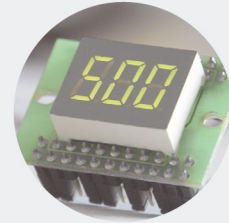


**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO**

MESTRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA - SISTEMAS ELÉCTRICOS DE ENERGIA



# ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO ESTADO DA ARTE DA ENERGIA EÓLICA

**SÉRGIO PAULO DA SILVA PEREIRA**

outubro de 2023

# ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO ESTADO DA ARTE DA ENERGIA EÓLICA

Sérgio Paulo da Silva Pereira



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia

**2023**



Relatório elaborado para satisfação dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE –  
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Sérgio Paulo da Silva Pereira, Nº 1940354, 1940354@isep.ipp.pt

Orientação científica: Alzira Mota, atm@isep.ipp.pt

Luís Roque, lar@isep.ipp.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

**2023**



Dedico esta dissertação aos meus pais, à minha esposa e aos meus filhos, como forma de  
gratidão pelo apoio incondicional...



## *Agradecimentos*

Terminada esta etapa, gostaria de deixar os meus agradecimentos, a todos os que me acompanharam, e contribuíram para a realização desta dissertação.

Início por agradecer à minha família, nomeadamente, à minha mãe, à minha esposa Isabel e aos meus filhos Afonso e André, pela motivação, apoio e compreensão pelos períodos de ausência.

Agradeço também, aos meus orientadores, Engenheira Alzira Mota e Engenheiro Luís Roque, pelo acompanhamento prestado durante a realização da dissertação.

Por fim, agradeço a colaboração de colegas e professores que conheci, ao longo do meu percurso académico, em especial, aos colegas Alexandre Silveira e Rui Castro.

Sem este apoio e orientação, não teria sido possível concluir esta etapa.

Neste trabalho agradecemos o suporte financeiro por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC), no âmbito dos projetos 2022.02320.PTDC e 2022.02801.PTDC.



## *Resumo*

Desde a década de 1970, tem-se verificado um aumento nos estudos relacionados com a utilização de fontes de energia renovável, em especial a energia eólica, devido à necessidade de reduzir os impactos ambientais dos combustíveis fósseis. Inicialmente estes estudos estavam restritos a sistemas de energia eólica utilizando torres e aerogeradores. No entanto, atualmente observa-se um interesse na tecnologia emergente, como os sistemas aéreos de produção de energia eólica.

Desta forma realizou-se uma análise bibliométrica entre 1996 e junho de 2023 sobre a energia eólica e tecnologia emergente combinando métodos quantitativos e qualitativos na análise exploratória das produções científicas sobre estes temas, disponíveis em língua inglesa e portuguesa. Das diversas fontes existentes optou-se por só utilizar o motor de pesquisa “Google Scholar”, devido à sua capacidade de realizar pesquisas abrangentes em produções científicas, incorporando resultados de outros mecanismos de procura.

Antes de iniciar a pesquisa, definiu-se as palavras-chave a utilizar, limitou-se a quantidade de produções científicas a analisar e estabeleceu-se quais os elementos a considerar na análise bibliométrica. Assim, para este estudo o tamanho da amostra é de 500 publicações em língua inglesa e 100 em língua portuguesa, nas quais foram posteriormente analisadas quanto às suas interconexões, correlações, distribuição geográfica e o número de citações. Para a análise das correlações recorreu-se ao software VOSviewer.

Com base na amostra analisada, observou-se que o número de publicações científicas sobre energia eólica tradicional, em ambas as línguas, apresentou uma tendência de crescimento de 1996 a 2013, seguida por uma queda acentuada a partir de 2013. No que diz respeito às produções científicas associadas aos sistemas aéreos de geração de energia eólica, notou-se um crescimento significativo no número de publicações a partir de 2013.

Conclui-se também que, no caso da energia eólica tradicional em língua inglesa, os Estados Unidos da América destacam-se como o país com o maior número de autores de produções científicas e também com a maior quantidade de publicações em revistas. No que se refere aos sistemas aéreos de geração de energia eólica, considerados como tecnologia emergente,

observa-se que a Holanda lidera em termos de autores, embora as publicações sejam predominantemente realizadas em revistas dos Estados Unidos da América.

***Palavras-Chave:*** Energia Eólica, AWES, análise bibliométrica, Vosviewer, aerogeradores.

## *Abstract*

Since the 1970s, there has been an increase in studies related to the use of renewable energy sources, especially wind energy, due to the need to reduce the environmental impacts of fossil fuels. Initially these studies were restricted to wind energy systems using towers and wind turbines. However, there is currently an interest in emerging technology, such as airborne wind energy systems.

In this way, a bibliometric analysis was carried out between 1996 and June 2023 on wind energy and emerging technology, combining quantitative and qualitative methods in the exploratory analysis of scientific productions on these topics, available in English and Portuguese. Of the various existing sources, we chose to only use the “Google Scholar” search engine, due to its ability to carry out comprehensive searches in scientific productions, incorporating results from other search engines.

Before carrying out the search, keywords to be used were defined, the number of scientific productions to be searched was also defined, as well as which items should be registered. Given the wide variety of scientific productions, registration was limited to 500 productions in English and 100 productions in Portuguese and analysed according to their interconnection, correlation, geographic distribution and number of citations. Using the Vosviewer software, the correlation between registered publications was analysed.

Based on the analysed sample, it was observed that the number of scientific publications on traditional wind energy, in both languages, showed a growing trend from 1996 to 2013, followed by a sharp drop from 2013 onwards. Scientific productions associated with airborne wind energy systems, there was a significant increase in the number of publications from 2013 onwards.

It is also concluded that, in the case of traditional wind energy in English, the United States of America stands out as the country with the largest number of authors of scientific productions and also with the largest number of publications in magazines. With regard to airborne wind energy systems, considered an emerging technology, it is observed that the

Netherlands leads in terms of authors, although publications are predominantly carried out in magazines in the United States of America.

**Keywords:** Wind Energy, AWES, bibliometric analysis, Vosviewer, wind turbines.

# *Índice*

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>SIGLAS E ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1.ENQUADRAMENTO.....	2
1.2.MOTIVAÇÃO .....	4
1.3.ESTRUTURA .....	4
<b>2. ENERGIA EÓLICA</b> .....	<b>7</b>
2.1.EVOLUÇÃO HISTÓRICA .....	8
2.2.ENERGIA EÓLICA TRADICIONAL .....	11
2.3.ENERGIA EMERGENTE AWES .....	18
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
3.1.IMPORTÂNCIA DE ANALISAR E ORGANIZAR O ESTADO DA ARTE .....	24
3.2.METODOLOGIA DE PESQUISA DA LITERATURA .....	25
3.3.METODOLOGIA DE RECOLHA DE DADOS.....	28
<b>4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA À ENERGIA EÓLICA TRADICIONAL E À ENERGIA EMERGENTE AWES</b> .....	<b>33</b>
4.1.ANÁLISE DE DADOS DA ENERGIA EÓLICA TRADICIONAL.....	34
4.2.ANÁLISE DE DADOS ENERGIA EÓLICA EMERGENTE AWES .....	54
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>75</b>
5.1.CONCLUSÕES E RESULTADOS .....	76
5.2.TRABALHOS FUTUROS.....	78
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>79</b>



## *Índice de Figuras*

Figura 1	Moinhos de vento na Pérsia no século X	8
Figura 2	Panémonas Chinesas	8
Figura 3	Moinho de vento (modelo holandês) na Europa no século XIX	9
Figura 4	Moinho de vento na América no século XIX	9
Figura 5	Primeiro aerogerador de Charles Brush no final do século XIX	10
Figura 6	Turbina eólica criada no século XIX pelo cientista dinamarquês Poul La Cour	10
Figura 7	Evolução do tamanho e da potência dos aerogeradores desde 1980 (IEA, 2019)	11
Figura 8	Exemplo de uma turbina de eixo horizontal (esq.) e de eixo vertical (dir.)	12
Figura 9	Posição do rotor em relação à torre: upwind e downwind [Adaptado:(MATHEW SATHYAJITH, 2006)]	13
Figura 10	Descrição dos componentes de uma turbina eólica (ABB, 2011)	14
Figura 11	Tipo de construção do cubo de uma turbina eólica	15
Figura 12	Tipo de montagem do cubo numa turbina eólica	15
Figura 13	Exemplo de uma <i>nacelle</i> utilizada numa turbina eólica	16
Figura 14	Exemplo das estruturas de Torres eólicas: Treliça e Tubular (MATHEW SATHYAJITH, 2006)	18
Figura 15	Componentes de um sistema AWES do tipo kite pumping.	18
Figura 16	Conceito básico da constituição de um sistema de AWES (FAGIANO et al., 2010)	19

Figura 17	Exemplo de um sistema AWES em modo de sustentação (a) e modo de arrasto (b) (CHERUBINI et al., 2015)	20
Figura 18	Esquema de produção de energia de um sistema AWES em duas fases. a) fase de geração; b) fase de recuperação (CHERUBINI et al., 2015)	21
Figura 19	Metodologia adotada para a análise bibliométrica	26
Figura 20	Distribuição por palavra-chave das publicações de energia tradicional em língua inglesa	34
Figura 21	Distribuição anual das publicações de energia tradicional em língua inglesa	35
Figura 22	Distribuição por tipo de documento de energia tradicional em língua inglesa	36
Figura 23	Distribuição por geografia da nacionalidade dos autores de energia tradicional produzidos em língua inglesa	36
Figura 24	Distribuição por país dos documentos de energia tradicional produzidos em língua inglesa	37
Figura 25	Distribuição por citações dos documentos de energia tradicional em língua inglesa	38
Figura 26	Fórmula utilizada para o cálculo da taxa de citações	39
Figura 27	Distribuição por produções científicas versus taxa de citações da energia tradicional em língua inglesa	40
Figura 28	Distribuição por geografia das revistas utilizadas nas publicações de energia tradicional em língua inglesa	42
Figura 29	Distribuição das publicações em revistas das produções científicas de energia tradicional em língua inglesa	42
Figura 30	Análise da correlação das produções científica de energia tradicional em língua inglesa	45
Figura 31	Distribuição por palavra-chave das publicações de energia tradicional em língua portuguesa	46

Figura 32	Distribuição anual das publicações de energia tradicional em língua portuguesa	47
Figura 33	Distribuição por tipo de documento de energia tradicional em língua portuguesa	48
Figura 34	Distribuição por geografia da nacionalidade dos autores dos documentos de energia tradicional produzidos em língua portuguesa	48
Figura 35	Distribuição por citações dos documentos de energia tradicional em língua portuguesa	49
Figura 36	Distribuição por geografia das revistas utilizadas nas publicações de energia tradicional em língua portuguesa	51
Figura 37	Distribuição das publicações em revistas das produções científicas da energia tradicional em língua portuguesa	51
Figura 38	Análise da correlação das produções científica de energia tradicional em língua portuguesa	54
Figura 39	Distribuição por palavra-chave das publicações de energia emergente AWES em língua inglesa	55
Figura 40	Distribuição anual das publicações de energia emergente AWES em língua inglesa	55
Figura 41	Distribuição por tipo de documento energia AWES em língua inglesa	56
Figura 42	Distribuição por geografia da nacionalidade dos autores dos documentos de energia emergente AWES produzidos em língua inglesa	57
Figura 43	Distribuição por país dos documentos de energia emergente AWES produzidos em língua inglesa	57
Figura 44	Distribuição por citações dos documentos de energia emergente AWES em língua inglesa	58

Figura 45	Distribuição por produções científicas versus taxa de citações da energia emergente AWES em língua inglesa	61
Figura 46	Distribuição por geografia das revistas utilizadas nas publicações de energia emergente AWES em língua inglesa	62
Figura 47	Distribuição por revista da energia AWES em língua inglesa	63
Figura 48	Análise da correlação das produções científica de energia emergente AWES em língua inglesa	65
Figura 49	Comparação da distribuição do número de produções científicas da energia eólica tradicional com o número das publicações da energia emergente AWES em língua inglesa	66
Figura 50	Distribuição por palavra-chave das publicações de energia emergente AWES em língua portuguesa	67
Figura 51	Distribuição anual das publicações de energia emergente AWES em língua portuguesa	67
Figura 52	Distribuição por tipo de documento energia AWES em língua portuguesa	68
Figura 53	Distribuição por geografia dos autores dos documentos de energia emergente AWES produzidos em língua portuguesa	69
Figura 54	Distribuição por citações dos documentos de energia emergente AWES em língua portuguesa	69
Figura 55	Distribuição por geografia das revistas utilizadas nas publicações de energia emergente AWES em língua portuguesa	71
Figura 56	Distribuição por revista da energia AWES em língua portuguesa	72
Figura 57	Análise da correlação das produções científica de energia emergente AWES em língua portuguesa	73

Figura 58 Comparação da distribuição do número de produções científicas da energia eólica tradicional com o número das publicações da energia emergente AWES em língua portuguesa

73



## *Índice de Tabelas*

Tabela 1	Definição do número de produções científicas a pesquisar	29
Tabela 2	Itens definidos para o registo da pesquisa	29
Tabela 3	Palavras-chave utilizadas na pesquisa	30
Tabela 4	Quantidade de produções científicas recolhidas na pesquisa	31
Tabela 5	Lista das top dez produções científicas de energia tradicional mais citadas em língua inglesa	39
Tabela 6	Lista dos top vinte autores versus número de citações de energia tradicional em língua inglesa	40
Tabela 7	Lista dos top vinte autores de contributo individual versus ano da última publicação em língua inglesa	41
Tabela 8	Lista das top vinte revistas com publicações de energia tradicional em língua inglesa	43
Tabela 9	Lista de produções científicas de energia eólica tradicional em língua inglesa publicadas na revista com maior número de publicações deste estudo	44
Tabela 10	Lista dos top vinte autores versus número de citações de energia tradicional em língua portuguesa	49
Tabela 11	Lista dos top vinte autores de contributo individual versus ano da última publicação em língua portuguesa	50
Tabela 12	Lista das top vinte revistas com publicações de energia tradicional em língua portuguesa	52
Tabela 13	Lista de produções científicas de energia eólica tradicional em língua portuguesa publicadas na revista com maior número de publicações deste estudo	53

Tabela 14	Lista das top dez produções científicas de energia emergente AWES mais citadas em língua inglesa	59
Tabela 15	Lista dos top vinte autores de contributo individual versus ano da última publicação em língua inglesa	60
Tabela 16	Lista dos top vinte autores versus número de citações de energia emergente AWES em língua inglesa	61
Tabela 17	Lista das top vinte revistas com publicações de energia emergente AWES em língua inglesa	63
Tabela 18	Lista de produções científicas de energia emergente AWES em língua inglesa publicadas na revista com maior número de publicações deste estudo	64
Tabela 19	Lista dos top vinte autores versus número de citações de energia emergente AWES em língua portuguesa	70
Tabela 20	Lista dos top vinte autores de contributo individual versus ano da última publicação em língua portuguesa	71

## *Siglas e Acrónimos*

(ordenados por ordem alfabética)

- AWES – Airborne Wind Energy Systems
- CA – Corrente alternada
- CC – Corrente continua
- HAWT – Horizontal axis wind turbine
- IEA – International Energy Agency
- IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers
- m/s – Metro por segundo
- USA – United States of America
- UK – United Kingdom
- VAWT – Vertical axis wind turbine



# 1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é efetuado o enquadramento da investigação, descreve-se de forma breve as fontes de energia eólica, assim como a descrição da motivação para a abordagem deste tema. Por último, faz-se ainda uma referência à estrutura utilizada na dissertação.

## 1.1. ENQUADRAMENTO

A utilização de energia elétrica é um dos fatores para o crescimento económico e social de um país. Ao longo do tempo foram utilizadas várias fontes de energia, sendo que a sua origem tanto pode depender de combustíveis fósseis, nomeadamente, o carvão, petróleo, gás natural, entre outras, quer utilizar meios renováveis, como a hídrica, eólica, solar, das marés, biomassa.

Durante o século XX foram desenvolvidos inúmeros trabalhos de investigação por forma a utilizar a energia eólica como uma das principais fontes de produção de energia elétrica, mas estes trabalhos nunca obtiveram grandes desenvolvimentos, dado o constante desinteresse por parte das estruturas empresarias, isto porque era economicamente mais vantajoso utilizar fontes com origem em combustíveis fósseis (FREITAS A.W., 2008).

Mas na década de 70 com a crise energética mundial, quer com o aumento exponencial do valor do barril de petróleo, quer com o embargo aos países produtores de petróleo, fez despertar a consciência para a necessidade de utilização de outras fontes de produção de energia renovável (BURTON T., 2001; MELÍCIO R., 2010), assim como garantir a sustentabilidade e a segurança do seu fornecimento.

A produção de energia com recurso a fontes de combustíveis fósseis tem um efeito nefasto para o ambiente, dada a elevada produção de gases de efeito de estufa. Num panorama de desenvolvimento sustentável e eficiência dos recursos naturais, nos dias de hoje, em todo o mundo, são cada vez mais utilizadas fontes renováveis de produção de energia. Tendo, de forma progressiva, ocupado uma maior fatia da matriz energética e nos últimos anos a utilização de energia eólica têm tido uma maior importância (COIMBRA, 1999; CONCEIÇÃO, 2010; FADIGAS, 2011; TOFFLER, 1982).

Assim, para garantir as necessidades energéticas foram sendo instalados vários aerogeradores em torres com uma altura de cerca de 30 metros, de forma concentrada em determinados locais previamente definidos, criando assim os chamados parques eólicos tradicionais.

O primeiro parque eólico tradicional foi construído nos Estados Unidos da América na década de 80, mas este parque não produziu grandes resultados, devido às condições do

local, além de os promotores efetuarem uma má estimativa do valor do projeto (The Guardian, 2008).

Apesar do mau resultado desta primeira experiência, a construção de parques eólicos tradicionais não parou, tendo a sua construção aumentado de forma exponencial em todo o mundo. Em Portugal, por exemplo, o parque eólico tradicional do Alto Minho iniciou a produção de energia em 2009, mas atualmente já existem cerca de 250 parques eólicos tradicionais instalados ao longo de todo o país, cuja potência total instalada é de cerca 5,3GW.

No entanto, nos parques eólicos tradicionais existe uma limitação da captação do vento pelas pás, devido às características do solo, assim como à altura das torres que representa até 20% dos custos totais.

Para ultrapassar esta limitação, e de forma a permitir a captação dos ventos nas camadas superiores da atmosfera, são construídas torres com uma altura superior à tradicional, que poderá ir até 100m. No entanto, alguns estudos indicam que a utilização deste tipo de solução é economicamente inviável (FAGIANO, 2009).

Para contornar estes constrangimentos, têm aumentado os estudos e as pesquisas para a utilização de tecnologias emergentes de AWES - Airborne Wind Energy Systems. Esta tecnologia permite evitar as dificuldades existentes com a altura das torres eólicas, para isso são substituídas as torres por cabos flexíveis, e as pás por sistemas AWES. (CHERUBINI et al., 2015; ZILLMANN & HACH, 2014).

É neste contexto que este trabalho se insere, visa realizar uma pesquisa bibliométrica das produções científicas quer na língua inglesa e quer na língua portuguesa, referentes à utilização de energia eólica tradicional e tecnologia emergente AWES, desde 1960 até aos nossos dias, com o intuito de descrever e compreender a literatura científica, a sua cronologia, os padrões geográficos, a sua temática e as interações entre autores e instituições.

## **1.2. MOTIVAÇÃO**

Ao contrário do que se verificou no início do século, onde era privilegiado o uso de combustíveis fósseis para a produção de energia, nos últimos anos houve grandes evoluções no setor energético. Desta forma quer os avanços tecnológicos quer as preocupações ambientais, contribuíram para a procura de novos recursos energéticos sustentáveis.

Assim, a energia eólica é a que maior interesse desperta, dando origem à elaboração de vários estudos, tendo levado a uma rápida evolução na tecnologia utilizada.

Atualmente, esta fonte energética já é utilizada tanto na produção de pequena escala (microgeração), como na produção em parques eólicos. Simultaneamente estão a ser desenvolvidos estudos e pesquisas para utilização de tecnologias emergentes.

Quer o desenvolvimento de tecnologias, quer a inovação e soluções nesta área, são uma aposta no presente e serão certamente no futuro, isto porque, apesar da produção através da energia eólica ser de transformação aparentemente acessível, existem ainda algumas questões que devem ser aprofundadas, como, por exemplo, a imprevisibilidade da ocorrência do vento, a acumulação da energia excedentária, entre outras.

Assim com este estudo pretende-se ajudar os principais autores nas pesquisas de investigação, contribuindo com a descrição e análise da evolução das produções científicas ao longo dos vários anos.

## **1.3. ESTRUTURA**

Este documento foi estruturado em cinco capítulos. No capítulo 1, contextualiza-se a pesquisa efetuada, assim como se indica qual a motivação do estudo e descreve-se a estrutura desta dissertação.

No capítulo 2, faz-se uma breve referência à evolução histórica da energia eólica, aborda-se ainda os tipos de turbinas utilizadas, quais os seus componentes e as suas funcionalidades.

É ainda efetuada uma abordagem às novas tecnologias de produção de energia eólica AWES, referindo os seus componentes, assim como os princípios de funcionamento.

No capítulo 3, define-se a metodologia aplicada, isto é, refere-se qual o contexto da pesquisa e descreve-se os métodos utilizados.

No capítulo 4, efetua-se a análise dos dados recolhidos e expõe-se os resultados obtidos de forma separada para a energia eólica tradicional e AWES.

Por último, no capítulo 5, apresenta-se as conclusões do trabalho realizado, bem como sugestões para a realização de trabalhos futuros.



## 2. ENERGIA EÓLICA

Neste capítulo é descrito o estado da arte, onde se refere a evolução da utilização da energia eólica aos longo do tempo. Descreve-se ainda qual o conceito utilizado para a produção de energia eólica através das tecnologias tradicional e emergente AWES, assim como se discrimina os principais componentes usados em cada tipologia.

## 2.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA

As primeiras referências do aproveitamento da energia eólica pelo homem remontam à idade média. Esta energia era convertida em energia mecânica através da utilização de moinhos de vento que serviam para realizar as atividades agrícolas. Esta utilização iniciou-se no Médio Oriente no século VII, onde passaram a ter um papel importante na economia rural. Existem alguns indícios da sua utilização na Pérsia no século X (ver figura 1). Nessa altura as construções usavam eixos verticais, com pás de palha assentes numa estrutura de madeira. Estes dispositivos dependiam da direção do vento, sendo a sua principal utilização a moagem de cereais (MANWELL JAMES F, 2009).

No século XIII, apareceram as Panémonas Chinesas (ver figura 2), eram construídas de forma vertical sob um eixo de rotação e utilizavam um sistema de pás auto posicionáveis em bambu e tecido, permitindo assim reduzir a resistência do vento. A sua utilização era especialmente para bombagem de água e moagem de cereais. Tinham uma tecnologia superior à dos moinhos da Pérsia, e dada a sua forma de conceção, permitiam funcionar independentemente da direção do vento (HAU ERICH, 2013).



**Figura 1** Moinhos de vento na Pérsia no século X



**Figura 2** Panémonas Chinesas

Apesar de no Oriente serem fabricadas turbinas de eixo vertical, na Idade Média, na Europa foram inventadas turbinas de eixo horizontal que eram orientadas de acordo com a direção do vento, tendo sido bastante utilizados antes da revolução industrial. Apresentavam uma tecnologia totalmente diferente da dos moinhos do Oriente, isto é, a rotação era efetuada através de um eixo horizontal. A sua utilização ia desde a bombagem de água, à moagem de cereais. Com a revolução industrial, dada a facilidade de armazenamento e transporte, passou a utilizar-se o carvão para a produção de energia, tendo-se assim, descontinuado a utilização deste tipo de moinhos (MANWELL JAMES F, 2009).

No século XIX, a utilização dos moinhos de vento na Europa estava em decadência, no entanto, nos Estados Unidos a sua utilização, em especial na bombagem de água, estava em franco crescimento. Mas, a sua conceção era diferente do modelo holandês, isto é, era de construção fácil e leve, utilizavam múltiplas pás que possibilitavam o aproveitamento de ventos de menor intensidade (MANWELL JAMES F, 2009).

Nas figuras 3 e 4 estão representados os moinhos de vento utilizados na Europa e nos Estados Unidos.



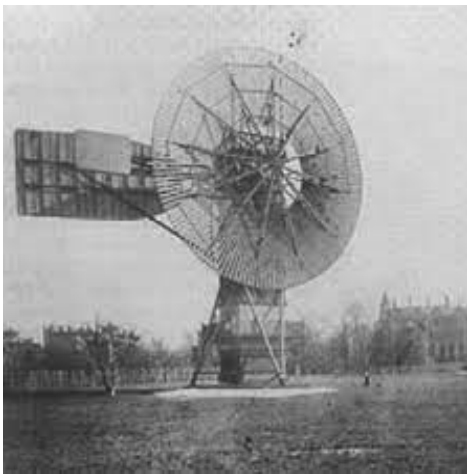
**Figura 3 Moinho de vento (modelo holandês)  
na Europa no século XIX**



**Figura 4 Moinho de vento na  
América no século XIX**

Devido à crescente necessidade da utilização de energia elétrica em zonas rurais, o industrial americano Charles Brush foi responsável pela construção do primeiro aerogerador (ver figura 5), no final do século XIX. Este aerogerador tinha 17 metros de diâmetro, um rotor com 144 pás e encontrava-se assente numa torre de 18 metros de altura, carregava uma bateria de acumuladores e a sua potencia era de 12KW.

No entanto, a primeira turbina eólica para produção de eletricidade foi criada pelo cientista dinamarquês Poul La Cour (ver figura 6). Com a energia proveniente da turbina, produzia hidrogénio através da eletrólise da água, que depois utilizava na iluminação da sua escola na Dinamarca, designada por Askov Folk High School (HAU ERICH, 2013).



**Figura 5 Primeiro aerogerador de Charles Brush no final do século XIX**



**Figura 6 Turbina eólica criada no século XIX pelo cientista dinamarquês Poul La Cour**

Na Alemanha, em meados do século XX, começou a ser implementado o mesmo modelo do aerogerador de Charles Brush, mas com algumas evoluções, como sendo a utilização de materiais compostos, métodos de controlo de ângulo de Pitch e torres na forma tubular.

Os estudos para a utilização de energia eólica têm cada vez maior relevância, quer pela redução da dependência de energia não renovável, especificamente com a utilização do petróleo, quer por motivos financeiros. Tendo este tipo de energia uma forte contribuição para o sistema de energia elétrica, tanto ao nível da produção, como ao nível de eficiência.

## 2.2. ENERGIA EÓLICA TRADICIONAL

A comercialização de turbinas eólicas ao longo dos vários anos tem sido alvo de um elevado desenvolvimento.

Na figura 7 pode-se observar que, quer o diâmetro do rotor de uma turbina eólica, quer a altura das torres, tem aumentado de forma significativa ao longo do tempo. Este aumento permite obter uma maior capacidade de produção de energia elétrica quando se utiliza uma única turbina.

Para além do aumento da produção de energia, o aumento do tamanho tem ainda a grande vantagem de que para a mesma quantidade de energia produzida é necessário um menor número de turbinas, sendo assim economicamente mais competitivo (CASTRO, 2003).

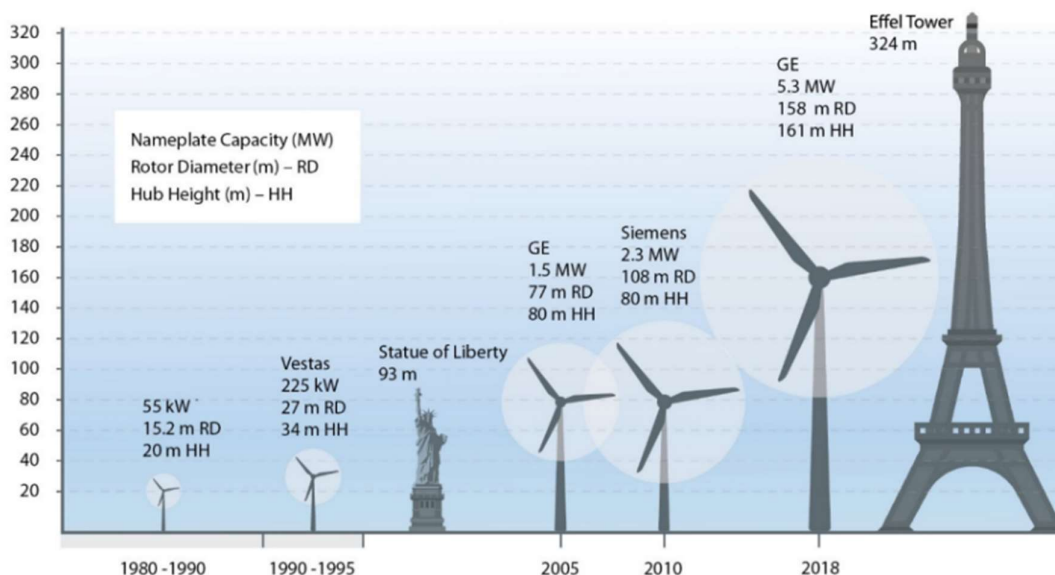


Figura 7 Evolução do tamanho e da potência dos aerogeradores desde 1980 (IEA, 2019)

### 2.2.1. CONCEITO

O conceito base utilizado numa turbina eólica, é converter em energia elétrica, toda a energia mecânica que é obtida pela ação do vento nas pás. Assim, este princípio é semelhante ao dos antigos moinhos utilizados nas atividades agrícolas.

No entanto, o movimento dos antigos moinhos era efetuado através do arrasto aerodinâmico permitindo assim moer os cereais, atualmente, nas turbinas eólicas o princípio construtivo é a sustentação aerodinâmica, com recurso a pás de perfil aerofólio.

Pode-se encontrar dois tipos de turbinas eólicas, cuja sua designação depende do eixo de rotação das pás, podendo ser horizontal ou vertical.

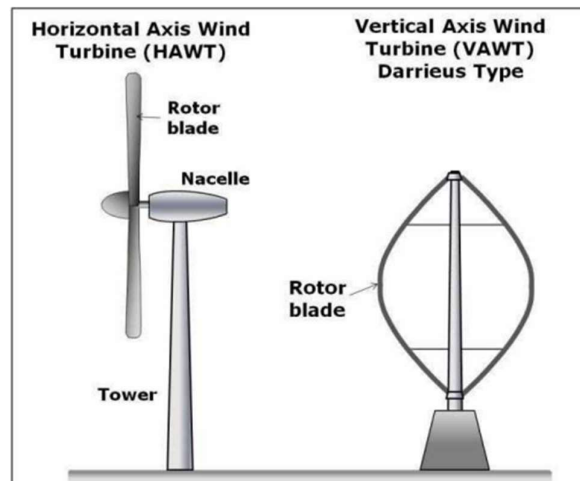
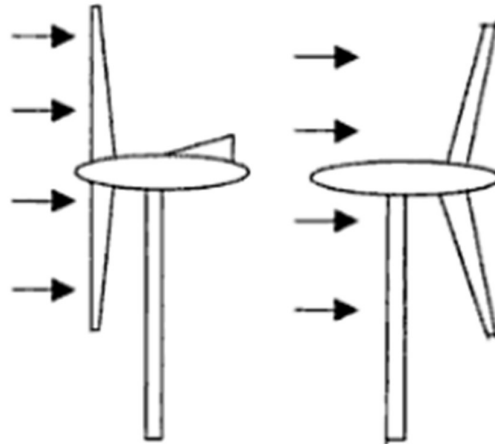


Figura 8 Exemplo de uma turbina de eixo horizontal (esq.) e de eixo vertical (dir.)

A turbina que atualmente se comercializa é a com eixo de rotação horizontal (HAWT), devido à sua elevada eficiência aerodinâmica. Esta turbina tem o seu eixo rotacional assente na direção horizontal, assim permite que mesmo a baixas velocidades de vento este tipo de turbina funcione. Tem como principal desvantagem, a necessidade de se orientar segundo a direção do vento. Assim é colocado um sistema de orientação de alinhamento denominado

de *yaw*, cuja função é alinhar o rotor na direção do vento incidente (MATHEW SATHYAJITH, 2006).

Como se pode verificar na figura 9, estas turbinas são ainda classificadas quanto à posição do rotor em relação à torre, assim poderá ser a montante *upwind* ou a jusante *downwind*.

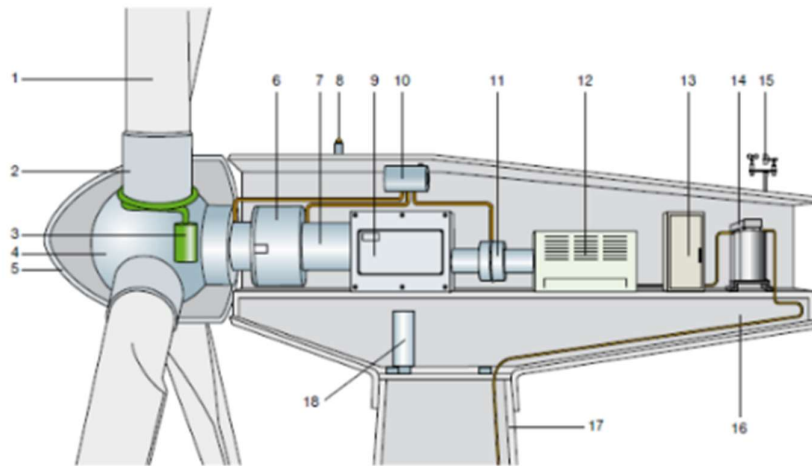


**Figura 9** Posição do rotor em relação à torre: *upwind* e *downwind* [Adaptado:(MATHEW SATHYAJITH, 2006)]

As turbinas de eixo de rotação vertical (VWART), são também conhecidas como turbina *Darrieus*. O equipamento de conversão de energia desta turbina está localizado junto ao solo, e o seu eixo de rotação é colocado na direção vertical para permitir receber vento de qualquer uma das direções. Ao contrário das turbinas de eixo horizontal, que necessitam de um sistema de orientação, nas turbinas de eixo vertical este sistema não é utilizado. Uma nota importante, é o facto de quando estas turbinas param, não têm a possibilidade de se auto-iniciar, sendo considerada uma desvantagem (MATHEW SATHYAJITH, 2006).

## 2.2.2. COMPONENTES

Na figura 10, estão representados os vários componentes, quer de origem mecânica quer de origem elétrica, de uma turbina eólica cuja função é converter energia cinética do vento em energia elétrica.



Legenda			
1	pá	7	veio principal
2	suporte pá	8	luzes de aviso
3	controlador de ângulo de ataque	9	caixa de velocidades
4	cubo	10	travões mecânicos
5	spinner	11	dispositivo de arrefecimento hidráulico
6	suporte do veio principal	12	gerador
		13	conversor e controlador de potência
		14	transformador
		15	anemómetro e cata-vento
		16	estrutura da nacelle
		17	torre de suporte
		18	dispositivo de rotação

**Figura 10** Descrição dos componentes de uma turbina eólica (ABB, 2011)

Para melhor compreensão dos principais componentes de uma turbina eólica, vamos descrever a constituição da pá, do cubo, da *nacelle*, dos geradores e da torre.

Iniciando assim a descrição da pá, esta é responsável por efetuar a interação da turbina com o vento, desta forma é um componente de extrema importância. Nos estudos desenvolvidos por (H. GLAUERT, 1926), verifica-se que a conceção do seu design é fundamental, para

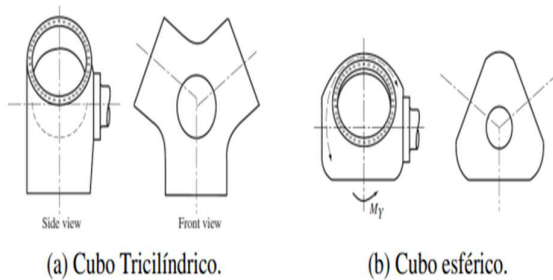
obter a melhor eficiência. Estes estudos atualmente ainda são utilizados, mas foram introduzidas algumas modificações.

A sua construção é efetuada com recurso a pilares alares que devem ser suficientemente leves para garantir a sua sustentação. No entanto, devido ao facto de existir uma enorme flutuação na velocidade e orientação do vento, que resultam em movimentos de torção e flexão, as pás devem ser contruídas com uma rigidez suficiente, para garantir que sejam resistentes aos esforços mecânicos envolvidos.

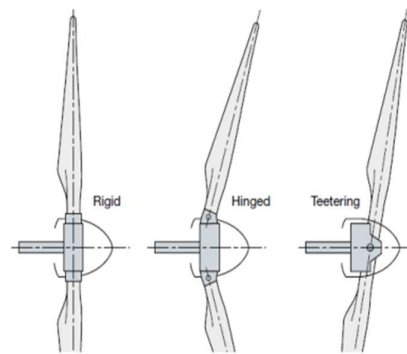
Assim, são utilizados materiais de compósitos leves na sua construção, como fibras reforçadas com polímeros plásticos. A utilização deste tipo de materiais garante as propriedades mecânicas necessárias ao funcionamento.

Relativamente ao cubo, este é o componente que efetua a interligação entre as pás e o veio principal. Deverá ser contruído com uma enorme resistência mecânica, dado que está permanentemente submetido a três esforços distintos, isto é, ao carregamento simétrico no rotor, ao carregamento em cada pá e aos movimentos gravíticos nas pás. De forma a garantir estes esforços, na sua construção é utilizada a fundição de metais, sendo normalmente utilizado o ferro fundido de grafite esferoidal (T. BURTON et al., 2011).

De acordo com a figura 11, no que respeita à sua forma, pode-se encontrar dois modelos de construção distintos: o tri-cilíndrico e o esférico.



**Figura 11 Tipo de construção do cubo de uma turbina eólica**



**Figura 12 Tipo de montagem do cubo numa turbina eólica**

Quanto à sua forma de montagem, esta caracteriza-se de acordo com a orientação das pás em função da estrutura transversal da HWAT, como se pode observar na figura 12. Verifica-se ainda que, em relação às categorias, estas podem ser divididas em três, a Rigid, a Teerering e a Hinged.

O equipamento de ajustamento do ângulo de ataque das pás (Pitch System) está também localizado no cubo, cuja função é garantir o maior rendimento da turbina.

No que concerne à *nacelle*, este é o local onde estão armazenados os equipamentos de conversão de energia mecânica em energia elétrica. Na figura 13 pode-se encontrar o exemplo de uma *nacelle*.

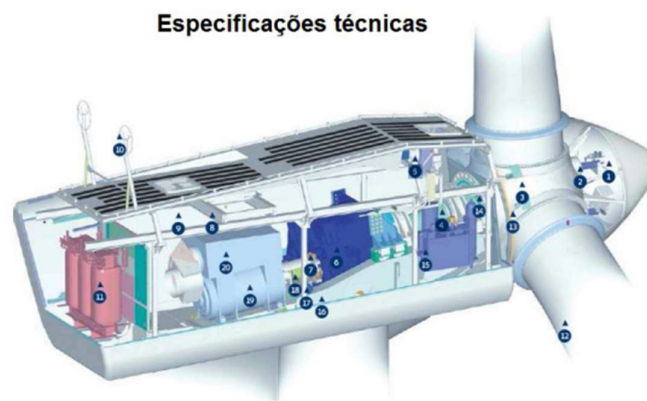


Figura 13 Exemplo de uma *nacelle* utilizada numa turbina eólica

É também na *nacelle* que está localizado o mecanismo *yaw*, que alinha o rotor em função do escoamento incidente do vento. É constituído por um ou mais motores, que de acordo com a informação recebida da direção do vento, faz girar a *nacelle*, de forma a garantir o melhor alinhamento em função da origem do vento. (MATHEW SATHYAJITH, 2006).

(CASTRO, 2003) refere que o sistema de monitorização do vento está localizado no topo superior da *nacelle*, através de um anemómetro, e que este sistema garante que as turbinas

modernas entrem em funcionamento a partir de 3,5 m/s, assim como indica que a sua paragem é efetuada com ventos superiores a 25 m/s.

No que respeita ao tipo de geradores utilizados, usualmente na grande parte das turbinas eólicas são instalados geradores assíncronos, no entanto em algumas instalações podem-se encontrar geradores síncronos.

O princípio de funcionamento de um gerador assíncrono é semelhante a um motor trifásico de indução, no entanto existe uma diferença entre ambos, isto é, o sentido da corrente elétrica é oposto. Assim, o equipamento funciona como gerador assíncrono, quando a velocidade angular elétrica do rotor é superior à velocidade do campo girante do estator.

No que respeita aos geradores síncronos, a frequência da corrente elétrica gerada está sincronizada com a frequência de rotação do motor. O seu princípio de funcionamento é semelhante a um motor síncrono.

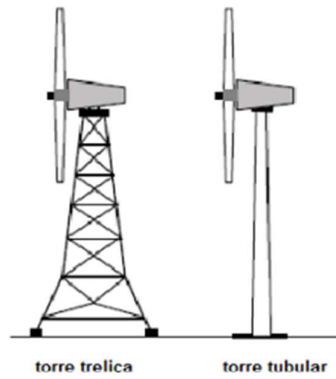
Estes geradores são denominados alternadores, e estão ligados à rede por um sistema de conversão CA/CC/CA (corrente alternada/corrente contínua/corrente alternada).

Em relação à torre, esta tem como função o suporte da *nacelle* e do rotor a uma altura onde a velocidade do vento seja mais elevada, garante também a estabilidade operacional do aerogerador.

Na década de 80, na sua construção era normalmente utilizada uma estrutura de treliças, no entanto, atualmente são utilizadas torres tubulares. Esta alteração ao tipo de construção deveu-se ao facto de as torres em treliça terem uma enorme quantidade de ligações roscadas, cuja sua manutenção se tornava difícil e dispendiosa.

As torres tubulares, ao contrário das em treliça, tem menor número de ligações roscadas e garantem também o acesso à *nacelle* com maior segurança, dado que este acesso é efetuado pelo seu interior.

Quando se dimensiona o tamanho de uma torre, é necessário ter em consideração a melhor forma de evitar a ressonância entre a frequência de passagem das pás e as flutuações de impulso de rotor.

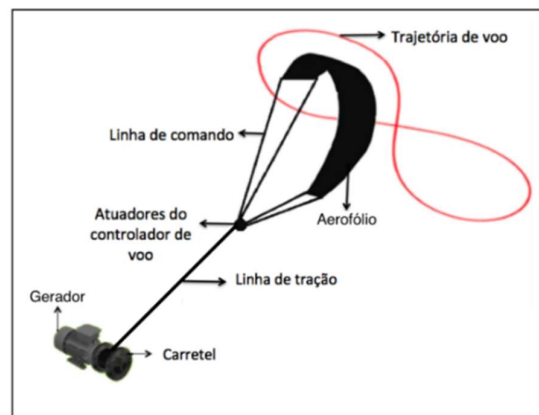


**Figura 14 Exemplo das estruturas de Torres eólicas: Treliça e Tubular** (MATHEW SATHYAJITH, 2006)

### 2.3. ENERGIA EMERGENTE AWES

A produção de energia eólica através de equipamentos emergente AWES é uma tecnologia recente e inovadora, que utiliza dispositivos aéreos, que podem ser do tipo balão, asas similares a um parapente, kitesurf ou avião, para permanecerem no ar recorrendo às forças aerodinâmicas ou aerostáticas, cujo principal objetivo é aproveitar a energia do vento em grandes altitudes.

Na figura 15 estão representados os principais componentes de um sistema de geração de energia do tipo kite pumping.



**Figura 15 Componentes de um sistema AWES do tipo kite pumping.**

### 2.3.1. CONCEITO

Esta nova tecnologia de energia eólica através da energia emergente AWES, pretende produzir energia elétrica de forma mais vantajosa do que a tecnologia convencional, com recurso a dispositivos simples e leves, que exploram os ventos existentes em grandes altitudes.

FAGIANO et al., 2010, referem que 20% da superfície da ponta da pá de uma torre eólica tradicional é responsável por cerca de 80% da energia elétrica produzida, devido ao facto da velocidade tangencial na ponta da pá ser superior. Portanto, podemos afirmar que a velocidade efetiva do vento tem maior influência na parte exterior da pá. Sabendo que a energia que se obtém aumenta com o cubo da velocidade do vento, concluímos que, quer a torre quer a estrutura da pá, têm pouco significado na produção de energia elétrica.

Assim, retirando toda a estrutura da torre de uma turbina tradicional, mantendo apenas a extremidade da pá, esta mover-se-ia através do vento como um sistema de energia emergente (FAGIANO et al., 2010).

Portanto, num sistema de energia eólica emergente são substituídas as pás de uma turbina tradicional pelos sistemas AWES (kite pumping, avião, parapente), e a torre por um ou mais cabos ligados ao solo, cuja finalidade é transferir a energia ao gerador. Os AWES aproveitam as grandes altitudes, onde o vento é frequentemente mais forte para produzir energia.

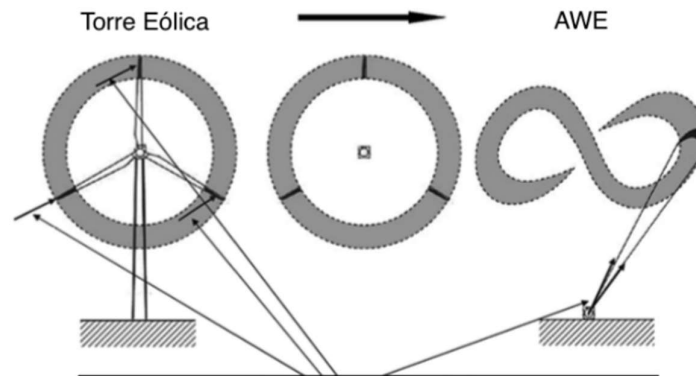
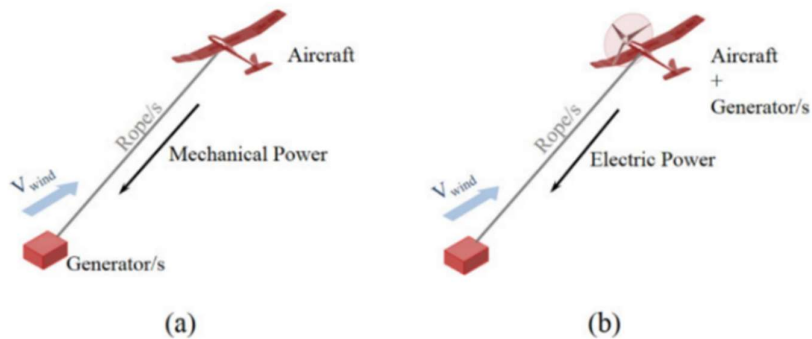


Figura 16 Conceito básico da constituição de um sistema de AWES (FAGIANO et al., 2010)

### 2.3.2. COMPONENTES

Na última década várias instituições, tem investigado inúmeras alternativas dos sistemas emergentes de AWES, cujo objetivo é produzir energia limpa de baixo custo. Existem várias soluções para classificar estes sistemas. No entanto quando se referem ao tipo de produção de energia, usualmente classifica-se como “Modo de Sustentação” (Ground Generation Systems) ou “Modo de Arrasto” (Fly Generation Systems).



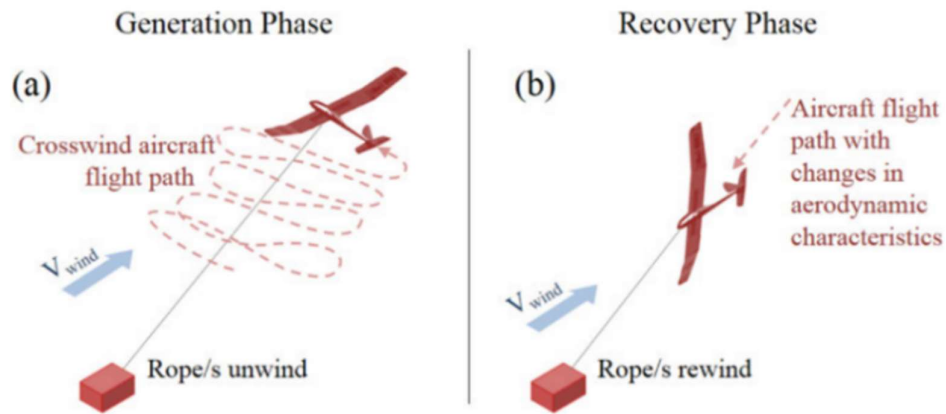
**Figura 17 Exemplo de um sistema AWES em modo de sustentação (a) e modo de arrasto (b)**  
(CHERUBINI et al., 2015)

Num sistema do tipo AWES em modo de sustentação, a energia elétrica é produzida no solo. O sistema utiliza a força de tensão exercida no cabo que suporta o avião, para desenrolar o cabo do tambor, este movimento provoca a rotação do gerador elétrico. Neste tipo de sistema, o ciclo de produção é efetuado em duas fases (ver figura 18).

Na primeira fase, denominada por “fase de geração”, o cabo que suporta o avião é controlado de forma a produzir uma elevada força de sustentação. Esta força é induzida no cabo, que garante que o mesmo seja desenrolado do tambor, este movimento induz assim a rotação do gerador produzindo a energia elétrica. Nesta fase, o avião efetua um percurso periódico em voo cruzado, sendo comum efetuar movimentos circulares ou em “forma de oitos”.

Dado que o comprimento do cabo é limitado, é necessária a utilização de uma segunda fase, que se denomina por “fase de recuperação”. Assim o motor efetua a recolha do cabo para

colocar o avião na sua posição inicial. Este movimento altera a trajetória do avião reduzindo a força de sustentação, que por sua vez diminui a energia gasta no movimento. Para que este sistema se torne eficaz, toda a energia produzida na fase de geração deve ser superior à energia consumida na fase de recuperação.



**Figura 18** Esquema de produção de energia de um sistema AWES em duas fases. a) fase de geração; b) fase de recuperação (CHERUBINI et al., 2015)

Num sistema de energia eólica AWES em modo de arrasto, o avião transporta uma ou mais turbinas que são responsáveis por produzir energia elétrica a bordo. A produção desta energia é transmitida ao solo por um cabo condutor. E este cabo deve resistir às fortes tensões exercidas no ar.

O transporte destas turbinas, adicionam uma tensão de arrasto no avião, sendo este o motivo pelo qual este tipo de produção de energia é denominado. Ao contrário do modo de sustentação, não é necessário a utilização de uma fase de recuperação no modo de arrasto porque a produção de energia é geralmente contínua.



# 3. METODOLOGIA

Neste capítulo é descrita a importância de analisar o estado da arte com recurso a uma análise bibliométrica. É também referida a metodologia de pesquisa utilizada, identificando as palavras-chave e indicando qual a forma de registo.

### 3.1. IMPORTÂNCIA DE ANALISAR E ORGANIZAR O ESTADO DA ARTE

Uma análise bibliométrica é definida por (GAUTAM, 2017) como uma técnica de análise quantitativa e qualitativa que pretende avaliar quais os contributos efetuados ao longo do tempo, por autores e instituições, cuja sua finalidade é prever a evolução do tema em estudo.

Ou seja, as análises bibliométricas pretendem demonstrar para um determinado tema, dentro de um período de tempo previamente definido, qual o caminho que a ciência já percorreu ou que previsivelmente poderá ainda percorrer. Para isso, analisa o material bibliográfico de uma perspetiva objetiva, cuja principal função é organizar a informação (BARBOSE, 2016; MONTERO DÍAZ, 2018).

Ao longo dos anos foram efetuados vários estudos, assim como publicadas inúmeras produções científicas sobre os métodos de obtenção de energia através de turbinas eólicas, e mais recentemente o mesmo sucedeu com as tecnologias emergentes de AWES. Assim, com o objetivo de permitir efetuar uma análise bibliométrica, foi realizada uma pesquisa de produções científicas publicadas desde 1960 até aos nossos dias.

ARAÚJO, 2006 e FERNÁNDEZ-LLIMÓS, 2012, referem que é necessário avaliar e organizar com frequência o grande número de produções científicas publicadas, dado que é desta forma que se garante que as novas produções que derivam das atuais publicações se tornem também confiáveis. ARAÚJO, 2006 descreve quais são as metodologias bibliométricas existentes e o seu papel na medição e avaliação quer dos autores, quer das produções científicas publicadas.

Quando se efetua um estudo bibliométrico dentro de uma área específica da ciência, pode dizer-se que se efetua uma análise cienciométrica, Ferreira Araújo & Alvarenga, 2011, define a ciencimetria como uma técnica de análise quantitativa de produções científicas numa área específica de conhecimento.

Para além da avaliação quantitativa de autores e produções científicas, é ainda extremamente importante efetuar uma análise mais aprofundada. ROMANOWSKI & P. ENS, 2006, refere que a produção científica necessita de artigos “[...] que desvendam e examinem o conhecimento já elaborado e apontem os destaques, os temas mais pesquisados e as lacunas existentes [...]”. Indicam ainda, que as pesquisas que efetuem este tipo de análises são as

mais aliciantes, dado que permitem “[...] indicar caminhos que têm sido seguidos e aspetos que são abordados em detrimento de outros [...]”, sendo cada vez mais essencial efetuar este tipo de pesquisa, devido à crescente evolução da ciência e da tecnologia (ROMANOWSKI & P. ENS, 2006).

Assim, neste capítulo pretende-se descrever, de forma simplificada, qual a metodologia utilizada para a pesquisa das diversas produções científicas, isto é, de que forma foi efetuada esta pesquisa para a amostragem definida.

Especificam-se ainda os critérios utilizados na realização da amostragem das produções científicas, assim como se define qual a forma de efetuar o registo e quais os dados a registar.

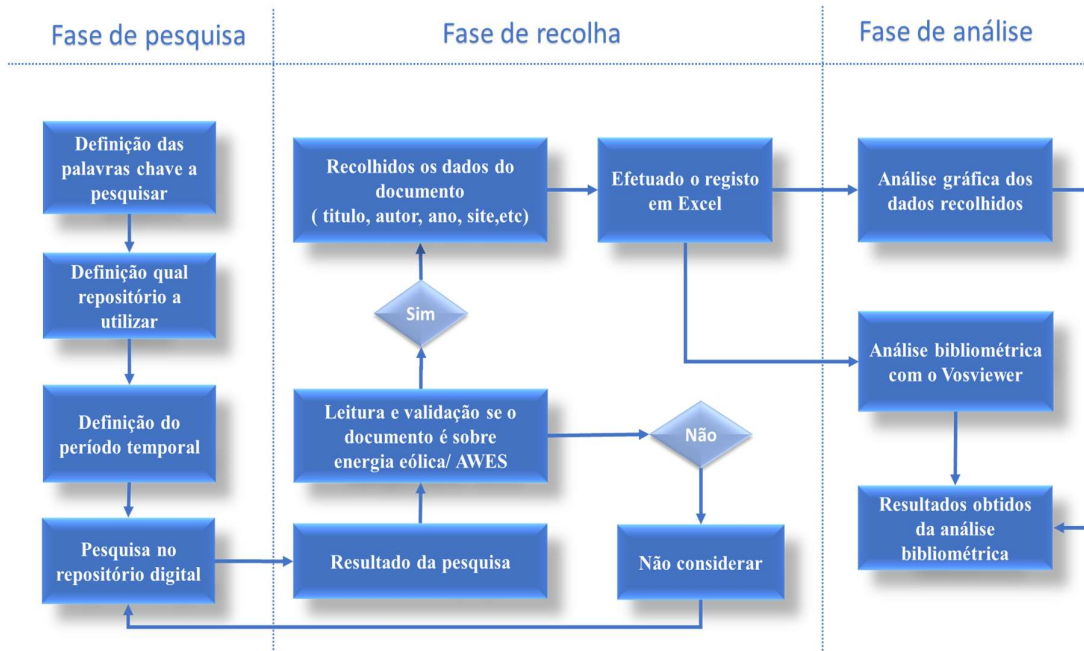
### **3.2. METODOLOGIA DE PESQUISA DA LITERATURA**

A bibliometria é um instrumento que permite efetuar a análise da evolução de um tema em estudo, tendo por base a estrutura intelectual, social e conceptual (ZUPIC & T. ČATER, 2015). Estes autores referem ainda que a utilização de métodos bibliométricos são complementares aos métodos tradicionais de análise de produções científicas, o que desta forma torna assim aumentada a eficácia desse estudo. TSAY M-Y., 2008, refere que se deve utilizar a bibliometria para efetuar uma análise por autores ou instituições.

Como a figura 19 apresenta, no que respeita à estrutura de pesquisa, o trabalho divide-se em três etapas:

- Na primeira etapa efetua-se um levantamento teórico da metodologia a utilizar, isto é, definiram-se as palavras-chave e o período temporal, assim como, qual o repositório de pesquisa a utilizar. Realizando-se de seguida a pesquisa.
- Na segunda fase, obteve-se os resultados em “bruto”, que se analisaram com o objetivo de validar se as produções científicas pesquisadas se encontravam de acordo com o tema em estudo. Efetuada esta validação, recolheram-se os dados dos documentos e registaram-se num ficheiro Excel, caso não tenha sido validado, este não se considerou para a recolha e registo.

- Na terceira etapa, realizou-se a análise gráfica e bibliométrica dos dados recolhidos. Sendo apresentados posteriormente os resultados obtidos.



Fonte: autor

**Figura 19 Metodologia adotada para a análise bibliométrica**

A pesquisa das diversas produções científicas, foi efetuada com recurso às tecnologias digitais, dada a facilidade de obtenção.

FERNÁNDEZ-LLIMÓS, 2012, no seu artigo, identifica alguns exemplos de bases de dados que podem ser utilizadas numa análise bibliométrica. No entanto, dada a grande variedade de fontes e motores de pesquisa existentes, foi necessário identificar qual a melhor ou melhores fontes a utilizar. Assim avaliou-se alguns dos motores de pesquisa recomendados, como por exemplo o “Web Of Science”, o “Scopus”, o “Scielo”, o “Google Scholar”.

Poder-se-ia ainda utilizar os sites da IEEE e Elsevier, onde se encontram os artigos e revistas científicas, mas dado que estes também se podem encontrar através dos motores de pesquisa referidos, definiu-se não efetuar a pesquisa por estes sites.

Verificou-se que ao utilizar o motor de pesquisa “Google Scholar”, este efetua as pesquisas de produções científicas com base em vários motores de pesquisa, entre os quais os referidos. Assim, optou-se por utilizar unicamente o “Google Scholar” para as pesquisas a efetuar neste estudo.

Para FERREIRA, 2002, quando se pretende analisar corretamente uma determinada área de conhecimento, usando uma análise bibliométrica, devem ser respondidas as questões “quando”, “onde”, “quem”, “o quê” e “como”. Este tipo de análise do estado de arte considera a produção científica de uma forma global, e deve ser aplicado a todas as produções científicas.

Este “mapear do conhecimento”, como ROMANOWSKI & P. ENS, 2006 refere, permite dentro de uma determinada área de estudo, encontrar quais as possíveis omissões e tendências de orientação na área em estudo. No entanto, ao utilizar-se esta metodologia de pesquisa efetua-se a análise de forma qualitativa. Mas recorrendo-se à bibliometria, efetua-se a análise utilizando técnicas quantitativas.

Tendo como nota que existem dois métodos distintos de obtenção de energia eólica (a tradicional e a AWES), achou-se por bem, efetuar a pesquisa separadamente para cada um dos dois métodos, o que nos permite assim obter um leque mais abrangente de produções científicas. Definiu-se também, que para cada um dos dois métodos efetuava-se a pesquisa das produções científicas na língua inglesa e na língua portuguesa.

Para realizar uma pesquisa bibliométrica, é necessário definir um conjunto de palavras-chave que podem ser conjugadas ou individuais, de forma a permitir encontrar os títulos e resumos do tema a pesquisar. Assim, é importante escolher o conjunto de palavras-chave mais adequado, para garantir que é realizada uma boa pesquisa das produções científicas.

Desta forma, foram definidas as palavras-chave a utilizar. Determinaram-se quais as palavras que seriam utilizadas de forma individual e quais as que se poderiam conjugar. Na conjugação das várias palavras-chave, utilizaram-se duas ou mais palavras individuais, assim como se definiu utilizar os seguintes conectores de ligação, “e”, “and”.

Para garantir que se obtêm o maior número de artigos, não se restringiu o tipo de artigos, registando-se todos os artigos que foram sendo encontrados. No entanto, a pesquisa foi limitada no tempo, isto é, foi definido o intervalo temporal entre 1960 e junho de 2023.

Definiram-se como quatro, o limite máximo de palavras-chave conjugadas a utilizar na pesquisa, dado que quando se efetua uma pesquisa com uma conjugação de palavras superior, e estas contêm as palavras já utilizadas de forma individual ou conjugada, a pesquisa torna-se mais restrita, o que leva a pesquisar artigos já encontrados. Desta forma, utilizando esta restrição, evita-se que se efetuem registos de artigos duplicados.

Determinadas as palavras-chave e respetivas conjugações, permite agora efetuar a pesquisa com a utilização de filtros, como por exemplo, filtrar pelo período de publicação, pelas áreas científicas, pelo país de um autor ou publicação, pela língua da produção científica, entre outros.

Assim, definida a forma de pesquisa, cria-se a base de dados onde serão registadas as produções científicas, que posteriormente serão analisadas de forma qualitativa e quantitativa.

A análise quantitativa, permite analisar a evolução das produções científicas ao longo dos anos, qual o seu número, que países produziram, entre outros. A análise qualitativa, recorrendo a métricas e indicadores de qualidade, possibilita a análise da qualidade das produções científicas.

### **3.3. METODOLOGIA DE RECOLHA DE DADOS**

A bibliometria é a ciência que estuda a estrutura das produções científicas, baseando-se nas fontes bibliográficas, com o intuito de localizar os melhores autores, assim como identificar quais as suas relações (SPINAK, 1996).

A composição da base de dados, com as produções científicas consideradas relevantes para a pesquisa, deverá ser estruturada, assim como desenvolvida em duas etapas.

A primeira etapa, corresponde à pesquisa dos artigos, de forma a criar a base de produções científicas em “bruto”, na segunda etapa, efetua-se a seleção destas produções científicas de acordo com o tema da pesquisa. O resultado desta base de dados com as produções mais

relevantes para o estudo, denominando-se por Portfólio Bibliográfico (AFONSO, 2011; ENSSLIN, 2010; LACERDA et al., 2012).

Como referido anteriormente, efetuou-se a pesquisa bibliométrica com recurso ao motor de pesquisa GoogleScholar. Usaram-se ainda as palavras-chave previamente definidas, de forma a facilitar a identificação de produções científicas correspondentes ao tema em estudo.

Antes de iniciar a pesquisa, determinou-se que as produções científicas seriam pesquisadas quer em língua portuguesa e quer em língua inglesa, assim como foi definida a quantidade de produções a pesquisar. A tabela 1 mostra para cada tipologia de energia eólica, qual a quantidade de produções científicas definida, para a amostragem desta pesquisa, e na tabela 2, podemos observar que itens foram definidos para registar a pesquisa efetuada.

**Tabela 1 Definição do número de produções científicas a pesquisar**

	Quantidade produções científicas
<b>Tradicional</b>	
Língua inglesa	500
Língua portuguesa	100
<b>AWEs</b>	
Língua inglesa	500
Língua portuguesa	100

Fonte: autor

**Tabela 2 Itens definidos para o registo da pesquisa**

Itens definidos para o registo da pesquisa										
Palavra usada na pesquisa	Título do documento	Ano	Autor	Tipo documento	Número de citações	Pais revista	Pais de autores	Nome de revista	Site encontrado	motor de pesquisa utilizado

Fonte: autor

Dado que uma análise bibliométrica tem por base a definição de palavras-chaves a utilizar numa pesquisa, na tabela 3 encontramos as palavras-chave escolhidas para este estudo.

**Tabela 3 Palavras-chave utilizadas na pesquisa**

2 palavras-chaves	energia eolica	Wind Park	AWES Simulation
	Eolic energy	Wind Shear	kite farms
	eolic modelization	Wind Simulation	Kite Power
	renewable modelization	wind turbine	Wind energy
	Wind distribution	Airborne modelization	Wind farms
	Wind energy	AWES farm	Wind Shear
	Wind farms	AWES farms	energia eolica
	wind modeling	AWES model	geradores eolicos
	wind optimization	AWES optimization	modelação aerogeradores
3 palavras-chaves	eolic energy turbines	electric airborne transmission	Wind power thesis
	renewable wind energies	Airborne energy simulations	Turbina vento energia
	renewable wind modelization	Airborne wind modelization	energia do vento
	traditional wind turbines	AWES wind turbine	modelação energia renovavel
	Wind Distribution thesis	Kite farms power	parque eolico simulação
	wind energy advantages	Kite pumps farm	distribuição vento aerogeradores
	wind optimization thesis	renewable energy awes	airborne energia vento
	Wind simulation Thesis	wind energy advantages	AWES energia eólica
wind turbine thesis	Wind Power law		
4 palavras-chaves	renewable energy wind turbine	wind modelization and optimization	wind farm modelization simulation
	traditional wind turbines energy	wind simulation and modeling	vento simulação e modelação
	wind energy optimization simulation	Airborne Wind Energy Systems	aerogeradores simulação e modelação
	wind farm modelization simulation	airborne wind turbine advantages	
	wind modeling and optimization	awes modeling and optimization	

Fonte: autor

Definidos os itens a pesquisar, assim com as palavras-chave a utilizar, podemos iniciar então a pesquisa com recurso ao Google Scholar. Quando se realizou a pesquisa, deparou-se que a quantidade de produções científicas AWES em língua portuguesa é ainda muito reduzida, assim como se verifica na tabela 4, foi necessário reduzir o número inicialmente definido.

**Tabela 4** Quantidade de produções científicas recolhidas na pesquisa

	Quantidade produções científicas inicialmente previstos	Quantidade produções científicas registados após pesquisa
<b>Tradicional</b>		
Lingua Inglesa	500	500
Lingua Portuguesa	100	100
<b>AWEs</b>		
Lingua Inglesa	500	500
Lingua Portuguesa	100	12

Fonte: autor

As pesquisas efetuadas foram registadas no software Excel, que permitiu posteriormente efetuar a análise quantitativa da distribuição ao longo dos anos, do tipo e quantidade de produções científicas encontradas.

No entanto, a análise qualitativa foi efetuada através do VOSviewer, dado que este software permite efetuar a construção e visualização de redes. A base de construção destas redes, podem incluir períodos de tempo, autores, citações, cocitação, relação de coautoria, entre outras (VOSviewer, 2023).



## 4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA À ENERGIA EÓLICA TRADICIONAL E À ENERGIA EMERGENTE AWES

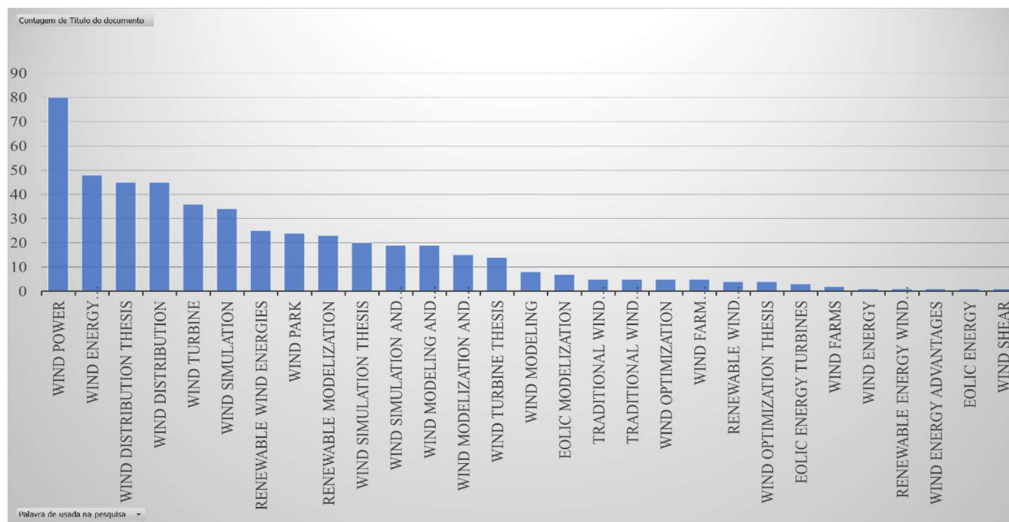
Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos na pesquisa efetuada, identificando quais as palavras-chave de maior relevo, a procedência geográfica, a correlação das citações, a análise de redes de correlação.

Os resultados apresentados neste capítulo, referem-se ao levantamento efetuado para o tema proposto desta dissertação. O princípio utilizado para o estudo dos dados recolhidos, foi o descrito no capítulo anterior, isto é, a análise foi efetuada separadamente quer para a energia eólica tradicional, quer para a energia emergente AWES. No entanto esta análise não se limitou à separação por tipologia, tendo também sido separadas e analisadas as produções científicas de língua inglesa e de língua portuguesa.

#### 4.1. ANÁLISE DE DADOS DA ENERGIA EÓLICA TRADICIONAL

##### 4.1.1. ANÁLISE DE DADOS DAS PRODUÇÕES CIENTÍFICAS EM LÍNGUA INGLESA

A figura 20, representa a distribuição das quinhentas produções científicas resultado da pesquisa pelas combinações definidas em língua inglesa, incluindo os conectores utilizados. Observa-se que cerca de 10% das palavras-chave utilizadas não obtiveram uma grande expressão nas pesquisas realizadas, sendo as combinações “wind shear”, “wind energy advantages”, “eolic energy”, “renewable energy wind”, as que apresentaram o menor número de resultados.



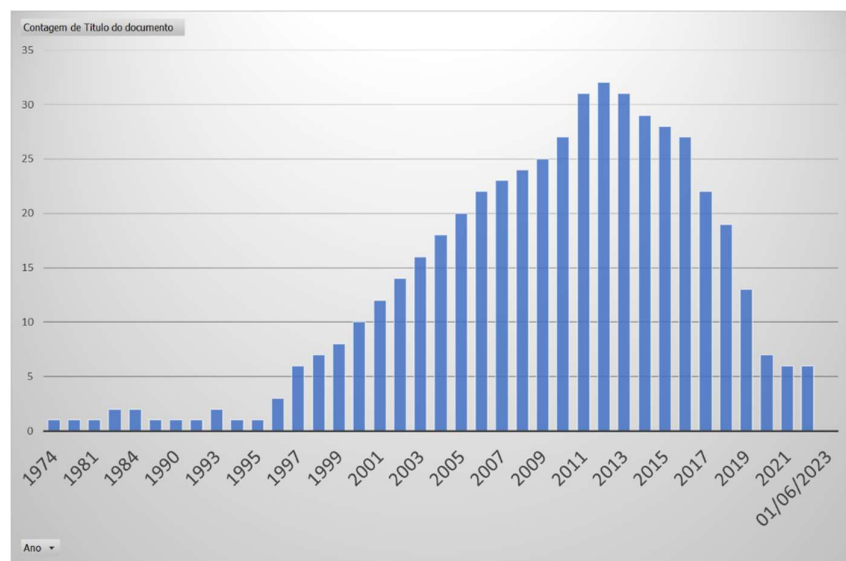
Fonte: autor

**Figura 20 Distribuição por palavra-chave das publicações de energia tradicional em língua inglesa**

A figura 21 representa a distribuição das produções científicas produzidas nos últimos quarenta e oito anos. Verificou-se que as primeiras publicações identificadas foram no ano de 1974, no entanto entre esta data e 1996 os estudos efetuados foram muito reduzidos. A partir de 1996 iniciou-se um crescimento ainda que discreto nos primeiros anos, mas com tendência crescente.

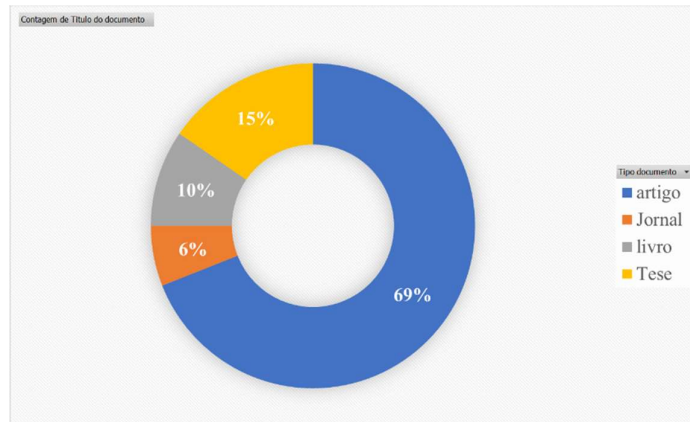
Com crescimento da utilização da internet, a partir dos anos 2000, verificou-se que o número de produções científicas aumentou bastante, tendo sido registados em 1996 e 2000 respetivamente três e dez publicações, e no ano de 2012 obtiveram-se trinta e três.

No entanto, após 2013 existe uma tendência de queda, inicialmente ligeira, até ao ano de 2016 com vinte e duas produções científicas, mas após 2017 esta redução é muito acentuada e em 2021 e 2022 foram registadas apenas seis produções na amostra deste estudo.



Fonte: autor

**Figura 21** Distribuição anual das publicações de energia tradicional em língua inglesa

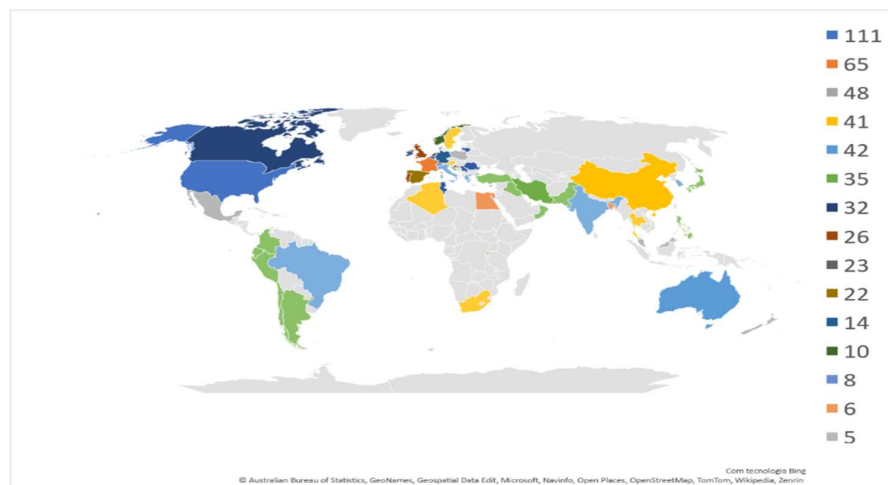


Fonte: autor

**Figura 22 Distribuição por tipo de documento de energia tradicional em língua inglesa**

Na figura 22 representa a análise efetuada para cada tipo de publicação científicas. Verificou-se que 69% das produções científicas foram artigos publicados em revistas da especialidade. No que concerne a teses de dissertação a pesquisa obteve uma taxa 15%, para os livros a taxa foi de 10%, já os jornais obtivemos uma taxa de 6%.

A diversidade da nacionalidade dos autores que produziram produções científicas estão representadas nas figuras 23 e 24.



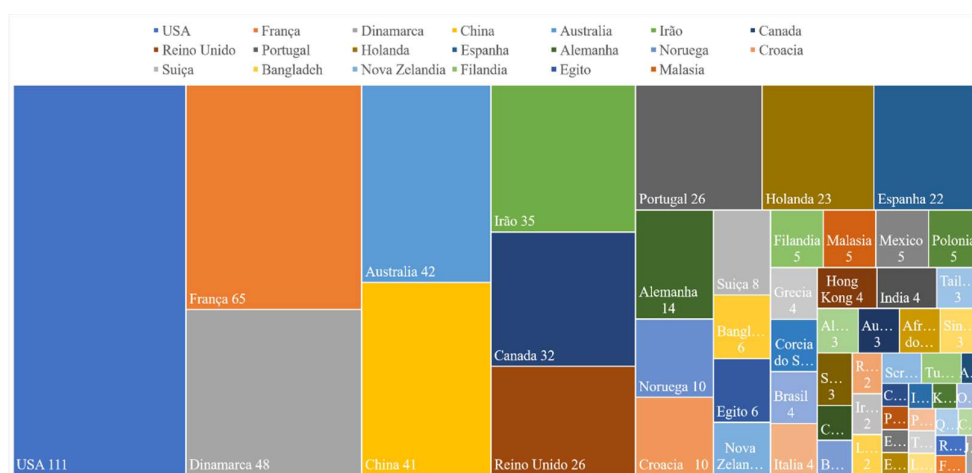
Fonte: autor

**Figura 23 Distribuição por geografia da nacionalidade dos autores de energia tradicional produzidos em língua inglesa**

Da amostra recolhida, pode analisar-se que 72% correspondem ao top dos dez países com maior número de produções, distribuindo-se pelos Estados Unidos da América (17,9%) contribuindo com cento e onze produções, seguido de França (10,45%) com sessenta e cinco, a Dinamarca (7,72%) com quarenta e oito, a China (6,75%) com quarenta e dois, a Austrália (6,59%) com quarenta e um, o Irão (5,63%) com trinta e cinco, o Canada (5,14%) com trinta e dois, Portugal (4,18%) com vinte e seis, o Reino Unido (4,18%) com vinte e seis e a Holanda (3,70%) com vinte e três.

Os cinco países com menores produções foram o Qatar, o Chile, Ruanda, Filipinas e Japão, todos contribuíram respetivamente com uma produção científica.

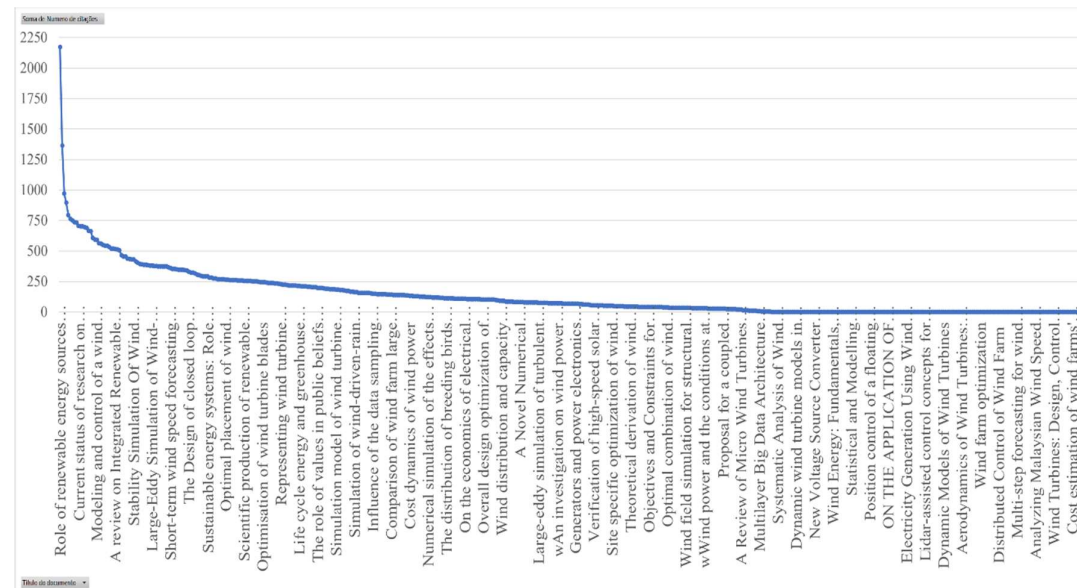
De notar que existem ainda quatro países que apesar de não estarem no top dez, tiveram ainda um forte contributo para este estudo, que foram a Espanha com vinte e duas produções, a Alemanha com catorze, a Noruega com dez, e a Croácia com dez, correspondendo no total a 9% das publicações.



Fonte: autor

**Figura 24 Distribuição por país dos documentos de energia tradicional produzidos em língua inglesa**

No gráfico da figura 25, analisa-se o número de citações por produção científica em língua inglesa, cuja variação é entre zero e dois mil cento e setenta e três.



Fonte: autor

**Figura 25 Distribuição por citações dos documentos de energia tradicional em língua inglesa**

A produção científica com maior número de citações, correspondendo a dois mil cento e setenta e três citações, foi um artigo publicado em 2011, na revista “Renewable and Sustainable Energy Reviews” com o título “Role of renewable energy sources in environmental protection: A review” dos autores N.L.Panwar, S.C.Kaushik, Surendra Kothari, utilizando-se para a pesquisa a palavra-chave “renewable wind energies”.

O segundo artigo mais citado, com mil trezentos e sessenta e seis citações, foi “Doubly fed induction generator systems for wind turbines”, publicado na revista “IEEE Industry Applications Magazine”, no ano de 2002, e os autores foram “S. Muller; M. Deicke; R.W. De Doncker”, tendo sido utilizada a palavra-chave “Wind Power”.

Também o terceiro artigo mais citado, com novecentos e setenta e duas citações, foi um artigo publicado na revista “IEEE Transactions on Power Systems” em 2009, com o nome “Optimal Renewable Resources Mix for Distribution System Energy Loss Minimization”, dos autores Y. M. Atwa; E. F. El-Saadany; M. M. A. Salama; R. Seethapathy.

A tabela 5 apresenta a listagem dos top dez artigos mais citados, com referência ao tipo de documento, número de citações, autor.

**Tabela 5 Lista das top dez produções científicas de energia tradicional mais citadas em língua inglesa**

Palavra de usada na pesquisa	Título do documento	Ano	Autor	Tipo documento	Número de citações	Pais de autores	Nome de revista
renewable wind energies	Role of renewable energy sources in environmental protection: A review	2011	N.L.Panwar, S.C.Kaushik, Surendra Kothari	artigo	2173	India	Renewable and Sustainable Energy Reviews
Wind Power	Doubly fed induction generator systems for wind turbines	2002	S. Muller; M. Deicke; R.W. De Doncker	artigo	1366	Alemanha	IEEE Industry Applications Magazine
renewable modelization	Optimal Renewable Resources Mix for Distribution System Energy Loss Minimization	2009	Y. M. Atwa; E. F. El-Saadany; M. M. A. Salama; R. Seethapathy	artigo	972	Canada	IEEE Transactions on Power Systems
wind energy optimization simulation	Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review	2001	Soteris A. Kalogirou	artigo	896	Chipre	Renewable and Sustainable Energy Reviews
Wind Power	Review of energy storage system for wind power integration support	2015	Haoran Zhao, Qiuwei Wu, Shuju Hu, Honghua Xu, Claus Nygaard Rasmussen	artigo	797	China e Dinamarca	Applied Energy
wind simulation and modeling	A review of wind energy technologies	2007	G.M.Joselin Herbert, S. Iniyar, E. Sreevalsan, S. Rajapandian	artigo	766	India	Renewable and Sustainable Energy Reviews
wind modelization and optimization	An Economic Dispatch Model Incorporating Wind Power	2008	John Hetzer; David C. Yu; Kalu Bhattacharai	artigo	753	USA	IEEE Transactions on Energy Conversion
Wind Power	Numerical Modeling of Wind Turbine Wakes	2002	Jens Nofkær Sofensen, Wen Zhong Shen	artigo	737	USA	J. Fluids Eng
wind modelization and optimization	Optimal sizing method for stand-alone hybrid solar-wind system with LPSP technology by using genetic algorithm	2008	Hongxing Yang, Wei Zhou, Lin Lu,Zhaohong Fang	artigo	733	China e Hong Kong	Solar Energy
wind energy optimization simulation	Current status of research on optimum sizing of stand-alone hybrid solar-wind power generation systems	2010	Wei Zhou, Chengzhi Lou, Zhongshi Li, Lin Lu, Hongxing Yang	artigo	706	China e Hong Kong	Applied Energy

Fonte: autor

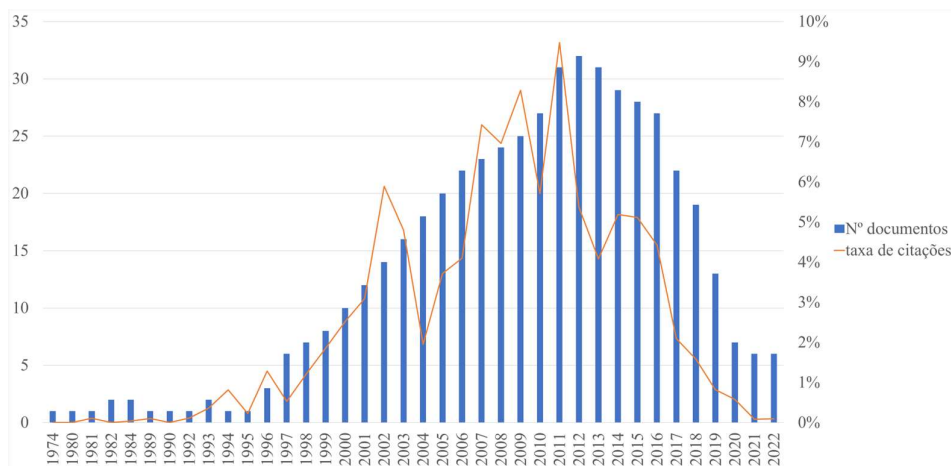
Pela análise da figura 27, observa-se a relação entre o número de produções científicas versus a taxa de citações distribuídos pelos vários anos deste estudo.

Para efetuar o cálculo da taxa de citações foi utilizada a fórmula apresentada na figura 26.

$$Taxa\ de\ citações\ (\%) = \frac{número\ de\ citações\ da\ produção\ científica}{número\ total\ de\ citações} \times 100 \quad [1]$$

**Figura 26 Fórmula utilizada para o cálculo da taxa de citações**

Verifica-se que as produções mais citadas são entre os anos 2001 e 2011, correspondendo, como já referido, ao período onde se publicaram o maior número de produções científicas. Analisa-se ainda que após 2012, à semelhança do número de publicações, a taxa de citações decresce.



Fonte: autor

**Figura 27 Distribuição por produções científicas versus taxa de citações da energia tradicional em língua inglesa**

A tabela 6 representa a análise dos top vinte autores de produções científicas em língua inglesa. Da análise efetuada, pode observar-se que o artigo mais citado não se encontra entre os top vinte autores da amostragem deste estudo, que produziram documentos científicos.

**Tabela 6 Lista dos top vinte autores versus número de citações de energia tradicional em língua inglesa**

Autor	Número de produções científicas	Número de citações
Meier, Stephan	3	0
N.Mezzai, D.Rekioua, T.Rekioua, A.Mohammedi, K. Idjdarane, S.Bacha	3	516
Piotr Wais	2	258
Ahmad Hemami	2	0
Martin O. L. Hansen	2	1
D.Carvalho, A.Rocha, M.Gómez-Gesteira, C.Silva Santos	2	288
Möllerström, Erik	2	0
E. A. Bossanyi	2	655
Penélope Ramírez, José Antonio Carta	2	263
J.G. Slootweg; H. Polinder; W.L. Kling	2	473
Rupp Carriveau	2	0
J.G. Slootweg; S.W.H. de Haan; H. Polinder; W.L. Kling	2	738
J.G. Slootweg; W.L. Kling	2	93
L Neij	1	135
Riccardo Rossi, Massimiliano Lazzari, Renato Vitaliani	1	35
N Bazeos,G.D Hatzigeorgiou, I.D Hondros, H Karamaneas, D.L Karabalis, D.E Beskos	1	252
A.E. Feijoo; J. Cidras; J.L.G. Dornelas	1	113
Yeliz Mert, KantarIlhan Usta	1	74
A.G. Abo-Khalil; Dong-Choon Lee; Jul-Ki Seok	1	64
Marcin Rabe, Dalia Streimikiene and Yuriy Bilan	1	6

Fonte: autor

Verifica-se ainda, que da amostragem pesquisada, dois autores produziram cada um deles três documentos e onze autores publicaram duas produções científicas cada um, os restantes só contribuíram com uma produção.

A tabela 7 apresenta, a análise do contributo individual dos top vinte autores de produções científicas em língua inglesa. Observa-se que os autores Henk Polinder, J.G. Sloomweg, W.L.King e Djamila Rekioua foram os que contribuíram com maior número de produções científicas, correspondendo cada um a sete produções.

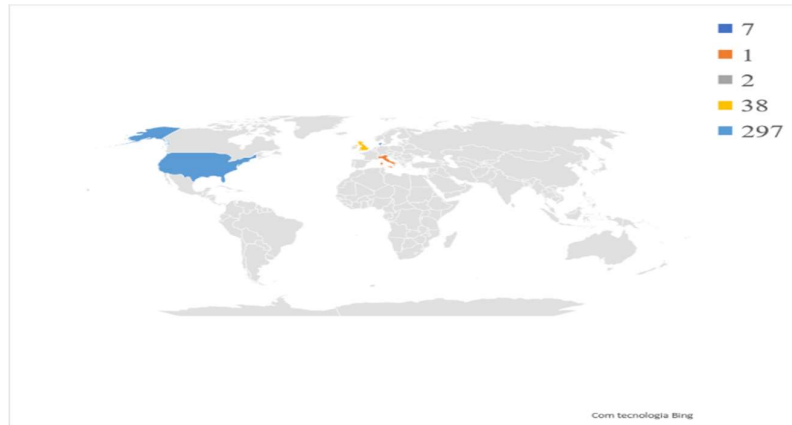
**Tabela 7 Lista dos top vinte autores de contributo individual versus ano da última publicação em língua inglesa**

Nome do Autor	Numero de documentos Publicados	Ano da última publicação
Henk Polinder	7	2013
J.G. Sloomweg	7	2016
W.L. Kling	7	2005
Djamila Rekioua	7	2016
Wei Zhou	5	2010
Hongxing Yang	5	2020
Jens Nørkær Sørensen	5	2011
Wen Zhong Shen	4	2017
Lin Lu	4	2016
José Antonio Carta	4	2009
F. Blaabjerg	4	2007
George N. Kariniotakis	3	2017
Roy Billinton	3	2013
S.Bacha	3	2016
N.Mezzai	3	2016
Anca D.Hansen	3	2007
A.Mohammedi	3	2016
K. Idjarane	3	2016
Ervin Bossanyi	3	2021
Charles Meneveau	3	2019

Fonte: autor

A figura 28, representa a distribuição por países de origem das revistas utilizadas nas publicações. Verifica-se que 86% das produções científicas foram efetuadas em revistas dos Estados Unidos da América, correspondendo a duzentos e noventa e sete publicações, seguido das revistas do Reino Unido com 11,1% e trinta e oito produções científicas, nas revistas da Dinamarca com 2,1% e sete publicações, nas revistas do Jordão com 0,5% e duas publicações, nas revistas de Itália com 0,3% e uma publicação.

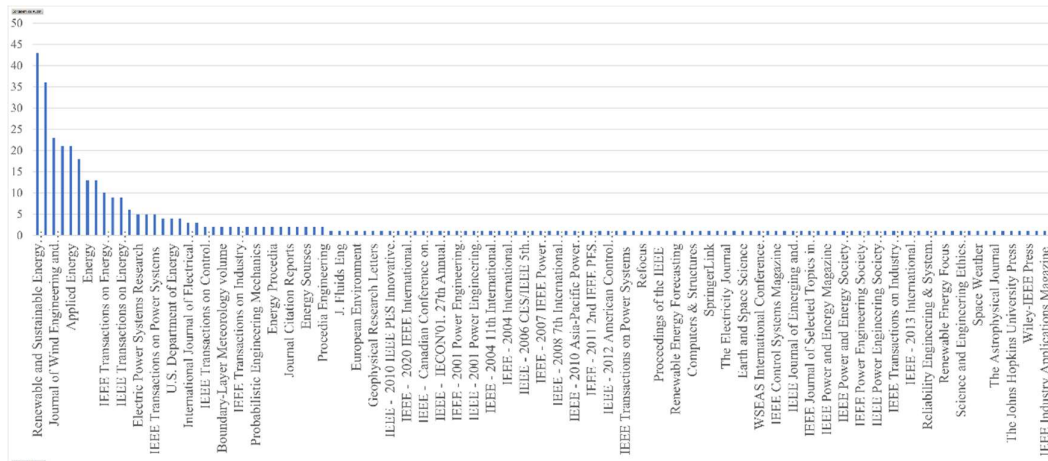
Efetuada a comparação das figuras 23 e 28, que representam a distribuição geográfica respectivamente dos autores e das revistas, conclui-se que para ambos o país com maior número de produções/publicações é os Estados Unidos da América.



Fonte: autor

**Figura 28 Distribuição por geografia das revistas utilizadas nas publicações de energia tradicional em língua inglesa**

Na figura 29, pode analisar-se a distribuição das produções científicas publicadas em revistas. Observa-se, que a revista "Renewable and Sustainable Energy Reviews", com quarenta e três publicações, foi a que obteve o maior número de publicações.



Fonte: autor

**Figura 29 Distribuição das publicações em revistas das produções científicas de energia tradicional em língua inglesa**

Na tabela 8, apresenta as top vinte revistas desta amostragem, onde se publicaram entre três e quarenta e três produções científicas, que corresponde a 67,51% das publicações.

**Tabela 8 Lista das top vinte revistas com publicações de energia tradicional em língua inglesa**

Revista	Número de documentos
Renewable and Sustainable Energy Reviews	43
Renewable Energy	36
Applied Energy	21
Wind Energy	20
Energy Policy	18
Energy	13
Energy Conversion and Management	13
IEEE Transactions on Energy Conversion	10
IEEE Transactions on Energy Conversion	9
IEEE Transactions on Power Systems	9
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics	8
Energies	6
IEEE Transactions on Power Systems	5
Electric Power Systems Research	5
Energy Economics	5
IEEE Transactions on Sustainable Energy	4
Energy Conversion and Management	4
U.S. Department of Energy	4
International Journal of Electrical Power & Energy Systems	3
Solar Energy	3

Fonte: autor

Na tabela 9, estão discriminadas as quarenta e três produções científicas publicadas na revista “Renewable and Sustainable Energy Reviews”.

Verifica-se que o artigo com o maior número de citações foi publicado nesta revista. Constata-se também, que cinco dos artigos aqui publicados foram pesquisados através da palavra-chave “wind power”.

Analisa-se ainda, que as publicações nesta revista ocorreram entre os anos de 2001 e 2019, tendo sido publicados seis artigos em 2016, nos anos de 2009 e 2013 foram produzidos cinco e em 2012 publicaram-se quatro.

Os anos com menores publicações foram os anos de 2004, 2007, 2017 e 2019 com um artigo e os anos de 2001, 2006, 2008 e 2018 com duas produções científicas.

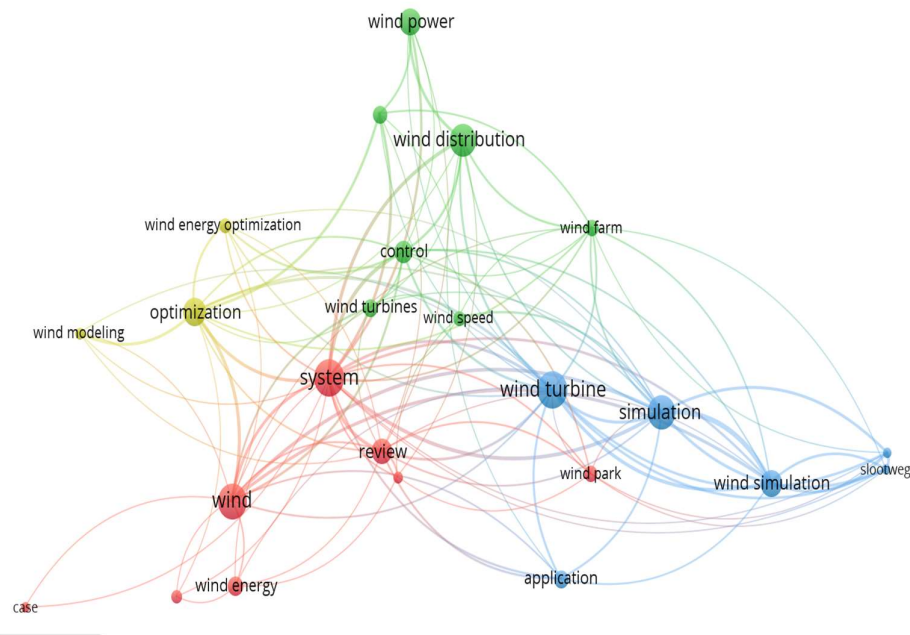
**Tabela 9 Lista de produções científicas de energia eólica tradicional em língua inglesa publicadas na revista com maior número de publicações deste estudo**

Palavra de usada na pesquisa	Titulo do documento	Ano	Autor	Número citações	Pais de autores
renewable wind energies	Role of renewable energy sources in environmental protection: A review	2011	N.L.Panwar, S.C.Kaushik, Surendra Kothari	2173	India
wind energy optimization simulation	Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review	2001	Soteris A. Kalogirou	896	Chipre
wind simulation and modeling	A review of wind energy technologies	2007	G.M.Joselin Herbert, S. Iniyar, E. Sreevalsan, S. Rajapandian	766	India
wind energy optimization simulation	Modeling of hybrid renewable energy systems	2008	M.K.Deshmukh, S.S.Deshmukh	689	India
Wind distribution	A review of wind speed probability distributions used in wind energy analysis: Case studies in the Canary Islands	2009	J.A.Carta, P.Ramírez, S.Velázquez	663	Espanha
wind energy optimization simulation	Hybrid renewable energy systems for power generation in stand-alone applications: A review	2012	Prabodh Bajpai, Vaishalee Dash	560	India
Wind Power	A review on the young history of the wind power short-term prediction	2008	Alexandre Costa, Antonio Crespo, Jorge Navarro, Gil Lizcano, Henrik Madsen, Everaldo Feitos	550	Dinamarca, Espanha, Brazil, Reino Unido
renewable modelization	The influence of real output, renewable and non-renewable energy, trade and financial development on carbon emissions in the top renewable energy countries	2016	Eyup Dogan, Fahri Seker	546	Turquia
wind energy optimization simulation	A review of energy models	2006	S.Jebaraj, S.Iniyar	533	India
wind energy optimization simulation	Simulation and optimization of stand-alone hybrid renewable energy systems	2009	José L.Bernal-Agustín, Rodolfo Dufo-López	520	Espanha
renewable modelization	A review on Integrated Renewable Energy System based power generation for stand-alone applications: Configurations, storage options, sizing methodologies and control	2014	Anurag Chauhan, R.P.Saini	518	India
wind modelization and optimization	Solar-wind hybrid renewable energy system: A review	2016	Vikas Khare, Savita Nema, Prashant Baredar	467	India
wind energy optimization simulation	A comprehensive review on wind turbine power curve modeling techniques	2014	M.Lydia, S. Suresh Kumar, A. Immanuel Selvakumar, G. Edwin Prem Kumarc Muhammad Mahmood Aslam Bhutta, Nasir Hayat Ahmed Uzair Farooq Zain Ali, Sh. Rehan Jamil Zahid Hussain	376	India
wind energy optimization simulation	Vertical axis wind turbine – A review of various configurations and design techniques	2012	L.Suganthi, S.Iniyar, Anand A.Samuel Hans-KristianRingkjø, Peter M.Hauganld, Marie Solbrekk	376	Paquistão
wind energy optimization simulation	Applications of fuzzy logic in renewable energy systems – A review	2015	Hans-KristianRingkjø, Peter M.Hauganld, Marie Solbrekk	354	India
renewable modelization	A review of modelling tools for energy and electricity systems with large shares of variable renewables	2018	Hans-KristianRingkjø, Peter M.Hauganld, Marie Solbrekk	340	Noruega
renewable modelization	Wind powered pumped hydro storage systems, a means of increasing the penetration of renewable energy in the Canary Islands	2006	C. Bueno, J. A. Carta	298	Espanha
wind energy optimization simulation	Sustainable energy systems: Role of optimization modeling techniques in power generation and supply—A review	2011	Aqeel Ahmed Bazmia, Gholamreza Zahedi	292	Malasia
wind energy optimization simulation	A review on planning, configurations, modeling and optimization techniques of hybrid renewable energy systems for off grid applications	2016	Rajanna Siddaiah, R.P.Saini	270	India
renewable wind energies	Scientific production of renewable energies worldwide: An overview	2013	F.Manzano-Aguigliaro, A.Alcayde, F.G.Montoya, A.Zapata-Sierra, C.Gil	256	Espanha
renewable modelization	Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil	2013	Hsiao-TienPao, Hsin-ChiaFu	240	China
traditional wind turbines energy	Life cycle energy and greenhouse emissions analysis of wind turbines and the effect of size on energy yield	2009	R.H.Crawford	214	Australia
renewable wind modelization	Economic sizing of a hybrid (PV-WT-FC) renewable energy system (HRES) for stand-alone usages by an optimization-simulation model: Case study of Iran	2016	Ramin Hosseinalizadeh, Hamed Shakouri Ga, Mohsen Sadegh Amalnick, Peyman Taghipour	190	Irão e Canada
renewable wind modelization	Increasing renewable energy sources in island energy supply: case study Porto Santo	2004	NevenDuić, Mariada Graça Carvalho	174	Croacia e Portugal
wind energy optimization simulation	Energy efficiency and renewable energy integration in data centres. Strategies and modelling review	2015	Eduard Oró, Victor Depoorter Albert Garcia, Jaume Salom	157	Espanha
Wind Power	A review on reliability assessment for wind power	2009	Jiang Wen, Yan Zheng, Feng Donghan	156	China
Wind distribution	Wind speed probability distribution estimation and wind energy assessment	2016	Jianzhou Wang, Jianming Hu, Kalliang Ma	137	China
Wind Power	The evolution of offshore wind power in the United Kingdom	2014	Paraic Higgins, Aoife Foley	126	Reino Unido
Wind Park	Risks and risk management of renewable energy projects: The case of onshore and offshore wind park	2016	Nadine Gatzert, Thomas Kosu	113	Alemanha
Wind distribution	A review of Weibull functions in wind sector	2017	Piotr Wais	109	Polonia
renewable wind energies	An overview of renewable energies in Iran	2013	Mohsen Bahrami, Payam Abbaszadeh	106	Irão
Wind Power	Review on wind power development in China: Current situation and improvement strategies to realize future development	2015	Shengpeng Sun, Fengliang Liu, Song Xue, Ming Zeng, Fanxiao Zeng	86	China
Wind distribution	Wind power distributions: A review of their applications	2010	D.Villanueva, A.Fejóo	80	Espanha
Wind distribution	Modeling wind speed and wind power distributions in Rwanda	2011	Bonflis Safari	76	Ruanda
Wind distribution	Wind speed distribution selection – A review of recent development and progress	2019	Christopher Jung, Dirk Schindler	70	Alemanha
Wind Park	A review of the environmental and human impacts from wind parks. A case study for the Prefecture of Lasithi, Crete	2012	Renewable and Sustainable Energy Reviews	55	Grecia
renewable wind energies	Australian renewable energy progress	2010	A.Zahedi	51	Australia
wind simulation and modeling	Review of computer-aided numerical simulation in wind energy	2013	Aaron Miller, Byungik Changa, Roy Issa, Gerald Chen	46	USA
renewable modelization	Wind energy in Brazil: From the power sector's expansion crisis model to the favorable environment	2013	Neilton Fidelis da Silva, Luiz Pinguelli Rosa, Marcos Aurélio Vasconcelos Freitas, Marcio Giannini Pereira	43	Brasil
wind optimization	Optimization of wind turbine micro-siting: A comparative study	2012	Samina Rajper, Imran J. Amin	42	Paquistão
Wind Power	A direct method for evaluating performance of horizontal axis wind turbines	2001	Karam Y.Maalawi, Mahdy T.S.Badawy	38	Egito
Wind Park	Wind energy characteristics and wind park installation in Shark El-Ouinat, Egypt	2018	Ahmed ShataAhmed	30	Egito
Wind Park	Decision analysis on generation capacity of a wind park	2009	C.Kongnam, S.Nuchprayoon, S.Premrudeepreechacharn, S.Uatrongjit	25	Tailandia

Fonte: autor

Utilizando a aplicação VOSviewer foram elaborados os *clusters* e as conexões estabelecidas entre as várias palavras-chave utilizadas e as quinhentas produções científicas da pesquisa em língua inglesa, criando o mapa representado na figura 30. Podemos observar que foram criados quatro clusters distintos, representados por quatro cores. Os círculos do mapa representam a frequência de citação e as linhas são as várias interligações existentes.

O *cluster* de cor azul abrange as principais palavras “wind turbine”, “wind simulation” e “simulation”. A cor verde representa o cluster com as palavras “wind distribution”, “wind farm” e “wind power”. O *cluster* de cor vermelha está centrado nas palavras “wind”, “wind energy” e “system”. Por último o *cluster* de cor laranja tem como principais palavras “wind modeling”, “wind energy optimization” e “optimization”.



Fonte: autor

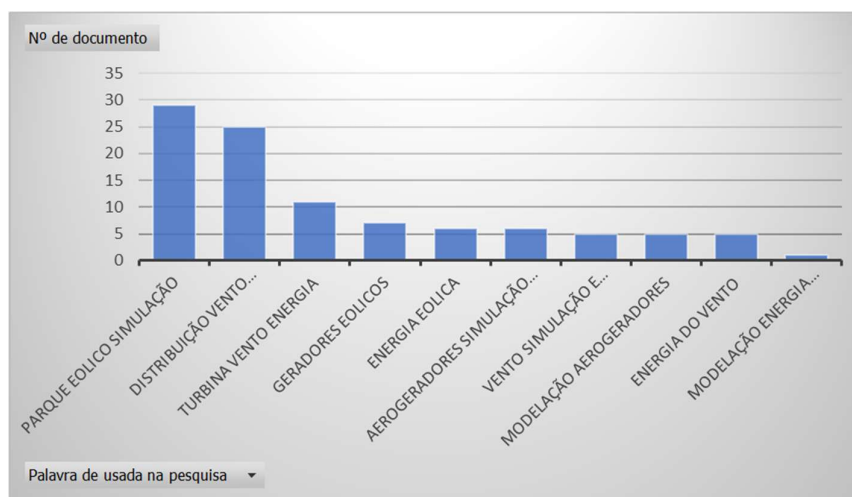
**Figura 30** Análise da correlação das produções científica de energia tradicional em língua inglesa

#### 4.1.2. ANÁLISE DE DADOS DAS PRODUÇÕES CIENTÍFICAS EM LÍNGUA PORTUGUESA

No que concerne às pesquisas efetuadas em língua portuguesa, a figura 31 representa a distribuição pela combinação de palavras-chave, incluindo os conectores utilizados, das cem produções científicas pesquisadas.

Como se pode verificar, as combinações “parque eólico simulação”, “distribuição vento aerogeradores” e “turbina vento energia”, foram as que apresentaram o maior resultado na pesquisa efetuada, correspondendo a 65% das publicações científicas.

Observa-se também, que 35% das combinações utilizadas obtiveram poucos resultados, tendo retornado cerca de cinco publicações para cada palavra-chave, com exceção da combinação “modelação energia renovável” que obteve uma única publicação.

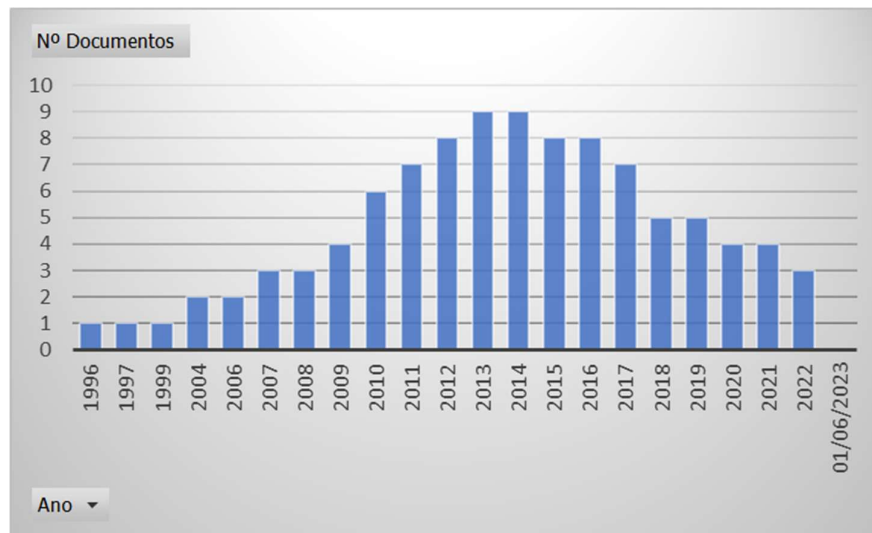


Fonte: autor

**Figura 31 Distribuição por palavra-chave das publicações de energia tradicional em língua portuguesa**

Em relação às publicações, as primeiras ocorreram em 1996, como se verifica na figura 32. À semelhança das publicações em língua inglesa, verifica-se que com o crescimento da utilização da internet, após 2004 existe uma tendência crescente nas produções científicas

sendo que neste ano registaram-se duas, em 2009 verificam-se quatro produções, e nos anos de 2013 e 2014 obteram-se nove publicações. Também após 2014, existe um decréscimo, e em 2022 registaram-se três produções



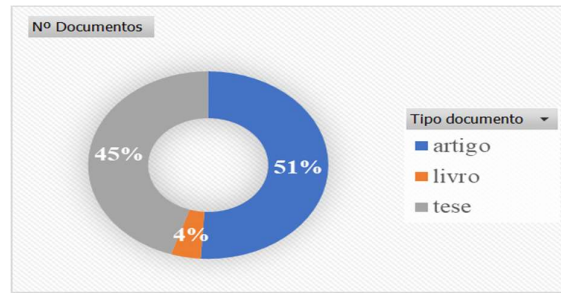
Fonte: autor

**Figura 32 Distribuição anual das publicações de energia tradicional em língua portuguesa**

O decréscimo que ocorreu após 2012 quer nas produções em língua inglesa e quer a partir de 2014 em língua portuguesa, poderá dever-se ao facto de nestes anos terem-se iniciado os estudos das tecnologias emergentes AWES, tal como iremos verificar quando abordarmos essa análise.

Quanto à distribuição por tipologia das produções científicas, verifica-se que 51% das produções foram realizadas em artigos, tal como se observa na figura 33.

As teses de dissertação obtiveram 45% da pesquisa efetuada e apenas 4% foram publicações em livros.



Fonte: autor

**Figura 33 Distribuição por tipo de documento de energia tradicional em língua portuguesa**

A figura 34 analisa a distribuição da nacionalidade dos autores das produções científicas pelos países de língua portuguesa.

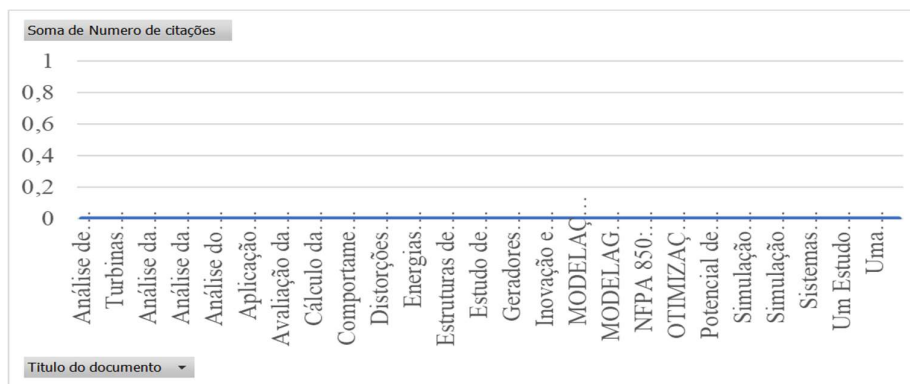
Observa-se que as publicações dividem-se entre o Brasil com cinquenta e cinco produções e Portugal com quarenta e cinco. Da amostra recolhida, não se verificou qualquer registo de produções para os restantes países de língua oficial portuguesa.



Fonte: autor

**Figura 34 Distribuição por geografia da nacionalidade dos autores dos documentos de energia tradicional produzidos em língua portuguesa**

No que respeita às produções científicas em língua portuguesa, na amostragem efetuada, não foram registadas citações, como se pode analisar na figura 35.



Fonte: autor

**Figura 35 Distribuição por citações dos documentos de energia tradicional em língua portuguesa**

O autor com o maior número de produções científicas em língua portuguesa não obteve nenhuma citação, produzindo dois documentos, como se observa na tabela 10. Consta-se ainda que os restantes autores só produziram uma publicação e também não obtiveram qualquer citação.

**Tabela 10 Lista dos top vinte autores versus número de citações de energia tradicional em língua portuguesa**

Autor	Número de documento	Número de citações
Brandão, Roque Filipe Mesquita	2	0
Maria Paula Barruttini	1	0
Jonas Caldara Pelajo	1	0
Thays Paes Oliveira. Rosiberto S. Silva junior, Roberto F. F. Lyra, Sandro Correia Holanda	1	0
Filipe G. RAMOS , Nelson SEIDLER	1	0
Chaves, Aléxio Filipe Braga	1	0
Luis Carlos Macedo Blasques	1	0
Chaves, Tiago Miguel Lopes	1	0
Pereira, Maurício Vieira da Rocha	1	0
Correia, Ismael Ricardo Durães da Rocha	1	0
Faria, Ricardo Jorge Agrela.	1	0
Cruz, Sofia Paiva da	1	0
Gonçalves, João Silva Nunes	1	0
Franco, Miguel Leichsenring	1	0
Larissa Souza Pereira, Juan Carlos Pequeña Suni	1	0
Freitas, Alber Jhordão Lopes de	1	0
M. Godoy Simões, N.N. Franceschetti, Bimal K. Bose	1	0
Henriques, Tiago Rafael da Silva	1	0
Paulo Alexandre da Silva Costa	1	0
Jamar, Andressa Azevedo	1	0

Fonte: autor

A tabela 11 apresenta, a análise do contributo individual dos top vinte autores de produções científicas em língua portuguesa. Observa-se que os autores Roque Brandão, Fernando Martins e Enio Pereira foram os que contribuíram com um maior número de produções científicas, correspondendo a três produções.

**Tabela 11** Lista dos top vinte autores de contributo individual versus ano da última publicação em língua portuguesa

Nome do Autor	Numero de documentos Publicados	Ano da última publicação
Roque Filipe Mesquita Brandão	3	2012
Fernando Ramos Martins	3	2020
Enio Bueno Pereira	3	2020
Herick Fernando Morales	2	2017
Sebastião C. Guimarães Jr.	1	2011
Maria Monteiro	1	2007
Fábio Pereira	1	2013
Albher Jhordão Lopes de Freitas	1	2021
Odivaldo José Seraphim	1	2007
Alexandre André Coelho Santos	1	2012
Victor F. Mendes	1	2009
Alexandre J. Rühler	1	2014
Luiz Claudio Ribeiro Galvão	1	2019
Aléxio Filipe Braga Chaves	1	2018
Miguel Leichsenring Franco	1	2012
Alfeu Sguarezzi Filho	1	2013
Ricardo F. Pinheiro	1	2009
Ana Estanqueiro	1	2010
Thays Paes Oliveira	1	2016
Ana Isabel Lopes Estanqueiro	1	1997

Fonte: autor

A figura 36, representa a distribuição por países de origem das revistas utilizadas nas publicações. Verifica-se que as publicações dividem-se entre o Brasil com trinta e sete produções e Portugal com catorze.

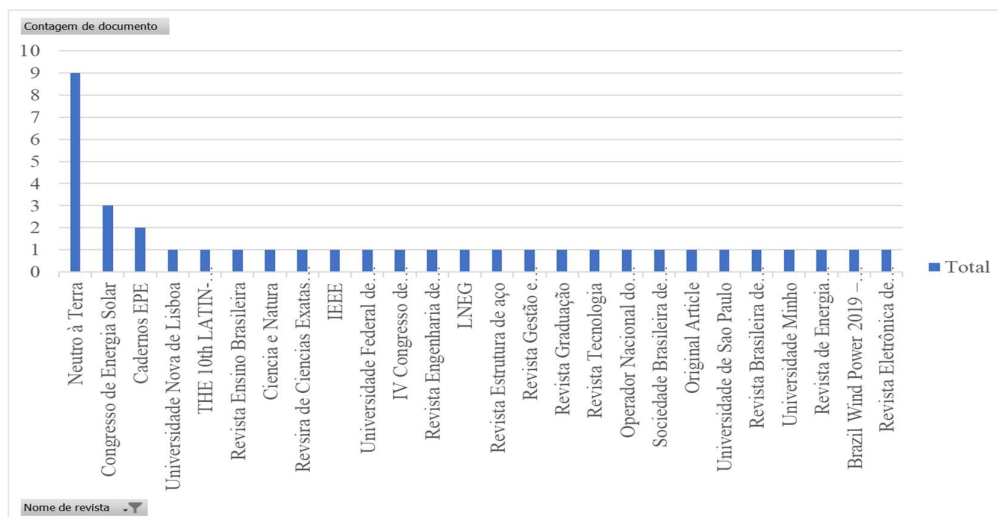


Fonte: autor

**Figura 36 Distribuição por geografia das revistas utilizadas nas publicações de energia tradicional em língua portuguesa**

Comparando as figuras 34 e 36, que apresentam a distribuição geográfica respectivamente dos autores e das revistas, conclui-se que para ambos o país com maior número de produções/publicações é o Brasil.

Da análise de figura 37, que representa a distribuição das publicações das produções científicas em língua portuguesa em revistas, observa-se que a "Neutro à Terra" obteve o maior número de publicações com nove.



Fonte: autor

**Figura 37 Distribuição das publicações em revistas das produções científicas da energia tradicional em língua portuguesa**

Constata-se também que 24,32% dos artigos foram publicados na revista com maior número de produções, e 75,68% dos artigos foram publicados em várias revistas.

Na tabela 12, observa-se as top vinte revistas da amostra deste estudo, onde se publicaram entre uma e nove produções científicas, que corresponde a 83,78% das publicações.

**Tabela 12 Lista das top vinte revistas com publicações de energia tradicional em língua portuguesa**

Revista	Número Documentos
Neutro à Terra	9
Congresso de Energia Solar	3
Cadernos EPE	2
Universidade Nova de Lisboa	1
THE 10th LATIN-AMERICAN CONGRESS ON ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION - CLAGTEE 2013	1
Revista Ensino Brasileira	1
Ciencia e Natura	1
Revista de Ciências Exatas e Naturais	1
IEEE	1
Universidade Federal de Uberlândia	1
IV Congresso de Engenharia Mecânica	1
Revista Engenharia de Interesse Social	1
LNEG	1
Revista Estrutura de aço	1
Revista Gestão e Desenvolvimento	1
Revista Graduação	1
Revista Tecnologia	1
Operador Nacional do Sistema Elétrico	1
Sociedade Brasileira de Automática	1
Original Article	1

Fonte: autor

Os nove artigos publicados na revista “Neutro à Terra” estão discriminados na tabela 13. Observa-se que os artigos publicados nesta revista foram entre os anos de 2008 e 2015, tendo sido publicados três artigos em 2012, no ano de 2013 produziram-se dois e no restante foi publicado um artigo por cada ano.

**Tabela 13 Lista de produções científicas de energia eólica tradicional em língua portuguesa publicadas na revista com maior número de publicações deste estudo**

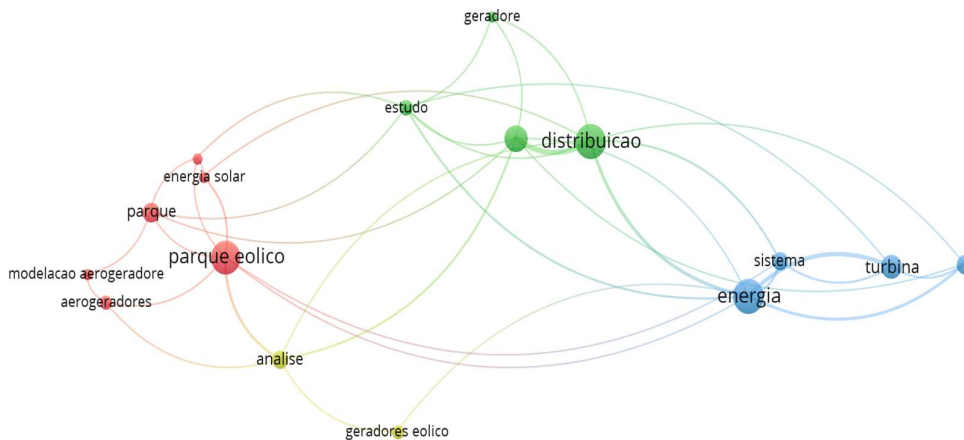
Palavra de usada na pesquisa	Título do documento	Ano	Autor	Tipo documento	Número citações	Pais de autores	Nome de revista
distribuição vento aerogeradores	Sistemas geradores em aproveitamentos eólicos	2008	Melo, Pedro Miguel Azevedo de Sousa	artigo	0	Portugal	Neuro à Terra
distribuição vento aerogeradores	Turbinas eólicas. Manutenção	2011	Brandão, Roque Filipe Mesquita	artigo	0	Portugal	Neuro à Terra
geradores eolicos	Geradores eólicos. Caraterísticas elétricas	2012	Carvalho, José Beleza Brandão, Roque Filipe Mesquita	artigo	0	Portugal	Neuro à Terra
distribuição vento aerogeradores	Inovar na produção de energia elétrica a partir do vento. O recurso a postes de eletricidade existentes	2012	Franco, Miguel Leichsenring	artigo	0	Portugal	Neuro à Terra
distribuição vento aerogeradores	Estruturas de fixação de aerogeradores. Instalações offshore	2012	Brandão, Roque Filipe Mesquita	artigo	0	Portugal	Neuro à Terra
distribuição vento aerogeradores	Potencial de produção de energia eólica em parques offshore	2013	Moreira, Sérgio Emanuel Carvalho Almeida, Tiago António de Sousa	artigo	0	Portugal	Neuro à Terra
distribuição vento aerogeradores	Energy storage systems (sistemas de armazenamento de energia)	2013	Pereira, Fábio	artigo	0	Portugal	Neuro à Terra
distribuição vento aerogeradores	NFPA 850: firetrace e os fogos em turbinas de vento	2015	Neves, Carlos	artigo	0	Portugal	Neuro à Terra
distribuição vento aerogeradores	Sistemas eólicos de energia mais leves que o ar	2015	Ponte, André Filipe Pereira Cerqueira, José Carlos P. Fonseca, Mário André S.	artigo	0	Portugal	Neuro à Terra

Fonte: autor

Analisa-se ainda que para a pesquisa efetuada, oito dos artigos publicados nesta revista utilizaram a combinação de palavras-chave “distribuição vento aerogeradores”. Como analisado anteriormente esta combinação foi a segunda a obter o maior número de pesquisas.

Para a análise da correlação entre as cem produções científicas pesquisadas em língua portuguesa, foram encontrados quatro *cluster* distintos como se verifica na figura 38. O *cluster* de cor azul identifica como principais palavras “energia”, “turbina”, “sistema” e “energia eólica”. O *cluster* vermelho apresenta as palavras “parque eólico”, “estudo” e “aerogeradores”, “modelação aerogerador” e “parque”. O *cluster* de cor mostarda destaca as palavras “gerador eólico” e “análise”. Por último a cor verde representa o *cluster* com as palavras “distribuição”, “estudo” e “gerador”.

Ao efetuar-se esta análise quer para as produções científicas em língua inglesa, quer para as em língua portuguesa, identifica-se que palavras e conceitos se interligam com a pesquisa efetuada neste estudo.



Fonte: autor

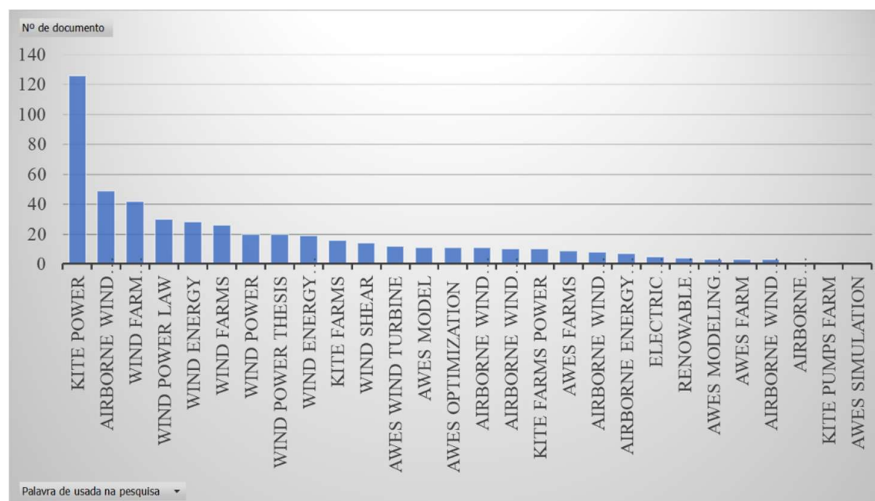
**Figura 38 Análise da correlação das produções científica de energia tradicional em língua portuguesa**

## **4.2. ANÁLISE DE DADOS ENERGIA EÓLICA EMERGENTE AWES**

### **4.2.1. ANÁLISE DE DADOS DAS PRODUÇÕES CIENTÍFICAS EM LÍNGUA INGLESA**

Da análise efetuada à figura 39, que representa a distribuição das palavras-chave pelo número de produções científicas, verifica-se que a combinação de palavras “kite power” destaca-se das restantes, com um total de cento e vinte e seis, o que corresponde a 25,2%.

Outras combinações que se destacam são a “Airborne Wind Energy” com quarenta e nove, a “wind farm modelization simulation” com quarenta e dois, a “Wind Power law” com trinta e a “Wind energy” com vinte e oito, correspondendo a 28,8%. Se a estas combinações se juntar a referida no parágrafo anterior, constata-se que no total representam 55% das combinações utilizadas na pesquisa.

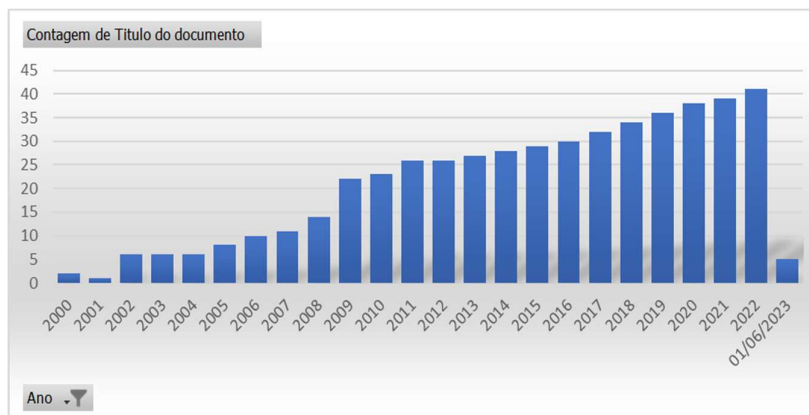


Fonte: autor

**Figura 39 Distribuição por palavra-chave das publicações de energia emergente AWES em língua inglesa**

Também se observa, que as combinações de palavras “AWES simulation”, “kite pumps farm” e “airborne modelization”, não obtiveram grande expressão, obtendo cada uma única produção.

Dos resultados obtidos neste estudo, verifica-se que as produções científicas de energia eólica emergente AWES em língua inglesa, iniciou-se no ano 2000, como se observa na figura 40.

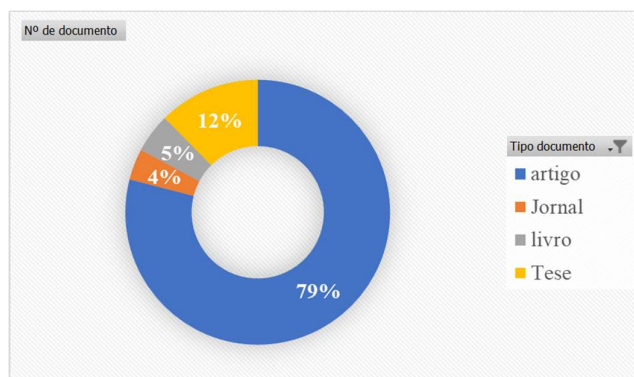


Fonte: autor

**Figura 40 Distribuição anual das publicações de energia emergente AWES em língua inglesa**

Analisa-se ainda que nos primeiros anos deste estudo, as publicações foram muito reduzidas, e com um crescimento muito ligeiro até ao ano de 2008, onde se registaram catorze produções científicas. Entre 2009 e 2012, já se observa um crescimento considerado, registando-se vinte e seis publicações em 2012. Após este ano, o crescimento é bastante acentuado, obtendo-se quarenta e duas publicações em 2022.

Quanto á distribuição por tipo de documento, como se analisa na figura 41, o maior número de produções científicas registados foram artigos com 79%, seguido de teses de dissertação com 12%, já as publicações em livros registaram 5% e os jornais obtiveram 4%.



Fonte: autor

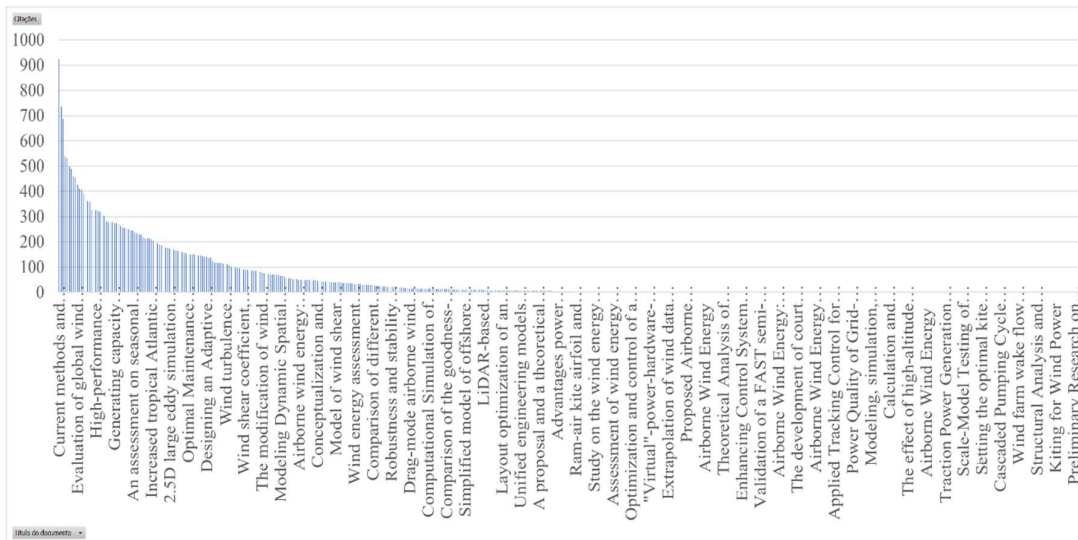
**Figura 41 Distribuição por tipo de documento energia AWES em língua inglesa**

À semelhança da energia eólica tradicional, também na energia emergente AWES, existe uma grande diversidade de países da nacionalidade dos autores de publicações científicas em língua inglesa, como se observa nas figuras 42 e 43.

Ao analisar os dados recolhidos na pesquisa efetuada, verifica-se que o top dez dos países com maior número de produções registaram no total 66,37%. A sua distribuição é efetuada pela Holanda (17,71%) contribuindo com noventa e nove produções, seguido dos Estados Unidos da América (16,82%) com noventa e quatro, a Alemanha (5,37%) com trinta, a Itália (5,19%) com vinte e nove, a China (5,01%) com vinte e oito, a Dinamarca (3,94%) com vinte e dois, a Espanha (3,94%) com vinte e dois, o Reino Unido (3,22%) com dezoito, a Suíça (2,68%) com quinze e a Índia (2,50%) com catorze.



Da análise da figura 44, verifica-se que o número de citações das produções científicas varia entre zero e novecentos e vinte e cinco.



Fonte: autor

**Figura 44 Distribuição por citações dos documentos de energia emergente AWES em língua inglesa**

O maior número de citações, com novecentos e vinte e cinco, foi o artigo publicado em 2012, na revista “Renewable Energy”, com o título “Current methods and advances in forecasting of wind power generation”, cujos autores são Aoife M.Foley, Paul G.Leahy, Antonino Marvuglia, Eamon J. McKeogh, e a palavra-chave utilizada na pesquisa foi “Wind Power”.

No que respeita ao segundo artigo mais citado, com setecentos e trinta e seis, foi o artigo “Optimal sizing method for stand-alone hybrid solar-wind system with LPSP technology by using genetic algorithm”, publicado na revista “Solar Energy”, no ano de 2008, e os autores foram Hongxing Yang, Wei Zhou, Lin Lu, Zhaohong Fang tendo sido utilizada a palavra-chave “wind farm modelization simulation”.

Também o terceiro artigo mais citado, com seiscentos e oitenta e sete, foi um artigo publicado na revista “IEEE Transactions on Industrial Electronics” em 2006, com o nome “Design of a maximum power tracking system for wind-energy-conversion applications”, dos autores E. Koutroulis; K. Kalaitzakis.

Na tabela 14, observamos a lista das top dez produções científicas mais citadas, com referência ao tipo de documento, número de citações, autor.

**Tabela 14 Lista das top dez produções científicas de energia emergente AWES mais citadas em língua inglesa**

Palavra de usada na pesquisa	Título do documento	Ano	Autor	Tipo documento	Número citações	Pais de autores	Nome de revista
Wind Power	Current methods and advances in forecasting of wind power generation	2012	Aoife M.Foley, Paul G.Leahy, Antonino Marvuglia, Eamon J. McKeogh	artigo	925	Irlanda	Renewable Energy
wind farm modelization simulation	Optimal sizing method for stand-alone hybrid solar-wind system with LPSP technology by using genetic algorithm	2008	Hongxing Yang, Wei Zhou, Lin Lu, Zhaohong Fang	artigo	736	China e Hong Kong	Solar Energy
wind energy advantages applications	Design of a maximum power tracking system for wind-energy-conversion applications	2006	E. Koutroulis; K. Kalaitzakis	artigo	687	Grecia	IEEE Transactions on Industrial Electronics
Wind energy	The economics of wind energy	2009	María Isabel Blanco	artigo	536	Espanha	Renewable and Sustainable Energy Reviews
Wind energy	Overview of Control Systems for the Operation of DFIGs in Wind Energy Applications	2013	Roberto Cardenas; Rubén Pena; Salvador Alepuz; Greg Asher	artigo	529	Chile, Reino Unido, Espanha	IEEE Transactions on Industrial Electronics
wind farm modelization simulation	A new analytical model for wind-turbine wakes	2014	Majid Bastankhah, Fernando Porté-Agel	artigo	498	Suíça	Renewable Energy
Wind farms	Analytical modelling of wind speed deficit in large offshore wind farms	2006	Sten Frandsen, Rebecca Barthelmie, Sara Pryor, Ole Rathmann, Soren Larsen, Jørgen Højstrup, Morten Thøgersen	artigo	489	Dinamarca	Wind Energy
Wind energy	The state of the art of wind energy conversion systems and technologies: A review	2014	Ming Cheng, Ying Zhu	artigo	460	China	Energy Conversion and Management
Wind energy	Wind energy development and its environmental impact: A review	2012	Dennis Y.C. Leung, Yuan Yang	artigo	457	China	Renewable and Sustainable Energy Reviews
Wind Power	Evaluation of global wind power	2005	na L. Archer, Mark Z. Jacobson	artigo	426	USA	JGR: Atmospheres

Fonte: autor

A tabela 15 apresenta, a análise do contributo individual dos top vinte autores de produções científicas em língua inglesa.

Observa-se que o autor Roland Schmehl foi o que contribuiu com o maior número de produções científicas, correspondendo a setenta produções.

**Tabela 15 Lista dos top vinte autores de contributo individual versus ano da última publicação em língua inglesa**

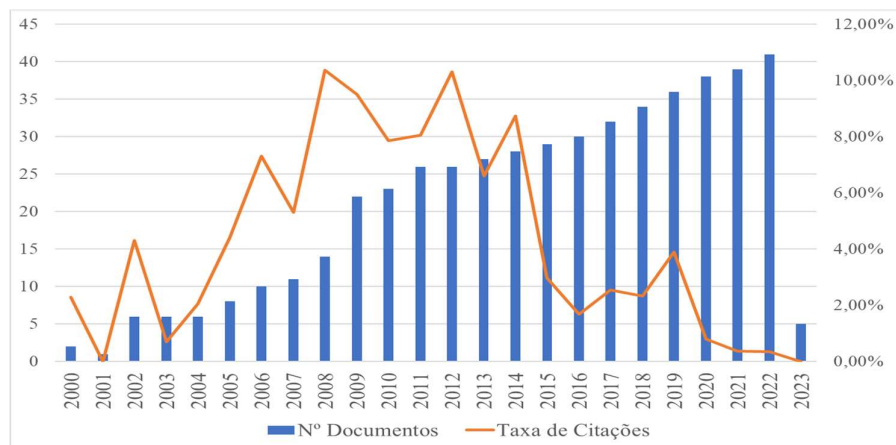
Nome do Autor	Numero de documentos Publicados	Ano da última publicação
Roland Schmehl	70	2023
Lorenzo Fagiano	17	2021
Fernando A. C. C. Fontes	11	2021
Moritz Diehl	10	2022
Mario Milanese	10	2012
Luís Tiago Paiva	10	2021
Sebastian Rapp	9	2021
Filippo Trevisi	8	2022
Shafiqur Rehman	7	2015
Gonzalo Sanchez Arriaga	7	2021
David J. Olinger	7	2021
Sébastien Gros	6	2021
Thomas Haas	6	2023
Rebecca J. Barthelmie	6	2020
Mojtaba Kheiri	6	2023
Mark Schelbergen	6	2020
Manuel C. R. M. Fernandes	6	2021
Chris Vermillion	6	2022
Mac Gauna	5	2021
Man-Hoe Kim	5	2022

Fonte: autor

Na figura 45, observa-se a relação entre a taxa de citações e o número anual de produções científicas. Para efetuar o cálculo da taxa de citações foi utilizada a fórmula apresentada na figura 26 [1].

Analisa-se que entre os anos 2007 e 2014 encontram-se as produções mais citadas, este período corresponde à fase de crescimento dos estudos da energia eólica emergente.

No entanto apesar das produções científicas após 2013 ter um forte crescimento, estas ainda não estão a ser citados em novos estudos, o que é considerado normal dado que ainda são publicações recentes.



Fonte: autor

**Figura 45 Distribuição por produções científicas versus taxa de citações da energia emergente AWES em língua inglesa**

Na tabela 16, verifica-se que o autor com o maior número de produções científicas em língua inglesa, obteve o maior número de citações. .

**Tabela 16 Lista dos top vinte autores versus número de citações de energia emergente AWES em língua inglesa**

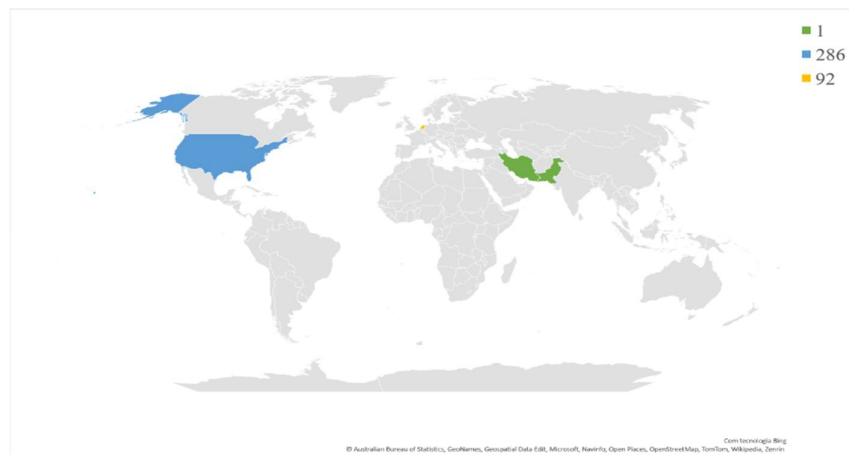
Autor	Número de documento	Número de citações
M.R. Islam, S. Mekhilef, R. Saidur	3	956
Aoife M.Foley, Paul G.Leahy, Antonino Marvuglia, Eamon J. McKeogh	1	925
Hongxing Yang, Wei Zhou, Lin Lu, Zhaohong Fang	1	736
E. Koutroulis; K. Kalaitzakis	1	687
María Isabel Blanco	1	536
Roberto Cardenas; Rubén Pena; Salvador Alepuz; Greg Asher	1	529
Majid Bastankhah, Fernando Porté-Agel	1	498
Sten Frandsen, Rebecca Barthelmie, Sara Pryor, Ole Rathmann, Søren Larsen, Jørgen Højstrup, Morten Thøgersen	1	489
Ming Cheng, Ying Zhu	1	460
Dennis Y.C. Leung, Yuan Yang	1	457
na L. Archer, Mark Z. Jacobson	1	426
Sandra Eriksson, Hans Bernhoff Mats Leijon	1	411
Saurabh S. Soman; Hamidreza Zareipour; Om Malik; Paras Mandal	1	407
R. J. Barthelmie, K. Hansen, S. T. Frandsen, O. Rathmann, J. G. Schepers, W. Schlez, J. Phillips, K. Rados, A. Zervos, E. S. Politis, P. K. Chaviaropoulos	1	390
John K.Kaldellis, D. Zafirakis	1	386
Thomas Ackermann, Lennar tSöder	1	357
S.C. Pryor, R.J. Barthelmie	1	326
Thomas Ackermann, Lennart Söder	1	325
Junlei Wanga, Shengxi Zhou, Zhien Zhang, Daniil Yurchenko	1	325
David Toke, Sylvia Breukers, Maarten Wolsink	1	319

Fonte: autor

Analisa-se ainda que, os artigos mais citados são os que se encontram nos top vinte autores da amostra deste estudo, que produzem documentos científicos. Todos os autores que se encontram nos top vinte, produziram cada, uma única produção científica

A figura 46, apresenta a distribuição por países de origem das revistas utilizadas nas publicações.

Verifica-se que 75,3% das produções científicas foram efetuadas em revistas americanas, correspondendo a duzentos e oitenta e seis publicações, nas revistas holandesas foram publicados 24,2% das produções com noventa e dois, e nas revistas do Irão e Paquistão com 0,5% das publicações com duas.

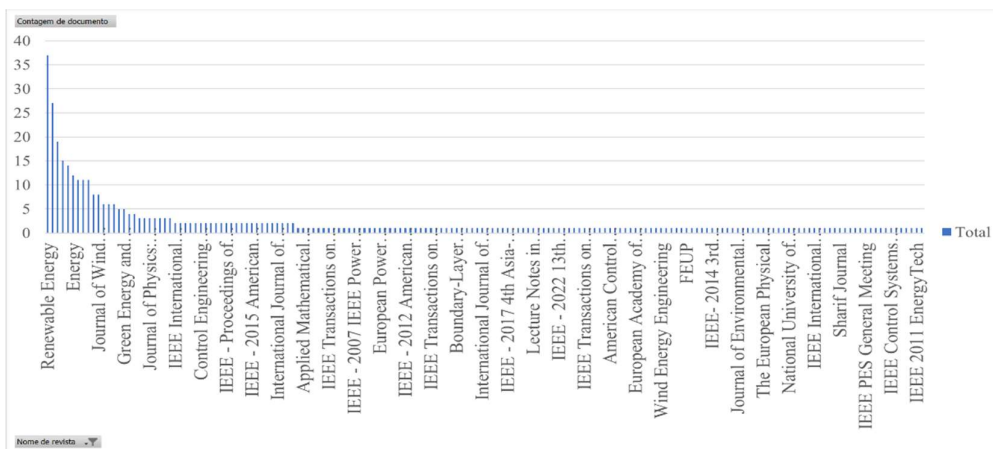


Fonte: autor

**Figura 46 Distribuição por geografia das revistas utilizadas nas publicações de energia emergente AWES em língua inglesa**

Na comparação das figuras 42 e 46, onde se observa a distribuição geográfica respetivamente dos autores e das revistas, conclui-se que para ambos o país com maior número de produções/publicações é diferente, isto é, no caso dos autores é a Holanda, mas para as revistas são os Estados Unidos da América.

Na figura 47 analisa-se a distribuição dos artigos publicados em revistas. A revista "Renewable Energy" foi a que obteve o maior número com trinta e sete publicações.



Fonte: autor

**Figura 47 Distribuição por revista da energia AWES em língua inglesa**

Na tabela 17, encontram-se registradas as top vinte revistas deste estudo, onde se publicaram entre três e trinta e sete produções científicas, que corresponde a 55,44% das publicações.

**Tabela 17 Lista das top vinte revistas com publicações de energia emergente AWES em língua inglesa**

Revista	Número de documento
Renewable Energy	37
Renewable and Sustainable Energy Reviews	27
Wind Energy	19
Journal of Physics: Conference Series,	15
Wind Energy Science	14
Energy	12
Aerospace research central	11
Energies	11
Energy Conversion and Management	11
Applied Energy	8
Airspace Research Central	6
Sage Journal	6
Energies	6
Green Energy and Technology	5
7th international Airborne Wind Energy Conference (AWEC 2017)	5
Energy Conversion and Management	4
IEEE - European Control Conference (ECC)	4
Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics	3
IEEE Transactions on Industrial Electronics	3
IEEE Transactions on Control Systems Technology	3

Fonte: autor

Estão discriminadas na tabela 18, as trinta e sete produções científicas publicadas na revista “Renewable Energy” em língua inglesa.

**Tabela 18** Lista de produções científicas de energia emergente AWES em língua inglesa publicadas na revista com maior número de publicações deste estudo

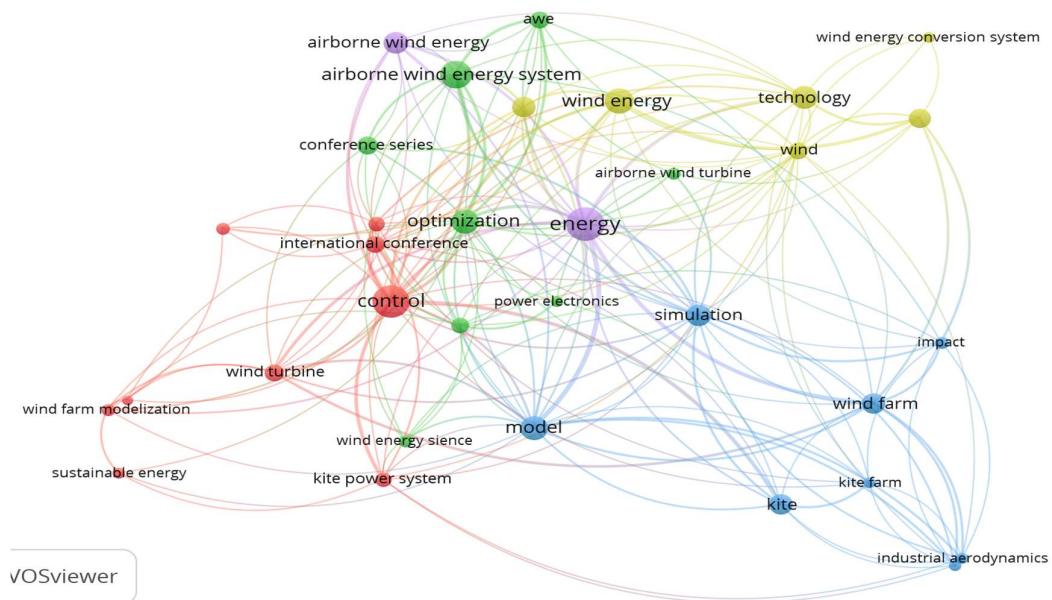
Palavra de usada na pesquisa	Título do documento	Ano	Autor	Número citações	País de autores	Nome de revista
Airborne Wind Energy	Airborne wind energy resource analysis	2019	Philip Bechtlea, Mark Schelbergenb, Roland Schmehl, Udo Zillmannnc, Simon Watson	51	Alemanha, Holanda e Belgica	Renewable Energy
Airborne Wind Energy	Airborne wind energy: Optimal locations and variability	2014	Cristina L.Archer, Luca Delle Monache, Daran L.Rife	50	USA	Renewable Energy
Airborne Wind Energy	The Betz limit applied to Airborne Wind Energy	2018	Marcelo De Lellisa, Romeu Reginatto, Ramiro Saraiva, Alexandre Trofino	42	Brasil	Renewable Energy
Airborne Wind Energy	Six-degrees-of-freedom simulation model for future multi-megawatt airborne wind energy systems	2022	Dylan Eijkelhof, Roland Schmehl	2	Holanda	Renewable Energy
Airborne Wind Energy	Computing the power profiles for an Airborne Wind Energy system based on large-scale wind data	2020	E.C.Malz, V.Verendel, S.Grosch	10	Noruega e Suecia	Renewable Energy
airborne wind turbine advantages	Simplified model of offshore Airborne Wind Energy Converters	2016	Antonello Cherubinina, Rocco Vertechy, Marco Fontana	11	Italia	Renewable Energy
AWES farms	Analysis of direct interconnection technique for offshore airborne wind energy systems under normal and fault conditions	2019	Mahdi Ebrahimi, Salari Joseph Coleman, Daniel Toal	5	Irlanda	Renewable Energy
AWES model	Configuration optimization and global sensitivity analysis of Ground-Gen and Fly-Gen Airborne Wind Energy Systems	2021	Filippo Trevisi, Michael McWilliam Mac Gauna	6	Dinamarca e Italia	Renewable Energy
AWES model	Unified engineering models for the performance and cost of Ground-Gen and Fly-Gen crosswind Airborne Wind Energy Systems	2020	Filippo Trevisi, MacGauna Michael McWilliam	6	Dinamarca e Italia	Renewable Energy
Kite farms power	Dynamic model of a pumping kite power system	2015	Uwe Fechner, Rolfvan der Vlugt, Edwin Schreuder, Roland Schmehl	69	Holanda	Renewable Energy
Kite farms power	Economic assessment of small-scale kite wind generators	2016	Ivan Argatov, Valentin Shafranov	10	Alemanha e Russia	Renewable Energy
Kite Power	Drag power kite with very high lift coefficient	2018	FlorianBauer, Ralph M.Kennel, Christoph M.Hackl, Filippo Campagnolo, Michael Patt, Roland Schmehle	21	Alemanha e Holanda	Renewable Energy
Kite Power	Quasi steady model of a pumping kite power system	2019	Rolfvan der Vlugt, AnnaBleya, Michael Noom, Roland Schmehl	33	Holanda	Renewable Energy
Kite power	Determination of kite forces using three-dimensional flight trajectories for ship propulsion	2011	George M.Dadd, Dominic A.HudsonR.A.Shenoi	42	Reino Unido	Renewable Energy
Kite power	Energy conversion efficiency of the pumping kite wind generator	2010	I.Argatov, R.Silvennoinen	47	Filandia	Renewable Energy
Kite power	On the take-off of airborne wind energy systems based on rigid wings	2017	L.Fagiano, S.Schnez	29	Italia e Suíça	Renewable Energy
Kite pumps farm	Electric power generation in wind farms with pumping kites: An economical analysis	2016	M.De Lellis, A.K.Mendonça, R.Saraiva, A.Trofino, Á.Lezana	22	Brasil	Renewable Energy
Wind Power	Current methods and advances in forecasting of wind power generation	2012	Aoife M.Foley, Paul G.Leahy, Antonino Marvuglia, Eamon J. McKeogh	925	Irlanda	Renewable Energy
Wind energy	Why offshore wind energy?	2011	M. Dolores Esteban, J. Javier Diez, Jose S.López, Vicente Negro	278	Espanha	Renewable Energy
Wind energy	The wind energy (r)evolution: A short review of a long history	2011	John K.Kaldellis, D. Zafirakis	386	Grecia	Renewable Energy
wind energy advantages	Applications of Bayesian methods in wind energy conversion systems	2012	Gong Li, Jing Shi	49	USA	Renewable Energy
wind farm modelization simulation	Fluid dynamics wind turbine design: Critical analysis, optimization and application of BEM theory	2007	R.Lanzafame, M.Messina	214	Italia	Renewable Energy
wind farm modelization simulation	Automatic identification of wind turbine models using evolutionary multiobjective optimization	2016	William La Cava, Kourosh Danai, Lee Spector, Paul Fleming, Alan Wright, Matthew Lackner	41	USA	Renewable Energy
wind farm modelization simulation	Maintenance logistics organization for offshore wind energy: Current progress and future perspectives	2015	Mahmood Shafiee	159	Reino Unido	Renewable Energy
wind farm modelization simulation	2.5D large eddy simulation of vertical axis wind turbine in consideration of high angle of attack flow	2013	Chao Lia, Songye, Zhua You-lin, XuaYiqing Xiao	174	China	Renewable Energy
wind farm modelization simulation	Wake effect in wind farm performance: Steady-state and dynamic behavior	2012	F.González-Longatt, P.WallV.Terzija	235	Reino Unido	Renewable Energy
wind farm modelization simulation	Condition based maintenance optimization for wind power generation systems under continuous monitoring	2011	Zhigang Tian, Tongdan Jin, Bairong Wu, Fangfang Ding	303	Canada e USA	Renewable Energy
wind farm modelization simulation	New approach on optimization in placement of wind turbines within wind farm by genetic algorithms	2010	Alireza Emami, Pirooz Noghreh	230	Irão	Renewable Energy
wind farm modelization simulation	A new analytical model for wind-turbine wakes	2014	Majid Bastankhah, Fernando Porté-Agel	498	Suíça	Renewable Energy
Wind farms	Models for monitoring wind farm power	2009	Andrew Kusiak Haiyang Zheng ZheSong	194	USA	Renewable Energy
Wind farms	Optimizing the arrangement and the selection of turbines for wind farms subject to varying wind conditions	2013	Soum Chowdhury, Jie Zhang Achille Messac, Luciano Castillo	181	USA	Renewable Energy
Wind farms	Aggregated dynamic model for wind farms with doubly fed induction generator wind turbines	2008	Luis M.Fernández, Francisco Jurado, José Ramón Saenz	250	Espanha	Renewable Energy
Wind Power	Investigation on wind power potential on Hong Kong islands—an analysis of wind power and wind turbine characteristics	2002	Lin Lu, Hongxing Yang, John Burnett	239	Hong Kong	Renewable Energy
Wind Power law	Electricity generation and wind potential assessment at Hurghada, Egypt	2008	A.S.Ahmed Shata, R.Hanitsch	84	Alemanha	Renewable Energy
Wind Power law	Wind shear coefficients and energy yield for Dhahran, Saudi Arabia	2007	Shafiqur Rehman, Naif M.Al-Abbadi	71	Arabia Saudita	Renewable Energy
Wind Power law	Wind power potential and characteristic analysis of the Pearl River Delta region, China	2006	Wei Zhou, Hongxing Yang, Zhaohong Fang	136	Hong Kong	Renewable Energy
Wind Shear	Wind shear coefficient, turbulence intensity and wind power potential assessment for Dhulom, Saudi Arabia	2008	Shafiqur Rehman, Naif M.Al-Abbadi	90	Arabia Saudita	Renewable Energy

Fonte: autor

Verifica-se que o artigo com o maior número de citações foi publicado nesta revista. Analisa-se ainda que oito dos artigos publicados nesta revista foram pesquisados através da palavra-chave “wind farm modelization simulation”. Observa-se que as publicações nesta revista ocorreram entre os anos de 2002 e 2022, tendo sido publicados quatro artigos em 2011 e 2016, nos anos de 2008, 2012 e 2019 foram produzidos três.

Os anos com menores publicações foram os anos de 2002, 2006, 2009, 2017, 2021 e 2022 com um artigo e os anos de 2007, 2010, 2013, 2014, 2015, 2018 e 2020 com duas produções científicas.

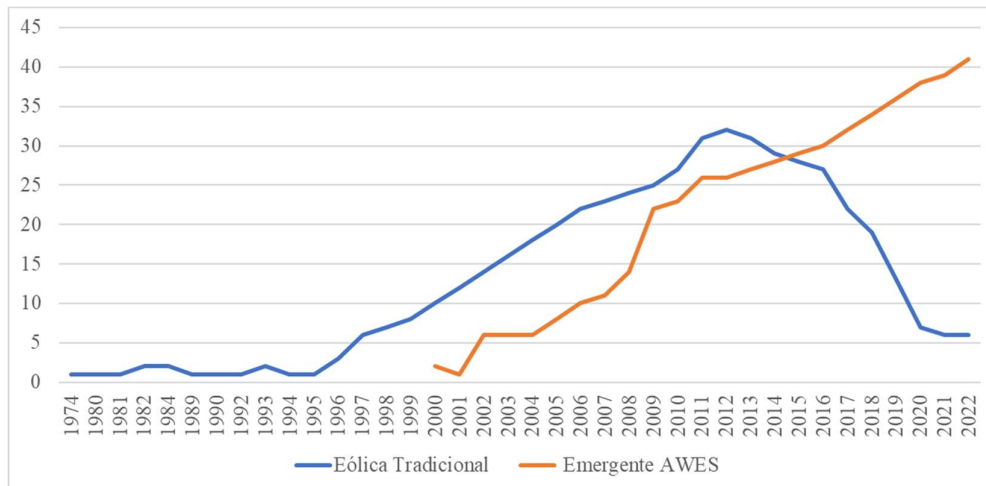
Da análise efetuada através do software VOSviewer, para as quinhentas produções científicas em língua inglesa, criou-se o mapa representado na figura 48. Neste mapa podemos encontrar seis *clusters* distintos. O *cluster* azul representa as ligações entre as principais palavras “wind farm”, “model”, “kite farm”, “simulation”, “kite”. A cor verde abrange o *cluster* das palavras “optimization”, “airborne wind energy system”, “awe”. O *cluster* vermelho está centrado nas palavras “control”, “kite power system”, “wind turbine”, “wind farm modelization”. O *cluster* de cor lilás liga “airborne wind energy”. O último *cluster* de cor mostarda interliga “wind energy”, “wind”, “technology”.



Fonte: autor

**Figura 48** Análise da correlação das produções científica de energia emergente AWES em língua inglesa

Assim efetuando a comparação da distribuição do número de produções científicas da energia eólica tradicional com o número das publicações da energia emergente AWES em língua inglesa, como se verifica na figura 49, pode-se afirmar que após 2012 existe um menor interesse nos estudos da energia tradicional, passando a existir um elevado interesse nas produções da energia emergente AWES.



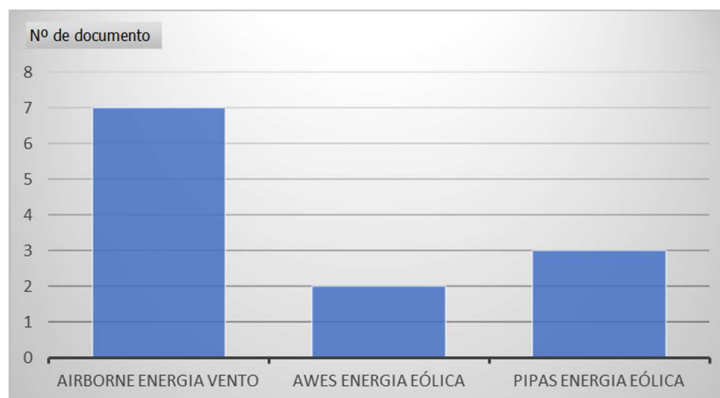
Fonte: autor

**Figura 49** Comparação da distribuição do número de produções científicas da energia eólica tradicional com o número das publicações da energia emergente AWES em língua inglesa

#### 4.2.2. ANÁLISE DE DADOS DAS PRODUÇÕES CIENTÍFICAS EM LÍNGUA PORTUGUESA

Em relação às publicações em língua portuguesa, tal como referido no capítulo anterior, o número de produções científicas é ainda reduzido.

Assim, analisando a figura 50, verifica-se que foram registadas unicamente três combinações de palavras-chaves. A combinação que registou o maior número de produções científicas foi a “airborne energia vento” com sete, seguida de “pipas energia eólica” com três e de “awes energia eólica” com duas.

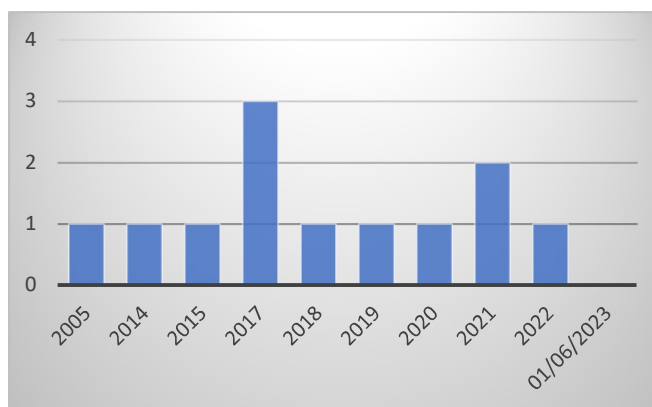


Fonte: autor

**Figura 50 Distribuição por palavra-chave das publicações de energia emergente AWES em língua portuguesa**

A distribuição anual das produções científicas de energia através de AWES, está representada na figura 51.

Da análise efetuada, observa-se que o número de produções é ainda muito limitado, tendo iniciado no ano de 2005 com uma produção.



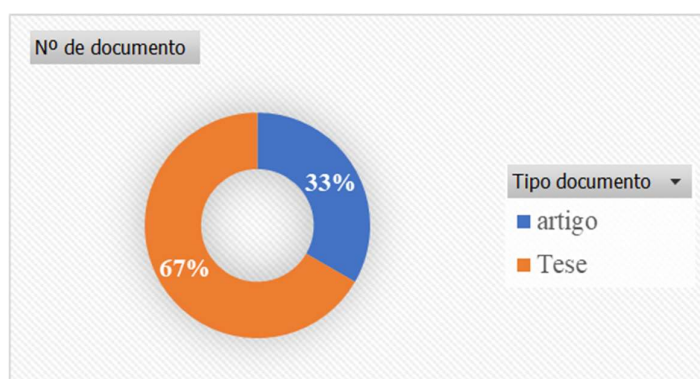
Fonte: autor

**Figura 51 Distribuição anual das publicações de energia emergente AWES em língua portuguesa**

De 2005 a 2013, não foram encontrados registos de publicações, tal como acontece para o ano de 2016.

Verifica-se que o ano de 2017 foi o que obteve o maior número de produções científicas, registando-se três publicações, seguido do ano de 2021 com duas. Nos restantes anos só se registou uma publicação por cada ano.

Na figura 52, observa-se a distribuição pelo tipo de documento das produções científicas. Como a produção de documentos em língua portuguesa é ainda muito reduzida, a distribuição por tipologia limita-se a artigos e a teses de dissertação.

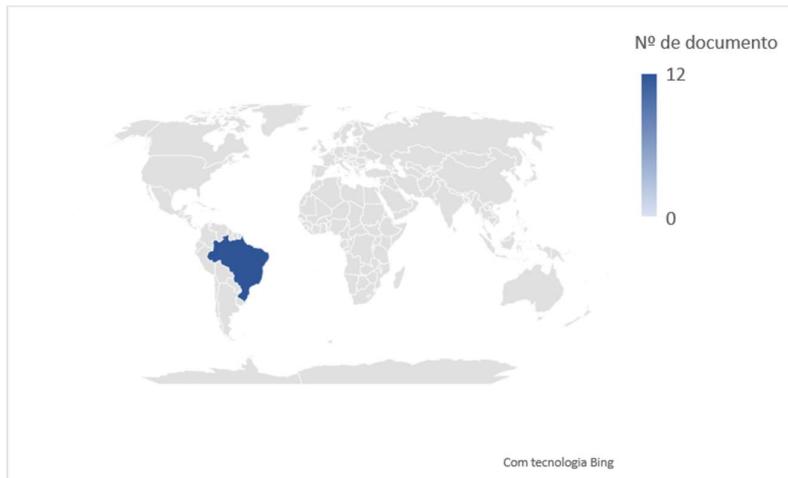


Fonte: autor

**Figura 52 Distribuição por tipo de documento energia AWES em língua portuguesa**

Assim, o maior número de produções científicas foi registado nas teses de dissertação com 67% das produções científicas, seguido de artigos com 33%.

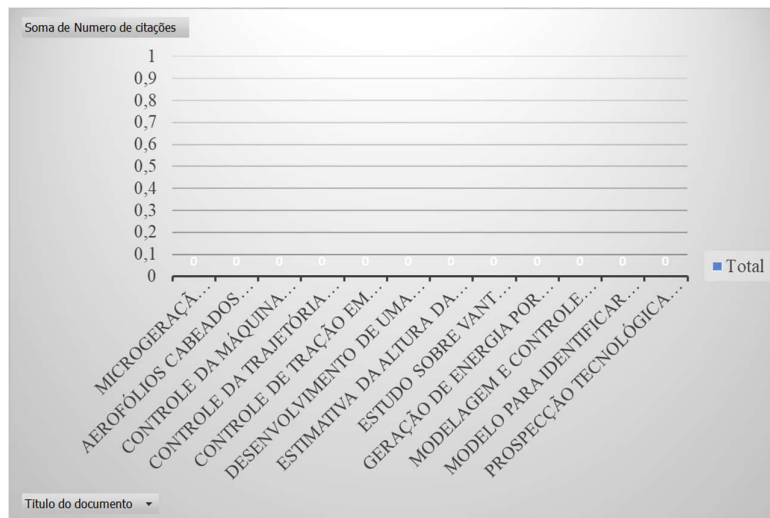
Já a distribuição dos autores das produções científicas pelos países de língua portuguesa foi analisada na figura 53. Assim, observa-se que o Brasil foi o único país que neste estudo obteve as doze produções científicas registadas.



Fonte: autor

**Figura 53 Distribuição por geografia dos autores dos documentos de energia emergente AWES produzidos em língua portuguesa**

Para as produções científicas em língua portuguesa, para amostra deste estudo, não foram identificadas citações, como se observa na figura 54.



Fonte: autor

**Figura 54 Distribuição por citações dos documentos de energia emergente AWES em língua portuguesa**

Na tabela 19 observa-se que todos os autores efetuaram uma produção científica em língua portuguesa e verifica-se que não obtiveram nenhuma citação.

**Tabela 19 Lista dos top vinte autores versus número de citações de energia emergente AWES em língua portuguesa**

Autor	Número documento	Número de citações
Schoenknecht, Marcos Thurow	1	0
Alixandrini Junior, Mauro José	1	0
Araujo, Helmut	1	0
Leonardo Cabral	1	0
LUIS FELIPE DE OLIVEIRA RIVA	1	0
Martins, Leonardo Ferreira Pacheco Malta	1	0
Mendonça, Anny Key de Souza	1	0
Rodrigues, Michel Ney de Almeida Barroso	1	0
Samira Yusef A. de Falani, Mario O. A. González, Klinsmann de Paiva Cardone, Marina Suassuna Justino, Rafael Monteiro de Vasconcelos	1	0
Silva, Ramiro Saraiva da	1	0
Stanislav TairovDaniel Agnoletto	1	0
Winter, Matheus Krüger	1	0

Fonte: autor

A tabela 20 apresenta, a análise do contributo individual dos top vinte autores de produções científicas em língua inglesa. Observa-se que todos os autores contribuíram cada um com uma única produção científica.

**Tabela 20 Lista dos top vinte autores de contributo individual versus ano da última publicação em língua portuguesa**

Nome do Autor	Numero de documentos Publicados	Ano da última publicação
Matheus Krüger Winter	1	2017
Marcos Thurow Schoenknecht	1	2021
Leonardo Ferreira Pacheco Malta Martins	1	2021
Klinsmann de Paiva Cardone	1	2015
Helmut Araujo	1	2017
Leonardo Cabral	1	2019
Daniel Agnoletto	1	2018
LUIS FELIPE DE OLIVEIRA RIVA	1	2020
Anny Key de Souza Mendonça	1	2017
Marina Suassuna Justino	1	2015
Michel Ney de Almeida Barroso Rodrigues	1	2022
Mario O. A. González	1	2015
Ramiro Saraiva da Silva	1	2014
Rafael Monteiro de Vasconcelos	1	2015
Mauro José Alixandrini Junior	1	2005
Samira Yusef A. de Falani	1	2015
Stanislav Tairov	1	2018

Fonte: autor

A figura 55, apresenta a distribuição dos países de origem das revistas utilizadas nas publicações. Observa-se que as publicações foram todas no Brasil.

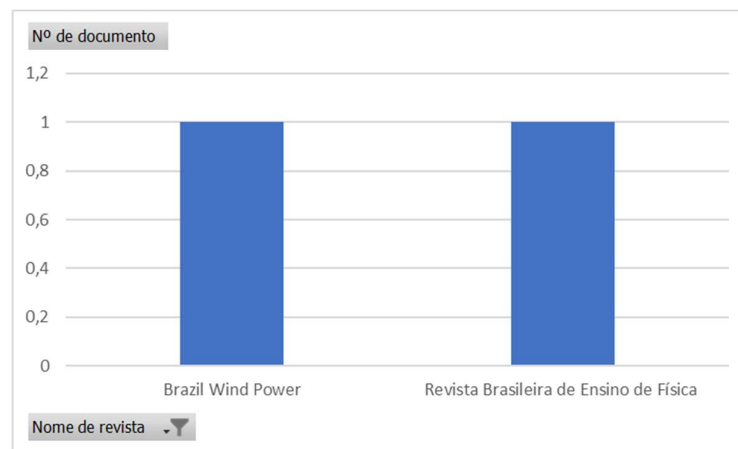


Fonte: autor

**Figura 55 Distribuição por geografia das revistas utilizadas nas publicações de energia emergente AWES em língua portuguesa**

Efetuada a comparação as figuras 53 e 55, que apresentam a distribuição geográfica respectivamente dos autores e das revistas, conclui-se que para ambos o país com maior número de produções/publicações é o Brasil.

Da análise de figura 56, que representa a distribuição das publicações em revistas dos artigos científicos em língua portuguesa, verifica-se que só existem duas publicações, e encontram-se distribuídas pelas revistas brasileiras, “Brazil Wind Power” e “Revista Brasileira de Ensino de Física”.



Fonte: autor

**Figura 56 Distribuição por revista da energia AWES em língua portuguesa**

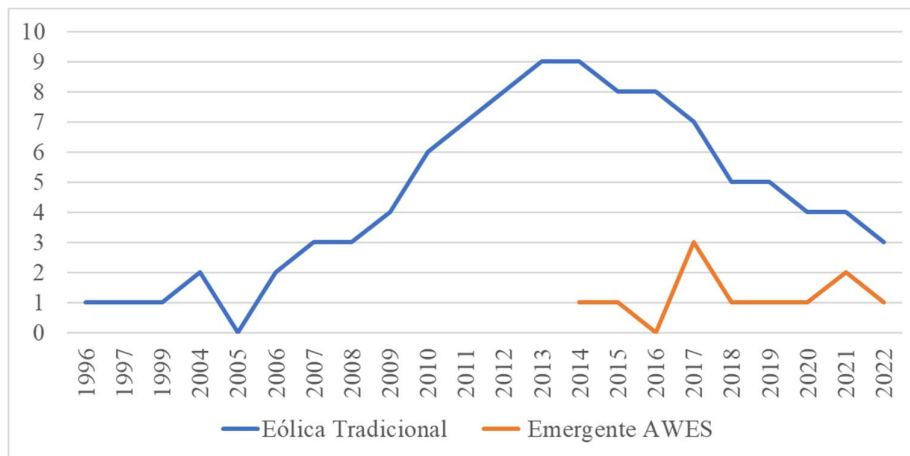
Como o resultado de pesquisa deste estudo para as produções científicas em língua portuguesa é muito reduzida, ao utilizar-se o software VOSViewer verifica-se que a correlação não é significativa, no entanto encontra-se dois *clusters*. Sendo que o *cluster* de cor vermelha liga as palavras “airborne energia”, “energia por pipas” e o *cluster* de cor verde a palavra é a “microgeração”, como se verifica na figura 57.



Fonte: autor

**Figura 57 Análise da correlação das produções científica de energia emergente AWES em língua portuguesa**

Efetuando a comparação da distribuição do número de produções científicas da energia eólica tradicional com o número das publicações da energia emergente AWES, como se verifica na figura 58, dado o reduzido número de produções científicas de energia emergente AWES em língua portuguesa, não é possível realizar esta comparação, mas pode-se afirmar que após 2014 existe um menor interesse nos estudos da energia tradicional.



Fonte: autor

**Figura 58 Comparação da distribuição do número de produções científicas da energia eólica tradicional com o número das publicações da energia emergente AWES em língua portuguesa**



## 5. CONCLUSÕES

Neste capítulo apresentamos as conclusões finais deste estudo que foram obtidas com a análise dos resultados e efetuamos a recomendação para trabalhos futuros.

## 5.1. CONCLUSÕES E RESULTADOS

Este estudo propõem-se aperfeiçoar a base de conhecimento da energia eólica tradicional e AWES, que é vasta e diversificada, sendo que cada vez mais existe a preocupação para a produção de energia através de fontes renováveis, assim como a crescente preocupação com a sustentabilidade do planeta. A elaboração de estudos como este, são uma mais-valia, possibilitando efetuar a análise do que tem sido concebido, detetando também as lacunas ainda por analisar.

Por este motivo, foi efetuada uma análise bibliométrica entre 1996 e junho de 2023 com recurso ao software VOSviewer e ao Excel. Para efetuar os estudos bibliométricos foram considerados 500 publicações em língua inglesa e 100 em língua portuguesa e aplicados cinco métodos principais, a análise de coocorrência de palavras-chave, a análise temporal, a análise do mapeamento geográfico, a análise de citação e a análise de correlação. Estes métodos foram empregues nas produções científicas obtidas utilizando o motor de pesquisa GoogleScholar.

De referir que dada a limitação imposta pelo método de pesquisa, no que concerne ao número de amostras definido, período temporal e palavras-chave utilizadas é possível que não tenham sido selecionadas e registadas produções científicas com a mesma ou maior relevância para o tema deste estudo.

É notório que para a energia eólica tradicional, quer em produções em língua inglesa quer em língua portuguesa, nos anos compreendidos entre 1996 e 2013 existiu um forte crescimento do número de publicações. De salientar que os quatro países líderes de produções científicas em língua inglesa são os Estados Unidos da América, a França, a Dinamarca e a China, com 42,82% do total das publicações, o que se pode depreender que existiram investimentos nesta área durante este período. No que respeita às produções em língua portuguesa, registou-se que só Portugal e o Brasil contribuem para as publicações.

No entanto após 2013, verifica-se um decréscimo acentuado das produções científicas correspondentes à energia eólica tradicional, o que se pode inferir que a partir desta data existe um menor interesse neste tipo de tecnologia.

No que concerne, às produções da tecnologia emergente AWES, observa-se que após 2013 existe um crescimento acentuado do número de publicações até aos nossos dias, o que pode justificar o decréscimo no interesse que existe nas produções científicas de energia eólica tradicional após este ano, isto é, os estudos passaram a ter o seu foco na tecnologia emergente AWES em detrimento da energia tradicional.

Os quatro países que contribuem com mais produções sobre tecnologia emergente AWES em língua inglesa, são a Holanda, os Estados Unidos da América, a Alemanha e a Itália, com 45,09% das publicações. Quanto às produções em língua portuguesa verifica-se que ainda são muito reduzidas, o que desta forma as contribuições sobre este tema são ainda muito baixas.

Quanto à análise das palavras-chave, para a energia eólica tradicional em língua inglesa destacam-se as combinações de palavras “wind power” e “wind energy optimization simulation”, que correspondem a 25,60% de todas as publicações. No que respeita às publicações em língua portuguesa observa-se as combinações “parque eólico simulação” e “distribuição vento aerogeradores” foram as que obtiveram maior número, com 54% das publicações.

Para a energia eólica por tecnologia emergente AWES em língua inglesa, observa-se que as combinações “kite power” e “Airborne Wind Energy” são as que se destacam com 35,00% do total das publicações. Nas produções em língua portuguesa, dado o reduzido número de publicações destacamos a combinação “airborne energia vento” que corresponde a 58,33% das produções.

Verificamos que o artigo mais citado para a energia eólica tradicional em língua inglesa, foi publicado em 2011 na revista “Renewable and Sustainable Energy Reviews” com o título “Role of renewable energy sources in environmental protection: A review” dos autores N.L.Panwar, S.C.Kaushik, Surendra Kothari. No que respeita à produção científica para a tecnologia emergente AWES, o artigo mais citado foi o artigo publicado em 2012, na revista “Renewable Energy”, com o título “Current methods and advances in forecasting of wind power generation”, cujos autores são Aoife M.Foley, Paul G.Leahy, Antonino Marvuglia, Eamon J. McKeogh. No que concerne às publicações em língua portuguesa constatou-se que

quer para a energia eólica tradicional, quer para a tecnologia emergente AWES não foram encontradas citações para as produções científicas pesquisadas neste estudo.

Conclui-se ainda que para a energia eólica tradicional em língua inglesa, os Estados Unidos da América, é o país com maior número de autores de produções científicas, assim como é o país com maior número de publicações em revistas. No que concerne às tecnologias emergentes AWES, o mesmo não sucede, isto é, para os autores é a Holanda e para as revistas são os Estados Unidos da América. Em relação às publicações em língua portuguesa constatou-se que quer para a energia eólica tradicional, quer para a tecnologia emergente AWES, o país com maior número de produções/publicações é o Brasil.

No que diz respeito à utilização do VOSviewer, podemos constatar que a utilização deste software permitiu analisar a semelhança das produções científicas (acoplamento bibliográfico), com recurso à partilha de referências, assim como a correlação de palavras, de forma a possibilitar um mapa, indicando os temas mais investigados e as ligações existentes entre eles.

## **5.2. TRABALHOS FUTUROS**

Por fim, podemos destacar ainda alguns dos aspetos que podem ser investigados em estudos a serem realizados no futuro:

- Partindo da reflexão das limitações identificadas, sugere-se que os próximos estudos tenham em conta uma amostragem com uma maior abrangência no que concerne ao número de amostra a utilizar.
- Um outro estudo com referência às produções citadas poderia relevar um maior detalhe das suas contribuições para outros autores.
- Alargar este estudo, aplicando a mesma metodologia a outras fontes produtoras de energias renováveis, nomeadamente a solar e a das marés.

## Referências Bibliográficas

- ABB. (2011). *Technical Application paper No 13*.  
<https://Library.e.Abb.Com/Public/92faf0c1913f5651c1257937002f88e8/1SDC007112G0201.Pdf>.
- AFONSO, M. H. F. et al. . (2011). Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literature sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 46–62.
- ARAÚJO, C. A. (2006). *Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. Em Questão* (Vol. 12).
- BARBOSE, G. et al. (2016). A retrospective analysis of benefits and impacts of U.S. renewable portfolio standards. *Energy Policy*, v. 96, 645–660.
- BURTON T. (2001). *Wind energy handbook* (John Wiley & Sons, Ed.). ISBN:9780471489979.
- CASTRO, R. M. G. (2003). *Energias Renováveis e Produção Descentralizada* [Dissertação de Mestrado]. INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO.
- CHERUBINI, A., PAPINI, A., VERTECHY, R., & FONTANA, M. (2015). *Airborne wind energy systems: A review of the technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews: Vol. n. 51*.
- COIMBRA, C. Maria. (1999). *Perspectiva de Inserção da Energia Eólica na Matriz Energética Nacional: Um Projeto Para a Eletrificação de Uma Vila Isolada – Análise Comparativa: Sistema Eólico x Sistema Diesel*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CONCEIÇÃO, M. R. M. DA. (2010). *Modelos Dinâmicos de Sistemas de Conversão de Energia Eólica Ligados à Rede Eléctrica* [Dissertação de Mestrado]. Universidade da Beira Interior.

- ENSSLIN, L. et al. (2010). ProKnow-C, Knowledge Development Process – Constructivist. *Brasil*.
- FADIGAS, E. A. F. A. (2011). *Energia Eólica* (Manole, Ed.; 1º edição, Vol. 1).
- FAGIANO, L. (2009). *Control of Tethered Airfoils for High-Altitude Wind Energy Generation*. . Politecnico di Torino.
- FAGIANO, L., MILANESE, M., & PIGA, D. (2010). High-altitude wind power generation. [Http://Ieeexplore.Ieee.Org/Xpls/Abs\ \\_all.Jsp?Arnumber=5350676](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs/all.jsp?arnumber=5350676), 168–180.
- FERNÁNDEZ-LLIMÓS, Fernando. A. M. J. C. M. T. L. P. F. L. Silvia. (2012). A Bibliometria e a Avaliação da Produção Científica: indicadores e ferramentas. *Associação Portuguesa de Bibliotecários, Arquivistas e Documentalistas*.
- FERREIRA ARAÚJO, R., & ALVARENGA, L. (2011). THE BIBLIOMETRICS IN THESES AND DISSERTATIONS PRODUCED IN BRAZIL (1987- 2007). *Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência Da Informação, Vol. 16, Núm. 31, 51–70*.
- FERREIRA, N. S. de A. (2002). As pesquisas denominadas “Estado da Arte”. *Educação & Sociedade - Campinas, 257–272*.
- FREITAS A.W. (2008). *Controlo de passo de aerogeradores de baixa potência*, [Dissertação ]. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- GAUTAM, P. (2017). An overview of the Web of Science record of scientific publications (2004–2013) from Nepal: focus on disciplinary diversity and international collaboration. *Scientometrics*, 1245–1267.
- H. GLAUERT. (1926). *The Elements of Aerofoil and Theory*. Cambridge University Press.
- HAU ERICH. (2013). *Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics* - Erich Hau - Google Books. Springer. [https://books.google.pt/books?hl=en&lr=&id=KeNEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Wind+turbine&ots=Bd9SC-m8nV&sig=67vURhQs3hfx3QMBvzjLxzwaNac&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Wind%20turbine&f=false](https://books.google.pt/books?hl=en&lr=&id=KeNEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Wind+turbine&ots=Bd9SC-m8nV&sig=67vURhQs3hfx3QMBvzjLxzwaNac&redir_esc=y#v=onepage&q=Wind%20turbine&f=false)

- IEA. (2019). *IEA*. <https://Iea-Wind.Org/Wp-Content/Uploads/2020/12/Results-of-IEA-Wind-TCP-Workshop-on-a-Grand-Vision-for-Wind-Energy-Technology.Pdf>.
- LACERDA, R. T. O., ENSSLIN, L., & ENSSLIN, S. R. (2012). Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. *Gestão & Produção*, v 19, n.1.
- MANWELL JAMES F, M. J. G. , R. A. L. (2009). *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application - James F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Rogers - Google Books*. Wiley.  
[https://books.google.pt/books?hl=en&lr=&id=roaTx\\_Of0vAC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Aerodynamics+of+Wind+Turbines+book&ots=O4XCQpdFT6&sig=M4eHY11cguDNPvA7fsXOatE9aro&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Aerodynamics%20of%20Wind%20Turbines%20book&f=false](https://books.google.pt/books?hl=en&lr=&id=roaTx_Of0vAC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Aerodynamics+of+Wind+Turbines+book&ots=O4XCQpdFT6&sig=M4eHY11cguDNPvA7fsXOatE9aro&redir_esc=y#v=onepage&q=Aerodynamics%20of%20Wind%20Turbines%20book&f=false)
- MATHEW SATHYAJITH. (2006). *Wind Energy: Fundamentals, Resource Analysis and Economics - Mathew Sathyajith - Google Books*. Springer.  
[https://books.google.pt/books?hl=en&lr=&id=IWUcd\\_nQTl8C&oi=fnd&pg=PA89&dq=renewable+wind+energies&ots=k2ggK-0IKM&sig=rOc4NReexLiLUd0v4GBGg3iK7F0&redir\\_esc=y#v=onepage&q=renewable%20wind%20energies&f=false](https://books.google.pt/books?hl=en&lr=&id=IWUcd_nQTl8C&oi=fnd&pg=PA89&dq=renewable+wind+energies&ots=k2ggK-0IKM&sig=rOc4NReexLiLUd0v4GBGg3iK7F0&redir_esc=y#v=onepage&q=renewable%20wind%20energies&f=false)
- MELÍCIO R. (2010). *Modelos dinâmicos de sistemas de conversão de energia eólica ligados à rede eléctrica*. Universidade da Beira Interior - Engenharia Eletrotécnica.
- MONTERO DÍAZ, J. et al. (2018). Mapeo científico de la Categoría «Comunicación» en WoS (1980-2013). *Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación*, n. 55, 81–91.
- ROMANOWSKI, J., & P. ENS, R. T. (2006). *As pesquisa Denominadas do Tipo “Estado da Arte” em Educação. Diálogo Educacional: Vol. Vol. 6 (P. ENS, Romilda T.)*.
- SPINAK, E. et al. (1996). *Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informática (Unesco)*. ISBN : 92-9143-007-2.
- T. BURTON, D. SHARPE, D. SHARPE, N. JENKINS, & E. BOSSANYI. (2011). *Wind Energy Handbook (John Wiley & Sons, Ed.)*. ISBN:9780470699751.

*The Guardian*. (2008, October 17).  
<https://www.theguardian.com/environment/2008/oct/17/wind-power-renewable-energy>  
<https://www.theguardian.com/environment/2008/oct/17/wind-power-renewable-energy>

TOFFLER, A. (1982). *La tercera ola* (Plaza y Janes Editores, Ed.). ISBN 10: 8401450128 .

TSAY M-Y. (2008). *A bibliometric analysis of hydrogen energy literature, 1965 e 2005*.  
*Scientometrics: Vol. Vol. 75*.

VOSviewer. (2023, May). *VOSVIEWER*. <https://www.vosviewer.com/>.

ZILLMANN, U., & HACH, S. (2014). *Financing strategies for airborne wind energy*. In:  
*AHRENS, U.; DIEHL, M.; SCHMEHL, R. (Ed.). Airborne Wind Energy*. London:  
(Springer, Ed.).

ZUPIC, & T. ČATER. (2015). *Bibliometric methods in management and organization*.  
*Organizational Research Methods: Vol. Vol. 18*.