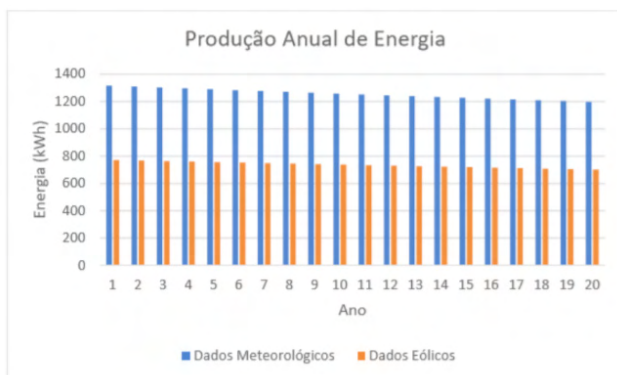


Figura 5 – Simulação da produção anual de energia do APP GERAR 246 no local de estudo.

Fonte: os autores.

A diferença entre os resultados obtidos para produção anual de energia é de aproximadamente 500 kWh, constante, durante o tempo de vida do APP. Sendo a produção anual de energia de 1300 kWh e 800 kWh para o primeiro ano e de 1200 kWh e 700 kWh para o último ano para os dados meteorológicos e do Atlas Eólico, respectivamente. O erro relativo fica em torno de 40 % do início ao fim do tempo de vida útil, utilizando os dados do Atlas.

A produção mensal de energia do aerogerador está diretamente ligada a disponibilidade do recurso eólico mensal da região. Observa-se na **Figura 6** que nos meses de maior produção de energia, de julho a setembro, a geração do APP é superior aos valores obtidos nos demais meses do ano, enquanto os meses de menor produção, de março a maio, são inferiores.

Nos meses de maior produção de energia, os resultados obtidos com os dados meteorológicos são expressivamente maiores (**Figura 6**), evidenciando uma diferença considerável entre os resultados utilizando os dados meteorológicos e os do Atlas Eólico. Fato esse que impacta diretamente nos resultados da produção anual e justificam a discrepância observada na **Figura 5**.

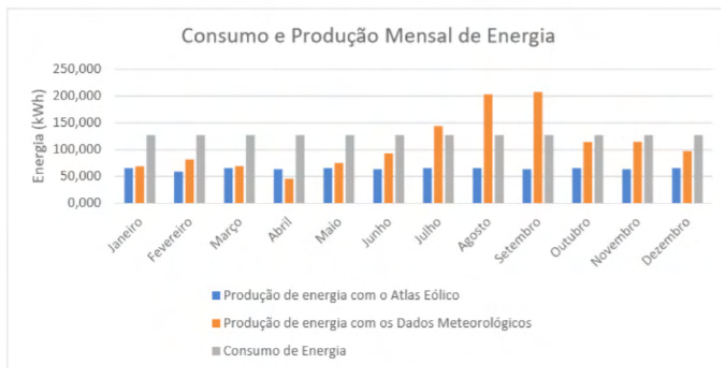


Figura 6 – Produção mensal de energia elétrica do APP GERAR 246 e o consumo energético mensal para uma residência de referência em Pernambuco durante o primeiro ano de estudo.

Fonte: os autores.

Ainda na **Figura 6**, utilizando os dados meteorológicos, percebe-se nos meses de maior produção que a energia gerada superou o consumo da residência de referência e nos meses seguintes, de outubro a dezembro, a produção de energia foi aproximadamente o valor do consumo. Porém utilizando os dados do Atlas Eólico, os resultados estão sempre abaixo do consumo proposto.

A **Figura 7** mostra o resultado do acúmulo de energia para o primeiro ano de simulação. A partir do mês de julho, a energia produzida supera o consumo, gerando um acumulado que aumenta nos meses seguintes, agosto e setembro. Porém, mesmo com o excesso de energia acumulada ao fim do primeiro ano da simulação (118,556 kWh), a produção anual de energia do APP ficou próximo, porém abaixo, do consumo médio anual da residência de referência (1526,03 kWh).

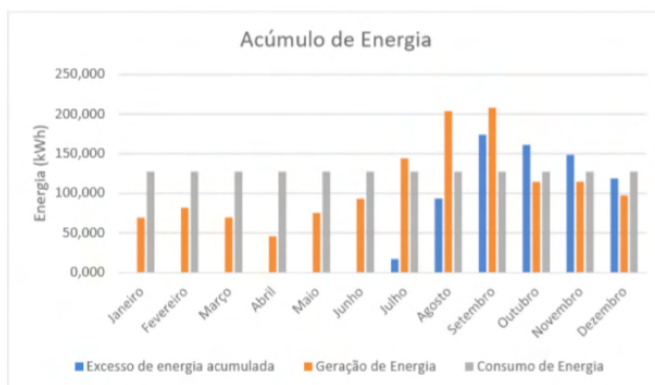


Figura 7 – Excesso de energia acumulada de cada mês para o primeiro ano de simulação sob o regime de dados meteorológicos.

Fonte: os autores.

Para que o excesso de energia gerado frente ao consumo seja aproveitado, é necessário um modelo de geração distribuída que possibilite alguma forma de retorno, seja na forma de compensação por créditos energéticos (*Net metering*) ou na forma de remuneração pelo excedente de energia gerada (*Feed-in tariff*).

Aplicando as produções anuais de energia na Equação 3, é possível notar um fator de capacidade mais elevado para as simulações conduzidas com os dados meteorológicos (15%) em comparação com as simulações realizadas com o Atlas Eólico (8,8%). Esses valores podem ser explicados quando comparamos os valores de velocidade média do vento no local para as diferentes fontes de dados com o valor de velocidade nominal de projeto do APP (12,5 m/s), ou ainda, com a sua curva de potência (Figura 1).

4 | CONCLUSÕES

O uso de dados do Atlas na produção anual de energia forneceu previsões pessimistas, 40% menor, em relação aos dados medidos *in loco*. Este resultado pode ser atribuído à baixa resolução do Atlas que, apesar de ser uma ferramenta de baixo custo, se mostrou imprecisa quando utilizada para empreendimentos a pequenas altitudes.

O APP mostrou potencial na GD, quase equiparando sua produção anual de energia com o consumo anual de uma residência típica de PE. No entanto, o baixo fator de capacidade indica uma inadequação com o potencial eólico local, sendo o valor médio dos ventos distante da velocidade nominal do APP. Portanto, para viabilizar no país a utilização de APPs para a produção de energia elétrica é necessário investir em um Atlas eólico de maior precisão e no desenvolvimento tecnológico de APPs aprimorados para o potencial eólico brasileiro.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Brasil ultrapassa marca de 1 GW em geração distribuída**. 2019. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/brasil-ultrapassa-marca-de-1gw-em-geracao-distribuida/656877. Acessado em: 04/01/20a.

ANEEL. **Energia Eólica**. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf). Acessado em: 28/01/20b.

ARAÚJO, A. M. et al. **Simulación de la producción de energía eléctrica com aerogeneradores de pequeño tamaño**. *Informacion Tecnologica*, v. 20, n. 3, p. 37–44, 2009.

ATLANTIC ENERGIAS RENOVÁVEIS S.A. **Parques eólicos da Atlantic são destaques em fator de capacidade**. Disponível em: <http://atlanticenergias.com.br/parques-eolicos-da-atlantic-sao-destaques-em-fator-de-capacidade/>. Acessado em: 16/01/20.

BRASIL. EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 - Ano base 2016**. v. 58, n. 12, p. 232, 2017.

BRASIL. EPE. **Balço Energético Anual 2019**. Brasília: MME/EPE, 2019a.

BRASIL. EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Brasília: MME/EPE, 2019b.

CEPEL. **Atlas Eólico Brasileiro - Simulações 2013**. Ed. 1. Rio de Janeiro: CEPEL, 2017.

FREEMAN, J. et al. **Reference Manual for the System Advisor Model's Wind Power Performance Model**. Springfield, 2014.

GIANNINI, M., DUTRA, R.M., GUEDES, V.G. **Estudo prospectivo do mercado de energia eólica de pequeno porte no Brasil**. In: BRAZIL WINDPOWER: CONFERENCE AND EXHIBITION, 3., 2013, Rio de Janeiro. 10p.

GROUNDSPeAK INC. **Twin Groves: A Lesson in Wind**. Disponível em: <https://www.geocaching.com/geocache/GC1BF99_twin-groves-a-lesson-inwind?guid=04d4478a-f225-4de9-9c33-680dbcdd70aa>. Acessado em: 16/01/20.

JUSTUS, C. G.; MIKHAIL, A. **Height Variation of Wind Speed and Wind Distributions Statistics**. *Geophysical Research Letters*, v. 3, n. 5, p. 261 – 264, 1976.

KROMA ENERGIA. Relatório Técnico. n. 81, p. 1–30, 2009.

MAEGAARD, P. **Catalogue of Small Wind Turbines under 50 kW**. Folkecenter Print, 2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerogerador 60, 67

Ambiente urbano 15

Áreas antropizadas 14

Atlas eólico 60, 62, 64, 67, 68, 69, 70

B

Balanço energético nacional 61

Biodiversidade 15, 16, 22, 25, 26, 27, 48, 115

C

Compostagem 30, 36, 37, 38, 40

Conscientização ambiental 42, 43, 55

D

Dados meteorológicos 60, 65, 67, 68, 69

Desenvolvimento sustentável 2, 4, 6, 43, 44, 46, 48, 51, 57, 58

E

Emissão de poluentes 52

Empreendimentos 41, 42, 43, 45, 46, 48, 50, 54, 55, 56, 69

Energia 2, 7, 49, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 85

Energia eólica 61, 69, 70

F

Fauna terrestre 14, 16, 17, 25

Fragmento de mata 14

G

Geração distribuída 61, 69

Gestão de pessoas 41

H

Hotelaria 45, 46, 49, 57, 58

I

Impactos ambientais 3, 35, 43, 47

L

Limpeza pública 29, 37, 38

M

Mastofauna 17, 22, 23, 24

Meio ambiente 2, 3, 4, 26, 27, 30, 39, 40, 41, 48, 49, 52, 53, 58, 59, 115

Mudanças climáticas 2, 3, 48

O

Organismos aeróbicos 73

Organismos anaeróbicos 73

Organismos facultativos 73

Organismos microscópicos 15

P

Paisagem urbana 15

Políticas ambientais 46, 52

Potencial eólico 60, 62, 64, 69

Procurement sustentável 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11

R

Resíduos sólidos 28, 29, 30, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 49

Resorts 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

Restaurantes 29, 35, 36

S

Sistema acuapónico 88, 89, 90, 91, 100, 102, 105, 106, 113, 114

Sistema de balsa flotante 88, 90

Sustentabilidade 1, 2, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 39, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 115

Sustentabilidade social 4, 55

T

Tilapia nilótica 88, 90, 102, 105

Triple Bottom Line 4, 5, 7, 12



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

SUSTENTABILIDADE:

Princípio de proteção ao ambiente para as

FUTURAS GERAÇÕES



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

SUSTENTABILIDADE:

Princípio de proteção ao ambiente para as

FUTURAS GERAÇÕES