



**VIII SINGEP**

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



## **RESÍDUOS DE PÁS DE TURBINAS EÓLICAS: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA DAS PESQUISAS PARA APLICAÇÃO DE ECONOMIA CIRCULAR**

*WIND TURBINE PADS WASTE: A BIBLIOMETRIC LITERTURE REVIEW OF RESEARCH  
FOR THE APPLICATION OF CIRCULAR ECONOMY*

**PLINIO CENTOAMORE**

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

**LUIZ FERNANDO RODRIGUES PINTO**

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

### **Nota de esclarecimento:**

Comunicamos que devido à pandemia do Coronavírus (COVID 19), o VIII SINGEP e a 8ª Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) foram realizados de forma remota, nos dias **01, 02 e 03 de outubro de 2020**.



**VIII SINGEP**

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



## **RESÍDUOS DE PÁS DE TURBINAS EÓLICAS: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA DAS PESQUISAS PARA APLICAÇÃO DE ECONOMIA CIRCULAR**

### **Objetivo do estudo**

O objetivo principal é realizar um levantamento dos artigos científicos publicados nos principais periódicos. Estes artigos são dedicados a discutir as alternativas para disposição de resíduos de pás de turbinas eólicas após seu final de vida.

### **Relevância/originalidade**

Fazer uma avaliação do que está sendo discutido no sentido do descarte sustentável para os resíduos de pás de turbinas eólicas.

### **Metodologia/abordagem**

Foi realizada uma revisão bibliométrica em bases de dados selecionadas que tenha um perfil alinhado com o objetivo em questão. Desta maneira, buscar artigos voltados a utilização de conceitos de Economia Circular. Os artigos selecionados foram divididos em grupos de acordo com sua origem, a partir dos continentes e países, por ano de publicação e por periódicos.

### **Principais resultados**

Os resultados demonstraram as distribuições dos artigos e revelaram preocupações sobre o que fazer com os resíduos das pás de turbinas eólicas, levando-se em consideração os aspectos de quantidade de artigos publicados, quando e por quem foram publicados. Os resultados demonstram que estas preocupações tomaram forma recentemente e tem aumentado exponencialmente nos últimos anos.

### **Contribuições teóricas/metodológicas**

A partir do enfoque e caracterização dos dados arrançados, foi considerado como foco os dados resultantes dos agrupamentos de dados realizados. As tendências da evolução dos dados demonstradas direcionam reflexões sobre as preocupações aqui consideradas.

### **Contribuições sociais/para a gestão**

Desenvolvimento de uma consciência coletiva para avaliação/definição dos rumos a serem tomados para a destinação sustentável dos resíduos gerados por pás de turbinas eólicas. O material destas pás pode permanecer por longo tempo na natureza, constituindo-se em grande potencial poluidor.

**Palavras-chave:** Turbinas Eólicas, Pás de turbinas eólicas, Economia Circular, Final de Vida



**VIII SINGEP**

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE



## *WIND TURBINE PADS WASTE: A BIBLIOMETRIC LITERTURE REVIEW OF RESEARCH FOR THE APPLICATION OF CIRCULAR ECONOMY*

### **Study purpose**

The main goal is to perform a scientific papers collection, published in representative journals, which are dedicated in discuss alternatives for waste disposal of wind turbines blades at end of their life.

### **Relevance / originality**

To conduct an evaluation on what is being discuss in sense for a sustainable disposal of wind turbines blades wastes.

### **Methodology / approach**

It was performed a bibliometric review on selected data bases, which have a profile aligned with the subject of this study. In this way, the target is search for articles focused on utilization of Circular Economy. The selected articles was arranged in groups according to theirs origins, as of continents and countries, by published year and per journal of publication.

### **Main results**

The results showed articles distributions and revealed concerns about what should be done with wastes from wind turbines blades. It was considered number of articles published, when and by whom they were published. The results demonstrate that these concerns self emerge recently, and are growing in an exponential rate during the last decade.

### **Theoretical / methodological contributions**

The approach and data characterisation, aim a reasonable conclusion about developed distributions aspects of articles considered. It was considered as a target, information that emerged from articles, together with arrangement criteria of those, in separate groups, as they were divided in this study.

### **Social / management contributions**

To develop a collective consciousness in sense to evaluate/define a sustainable destination for wind turbine blades wastes. This composite material can remain on nature for a long period of time and can became a high potential pollutant source.

**Keywords:** Wind Turbines, Wind Turbine Blades, Circular Economy, End of Life



### 1) Introdução

A cada dia que passa torna-se maior a preocupação com o meio ambiente. A relação entre a indústria e o meio ambiente passa a ser crítica para um desempenho aceitável nas atividades industriais (Lieder & Rashid, 2015).

Com o crescimento da atividade industrial, o aumento superlativo da utilização de recursos naturais, das emissões de gases na atmosfera e da geração de resíduos oriundos destes processos, as consequências tornam-se insuportáveis para o meio ambiente, em caso da manutenção dos níveis de geração destes fatores causadores de agressões que vem sendo praticados por estas atividades.

Uma vez se mantendo as mesmas taxas de crescimento experimentadas até então, desconsiderando-se variações cíclicas em relação às consequências positivas ou negativas decorrentes de oscilações de carácter econômico, a situação que se apresenta tende a se agravar ainda mais. Daí a necessidade de voltar-se a atenção para práticas que caracterizem uma relação com o meio ambiente mais saudável e que possa ser suportada pela natureza característica dos recursos limitados de nosso planeta (Figge, Thorpe, Givry, Canning & Franklin-Johnson, 2018).

Dentre as atitudes a serem adotadas, encontra-se o conceito de Economia Circular. Baseado no trabalho de Leontief (1991), existe uma sustentação teórica na direção da utilização dos mesmos recursos repetidamente em um ciclo, dissociando valiosos estoques de recursos naturais do desenvolvimento das atividades industriais. Da mesma forma desenvolveu-se o conceito de circularidade, que representa a eficiência da utilização de um mesmo recurso pelo maior número de vezes possível (Figge *et al.*, 2018). Diante deste conceito existe um amplo espectro de aplicabilidade para Economia Circular e para Circularidade.

A geração de eletricidade por meio da força dos ventos tem se mostrado uma das mais promissoras fontes de energia renovável nas últimas duas décadas. A capacidade instalada saltou de 7.600MW em 1998 para 364.270MW em 2014 (Liu & Barlow, 2017).

Tem-se a percepção que este crescimento deverá continuar evoluindo, apesar do fato das taxas de crescimento possam variar conforme as diferentes regiões geográficas (Liu & Barlow, 2017). O Conselho Global de Energia Eólica (GWEC), apresenta uma previsão onde aparece uma taxa de crescimento anual no mundo, em geração de eletricidade através da força dos ventos que deve suplantar 12%, entre os anos de 2013 e 2018 (Liu & Barlow, 2017). A Associação Europeia para Energia Eólica (EWEA) prevê que, por volta de 2020 existirá em torno de 192GW de capacidade instalada em parques eólicos espalhados ao redor do planeta, sendo responsável por 14,9% de toda a energia elétrica consumida (Liu & Barlow, 2017). A Associação Internacional de Energia (IEA) estimava, em 2011, que por volta de 15 a 18% da eletricidade gerada no mundo em 2050 provenha de parques eólicos (Liu & Barlow, 2017). Apesar de todas as disparidades em relação às mais variadas previsões, existe um forte indicativo de que a energia eólica continuará se desenvolvendo rapidamente durante a próxima década (Liu & Barlow, 2017).

Esta perspectiva de crescimento traz em seu bojo aspectos positivos, por preverem uma utilização significativa de energia oriunda de fontes renováveis. Por outro lado, levantam-se questões quanto ao destino a ser dado aos componentes de turbinas eólicas após o término de sua vida útil. A disposição a ser dada para estes componentes e materiais deve ser objeto de estudo e consideração (Ortegon, Nies & Sutherland, 2012).



Uma turbina eólica típica é constituída de uma fundação em concreto, sua torre de sustentação em aço, concreto ou ainda uma combinação dos dois materiais, uma nacela fabricada principalmente em aço e com grande utilização de cobre no gerador elétrico, componente este, instalado no interior da nacela, e as três pás fabricadas em material composto (resinas Epoxi, mantas de fibra de vidro ou de carbono e madeira balsa).

Considerando estes materiais, que majoritariamente compõe uma turbina eólica, o concreto utilizado nas fundações e eventualmente nas torres e os materiais compostos que constituem as pás, são considerados os mais críticos e problemáticos no sentido de sua destinação após o término da vida útil de uma turbina eólica, por afetarem negativamente o meio ambiente. Isto se dá por conta do longo período de tempo para sua deterioração em meio natural.

Este artigo desenvolve uma revisão bibliométrica com foco nos possíveis destinos a serem dados para as pás de turbinas eólicas, após o final de sua vida útil, tendo como orientação a utilização dos conceitos de Economia Circular. Também tem como objetivo, avaliar, através desta pesquisa, o quanto está sendo discutido em relação às possíveis destinações para pás de turbinas eólicas após o término de sua vida útil. Neste sentido, este artigo realizou uma revisão bibliométrica, no que diz respeito ao destino a ser dado às pás de turbinas eólicas após o término de sua vida útil.

## 2. Referencial Teórico

O final de vida em serviço de uma turbina eólica ocorre quando esta atinge a expectativa de vida determinada pelo projeto. Este período varia normalmente entre 20 e 30 anos de funcionamento, o que acontece por diversos motivos: quando não consegue mais atingir o desempenho esperado em função da fadiga de seus componentes; quando da ocorrência de falhas dos componentes que compõe a instalação operacional da turbina; quando da sua deterioração estrutural; ou ainda por não mais satisfazer as necessidades ou expectativas dos usuários (Ortegon, Nies & Sutherland, 2012).

Ainda, de acordo com os mesmos autores agora citados, dois cenários podem ocorrer em um parque eólico gerador de energia elétrica com turbinas em final de sua vida útil: Repotenciamento ou Descomissionamento.

Durante o processo de repotenciamento o parque eólico continua operando, enquanto as turbinas selecionadas para repotenciamento são desmontadas e substituídas por novos equipamentos com maior eficiência de produção ou com maior potência nominal.

Por outro lado, o processo de descomissionamento de um parque eólico inclui a desmontagem das turbinas instaladas, a remoção das estruturas localizadas acima do nível do solo, a remoção de suas fundações, fundações estas, estando abaixo do nível do solo, a sementeira e o replantio da vegetação original da região, com a eventual substituição da camada de terra da superfície afetada pela instalação dos equipamentos do parque eólico.

Ao final deste processo, deve ser feito um acompanhamento, por um período de dois anos, com monitoramento das condições de recuperação da área, seguidas das eventuais correções que se façam necessárias para o retorno integral do meio ambiente à sua condição original, condição em que se encontrava o meio ambiente antes do estabelecimento do parque eólico (Ortegon *et al.*, 2012). Tanto no cenário de repotenciamento quanto no de descomissionamento de parques eólicos, os processos que envolvem as atividades pertinentes a estas operações incluem desmontagem, separação, recuperação e gerenciamento dos materiais residuais gerados a partir das operações aqui citadas.



As alternativas para definição da destinação a ser dada às turbinas eólicas em final de vida útil incluem: reciclagem de materiais recuperados, recondicionamento da turbina para aumentar seu período de vida útil, reutilização de alguns componentes ou até a remanufatura completa da turbina e de seus equipamentos periféricos (Ortegon *et al.*, 2012).

O eventual sucesso do gerenciamento de final de vida de turbinas eólicas passa por uma análise pormenorizada dos quesitos da cadeia de suprimentos reversa. A estrutura dos canais de recuperação, a logística para administrar componentes de grande volume e/ou grande peso e a qualidade apresentada dos equipamentos que compõe as turbinas após seu descomissionamento devem ser avaliadas.

Ao final, é esperado o desenvolvimento de uma estratégia consistente para tratamento de turbinas eólicas em final de vida útil que faça sentido, não apenas sob a ótica ambiental, mas que seja também, viável economicamente (Ortegon *et al.*, 2012).

Para o caso específico de pás de turbina eólicas, objeto deste estudo em função da expectativa da grande quantidade de material a ser reciclado em futuro próximo, a previsão de ciclo vida útil para estes componentes é de 20-25 anos (Beauson, Madsen, Toncelli, Brøndsted & Bech, 2016).

As soluções para tratativas de final de vida de pás de turbinas eólicas dependem da quantidade de reprocessamento que se faça necessário para garantia da sanidade deste componente quando em uso. Alguns passos para reprocessamento de pás são necessários para a extensão de sua vida útil. Após 20-25 anos de trabalho, as pás ainda possuem alguma resistência residual (Beauson *et al.*, 2016). Estes componentes devem ser desmontados, trazidos ao chão reconicionados e reinstalados (Beauson *et al.*, 2016).

Entretanto, o campo para aplicação deste tipo de recuperação é bastante limitado. As propriedades mecânicas dos diferentes materiais que compõe as pás são determinadas com precisão para atender os requisitos e solicitações a que são submetidas, quando em serviço. Além disso, a característica de suas formas e as dimensões das secções transversais fazem sua reutilização tornar-se desafiadora. Atividades de reprocessamento de pás, caracterizadas como de grande extensão, tornam-se custosas, resultando em operações de difícil aplicabilidade e de resultado incerto, abrindo desta maneira, caminho para um grande número de possibilidades de aplicações para os materiais a serem reciclados.

Tais soluções incluem trituração dos materiais compostos, ou a separação entre a fibra de vidro e a matriz polimérica, através da utilização de processos térmicos ou químicos (Beauson *et al.*, 2016). A trituração do material composto utilizado nas pás, também chamado de reciclagem mecânica, é o método mais simples existente e se constitui em uma solução comercial disponível no mercado (Beauson *et al.*, 2016).

No que diz respeito às quantidades de material gerado em função do término de sua vida útil, existem diversas previsões para estes volumes baseadas em estudos e artigos publicados.

Tomando-se como exemplo a quantidade de resíduos de pás de turbinas eólicas que atingiram seu final de vida, este volume deverá ter um crescimento cumulativo tendo como dados iniciais o ano 2018. Este período tem sua significância a partir do ano citado, pelo fato de que as turbinas instaladas no início dos anos 2000 vão começar a atingir seu final de vida útil (vida útil prevista de 20-25 anos) iniciando, portanto, o processo de geração de resíduos de pás oriundos dos materiais compostos utilizados na fabricação destes componentes.

Até o final do século passado, a quantidade de turbinas eólicas instaladas e em funcionamento não atingia um volume significativamente grande para gerar uma quantidade de resíduos após seu final de vida útil e que pudesse induzir a uma preocupação generalizada com o meio ambiente. Esta quantidade, apesar de prejudicial, mostrava-se incipiente em se considerando seu volume. Estas ocorrências estão diretamente relacionadas com a quantidade de turbinas eólicas instaladas a caminho do término de sua vida útil, portanto referenciadas a



uma época (início dos anos 2000), quando ainda existiam poucos parques eólicos em funcionamento (Liu & Barlow, 2017).

Ainda a título de exemplo, o gráfico a seguir demonstra a projeção de capacidade instalada no final do sec. XX e início do sec. XXI (a partir de 1998 até 2014). (Liu & Barlow, 2017).

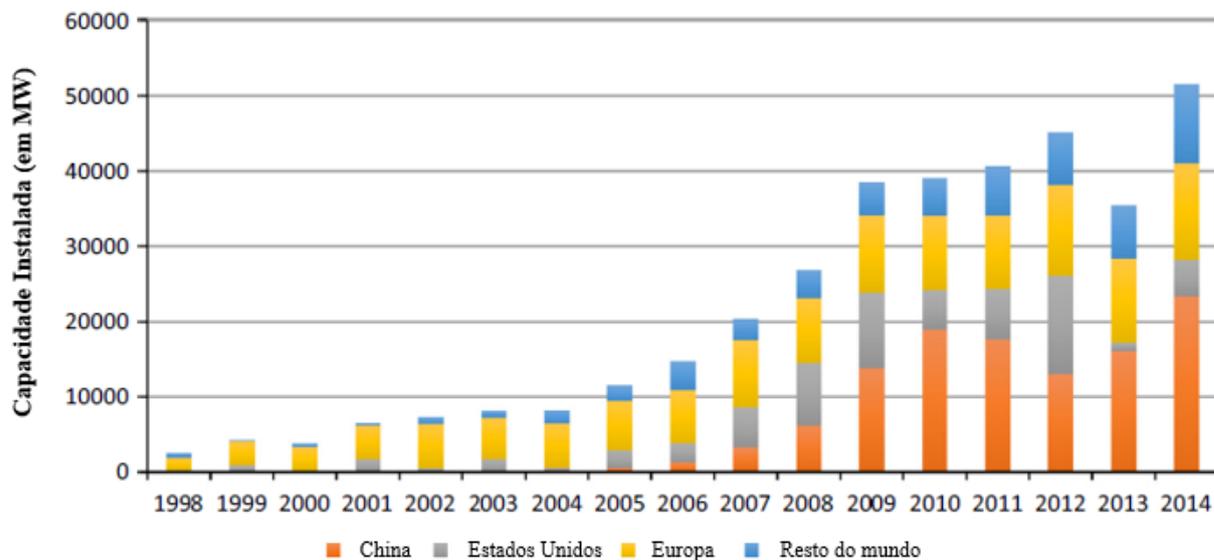


Fig. 01: Capacidade Global Instalada Separada por Região. Fonte: (Liu & Barlow, 2017)

A figura 01 representa a distribuição da capacidade de geração de eletricidade através de parques eólicos ao longo das últimas duas décadas, separadas por regiões do planeta. Esta figura exemplifica a curva de crescimento da capacidade de geração de energia por meio da força dos ventos ao longo dos últimos anos.

De acordo com os dados aqui apresentados, a quantidade de parques eólicos só passa a se tornar significativa a partir dos anos 2003/2004, quando a capacidade instalada se aproxima dos 10GW/ano. Nesta época, praticamente só a Europa continha instalações de parques eólicos.

A situação atual (início dos anos 20 do sec. XXI) demonstra um perfil totalmente diferente, com a posição da China assumindo uma significância a ser observada. Apresenta-se também a estabilidade do crescimento de novas instalações na Europa e o aumento significativo da participação de países do resto do mundo, que naquele instante não tinham nenhuma representatividade no cenário mundial.

Além da maciça participação da China, temos um crescimento expressivo da capacidade instalada espalhados por diversos países em desenvolvimento, alguns com um número significativo de parques eólicos com potência instalada bastante representativa. Entre estes devemos citar o Brasil. Estas instalações serão geradoras de resíduos a serem processados em um futuro não muito distante.

Alguns indicadores mostram-se necessários para projeção da quantidade de material a ser descartado ao final de vida das pás de turbinas eólicas. Como objeto de ilustração desta pesquisa podemos citar: Peso Unitário da Pá (em toneladas) X Potência Instalada da Turbina (em MW) – conforme os diversos fabricantes: Peso da Pá/Unidade de Potência (em toneladas/MW) por Faixa de Potência (MW).

Na sequência temos os gráficos representativos para cada um dos indicadores citados (Liu & Barlow, 2017).



A figura 02 a seguir demonstra o peso das pás de turbinas eólicas em relação a potência instaladas de suas respectivas turbinas. Pode-se notar que este peso tem uma distribuição característica em relação à potência gerada por cada turbina.

O peso das pás, também são diferentes quando comparados os diversos fabricantes, o que também fica demonstrado na figura e depende também do fabricante.

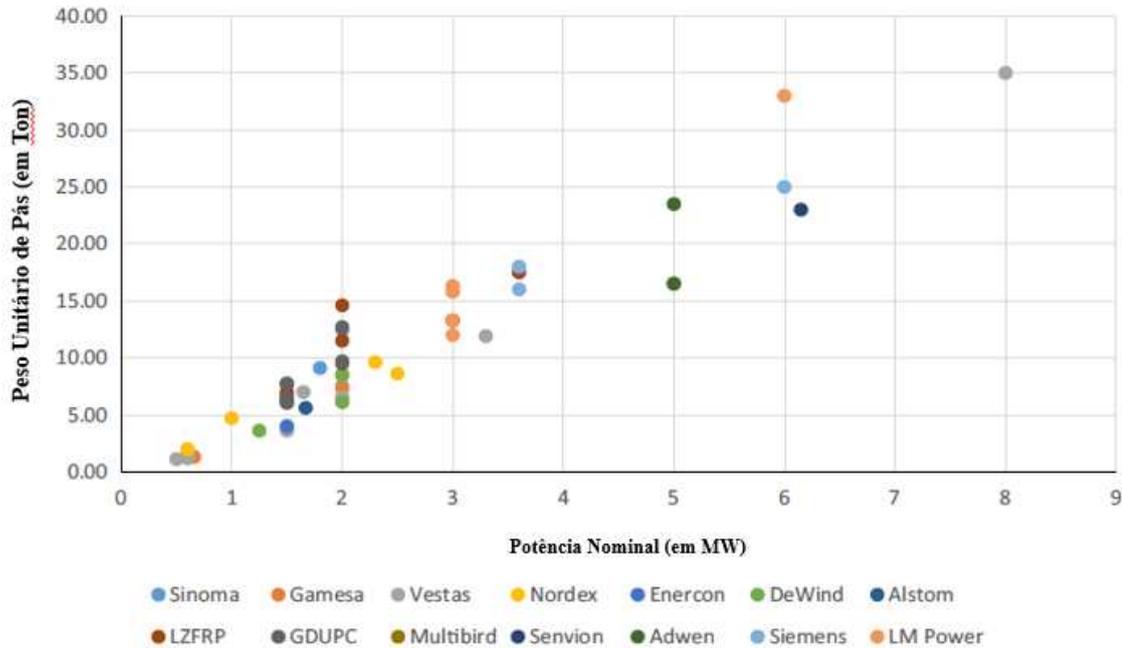


Figura 02: Peso da Pá X Potência Nominal. Fonte: (Liu & Barlow, 2017)

A figura 03 apresenta o indicador de peso das pás em relação a unidade de potência gerada. Esta representação se dá por faixas de potências e tem um comportamento característico com o aumento do indicador de peso por unidade de potência até um determinado nível, para em seguida ter um pequeno recuo.

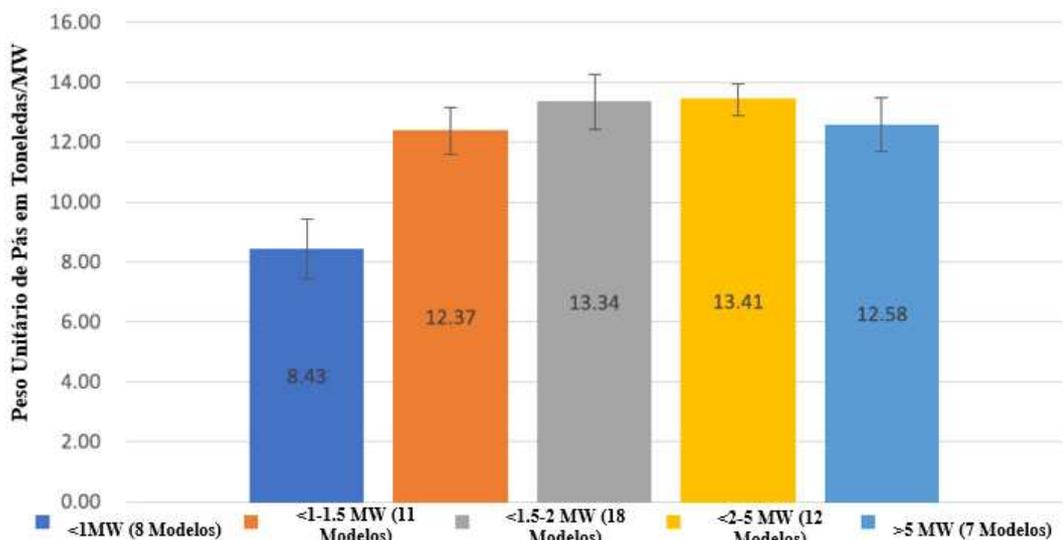


Figura 03: Peso da Pá/Unidade de Potência X Faixa de Potência. Fonte: (Liu & Barlow, 2017)



Olhando para os dados apresentados e considerando as previsões de crescimento da capacidade instalada citadas nos artigos pesquisados, pode-se chegar a gerar entre 400.000 e 500.000 toneladas de material composto a ser reciclado por ano. Esta previsão é válida para o período compreendido entre os anos 2029 a 2033 e diz respeito somente ao material originário de pás eólicas colocadas fora de uso por conta do término de sua vida útil (Liu & Barlow, 2017).

Estes dados apresentados, a despeito de conter divergências entre si, sem sombra de dúvida mostram um cenário futuro onde deveremos nos preocupar de forma intensa com as possíveis consequências destes resíduos para o meio ambiente. Este fato alavanca o desenvolvimento deste estudo para termos uma visão mais clara do que está sendo discutido sobre esta situação.

### 3. Metodologia

A partir da definição de um método para realizar a revisão bibliométrica, objetivo deste trabalho, pode-se atingir resultados considerados válidos para conclusões que contribuem para o entendimento da questão de pesquisa colocada. Um método “É o conjunto de atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros – traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista” (Marconi & Lakatos, 2010, p.65). Esta pesquisa tem uma característica teórica/conceitual com discussões conceituais a partir da literatura, revisões bibliográficas e modelagens conceituais (Nakano, 2012). As pesquisas bibliográficas envolvem consultas às publicações científicas relativas ao campo de conhecimento de interesse do pesquisador (*literature search*) ou ao problema específico que ele tenta responder (*literature review*) (Marconi & Lakatos, 2010). Como complemento, desenvolver uma pesquisa baseada e relacionada a um conhecimento existente, constitui a base de sustentação de toda atividade acadêmica de pesquisa, não importando a qual disciplina ela se refere (Snyder, 2019). Uma revisão da literatura pode ser descrita, de forma ampla, como uma maneira mais ou menos sistemática de coletar e sintetizar pesquisas anteriores. (Baumeister & Leary, 1997; Tranfield, Denyer, & Smart, 2003).

Para realizar uma revisão bibliométrica de artigos referentes a pesquisas sobre Economia Circular Aplicada em Pás de Turbinas Eólicas após seu Final de Vida Útil, foram escolhidas 5 bases de dados, a saber: ScienceDirect, Scopus, ProQuest, Emerald Insight e Taylor&Francis. Foram realizadas consultas somente em artigos científicos publicados em periódicos e disponibilizados nas bases de dados acima citadas, objetivando uma concentração em artigos de engenharia em conjunto com artigos com foco no meio ambiente.

Como passo inicial foram definidos dois grupos de interesse com as respectivas palavras-chave, a saber:

- Aspectos vinculados à Energia Eólica – “Wind Turbine Blades”, “Wind Energy”, “Blades Disposal”, “Wind Power”, “Wind Turbines”, “Blades Failures”, “Composite Blades”.

- Aspectos vinculados à Economia Circular – “Circular Economy”, “Recycling”, “Circularity”, “End of Life”, “Reuse”, “Recover”, “Clean Environment”.

Estes dois grupos de palavras-chaves foram combinados em dois conjuntos separados, dispostos da maneira a seguir:



Tabela 01: Fluxo de combinações de palavras-chaves. Fonte: O Autor

Grupo 1		Grupo 2	
1	Wind Turbine <u>Blades</u>	Circular <u>Economy</u>	4
2	Wind Energy	<u>Recycling</u>	5
3	<u>Blades Disposal</u>	<u>Circularity</u>	6

Combinações: (1,4); (2,5); (3,6); (1,5); (2,6); (3,4); (1,6); (2,4); (3,5) – Gerando 9 combinações sem repetição

Grupo 1		Grupo 2	
1	Wind Power	<u>End of Life</u>	5
2	Wind Turbines	<u>Reuse</u>	6
3	<u>Blades Failures</u>	<u>Recover</u>	7
4	<u>Composite Blades</u>	<u>Clean Environment</u>	8

Combinações: (1,5); (2,6); (3,7); (4,8); (1,6); (2,7); (3,8); (4,5); (1,7); (2,8); (3,5); (4,6); (1,8); (2,5); (3,6); (4,7) - Gerando 16 combinações sem repetição.

De um total de 25 combinações pesquisadas nas cinco bases de dados citadas, foi obtido um total de 125 subgrupos de artigos. Foram considerados artigos publicados nos periódicos constantes das bases.

Para os subgrupos que apresentaram mais de 30 artigos foram acrescentadas as palavras-chaves “Assessment” e “Evaluation”, sucessivamente, até que se atingisse no máximo 30 indicações de artigos.

Como resultado, foram acessados 2.896 artigos, considerando-se todas as 25 subgrupos nas cinco bases pesquisadas.

Dentro deste total encontraram-se diversos artigos que não representavam o interesse primordial da pesquisa ou de artigos sem o foco necessário para contribuir com o estudo.

Após uma seleção, considerando-se estes atributos, o resultado apontou para 220 artigos considerados pertinentes, dos quais 57 deles eram repetidos em duas ou mais bases de dados.

Feita esta filtragem sobram 163 artigos que, selecionados foram utilizados para uma avaliação mais detalhada de seu conteúdo.

A figura 04 a seguir, demonstra a sequência de filtros que representa a seleção de artigos acessados nas bases de dados pesquisadas a partir das combinações possíveis das palavras-chaves escolhidas. Os critérios de seleção partiram do conteúdo dos artigos acessados e avaliados conforme sua identificação com o objeto da pesquisa.

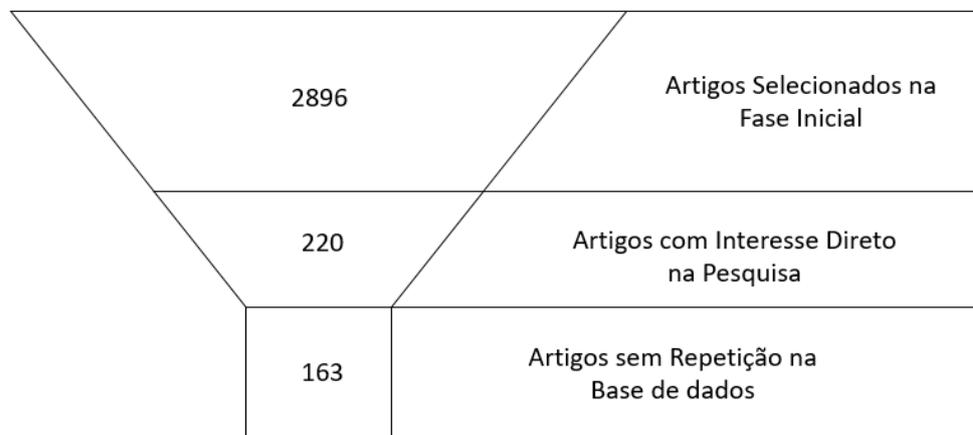


Figura 04: Seleção de artigos para análise sistemática. Fonte: O Autor

Na sequência do desenvolvimento da análise sistemática do grupo de artigos selecionados, foi realizada uma subdivisão destes artigos, tendo por critério de separação, o ano de publicação, o periódico em que foi feita a publicação e o país onde foi desenvolvida a pesquisa referente ao artigo.

A partir da avaliação dos resultados das três subdivisões realizadas, foram feitas considerações para o desenvolvimento das conclusões. A representação dos resultados em gráficos, montados para cada um dos três itens escolhidos, representa a distribuição de artigos selecionados ao longo dos anos.

Esta representação foi feita para cada um dos itens considerados, gerando os gráficos expostos no próximo capítulo.

#### 4. Análise dos Resultados

Os resultados apresentam algumas características notáveis em relação aos intervalos de tempo e a maneira como se distribuem pelas publicações os artigos representativos que norteiam esta pesquisa.

Foram estudadas as distribuições de artigos por continentes, por países onde ocorreram as pesquisas geradoras dos artigos referenciados, os anos em que as publicações ocorreram e os periódicos que publicaram estes artigos.

Estes resultados são demonstrados e comentados a seguir:



Tabela 02: Distribuição Geográfica dos Artigos por Continentes. Fonte: O Autor

<b>Distribuição de artigos por continentes ( Distribuição geográfica)</b>			
<b>Continentes</b>	Europa	Alemanha , Áustria, Bélgica, Croácia, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Letônia, Noruega, Polônia, Portugal, Rep. Checa, UK	91 artigos (55,9%)
	Américas	Canadá, EUA	39 artigos (23,9%)
	Ásia	China, Cingapura, Índia, Iran, Malásia, Pasquistão, Rússia, Tailândia, Taiwan, Turquia, Japão	30 artigos (18,4%)
	África	Egito, Líbia	02 artigos (1,2%)
	Oceania	Austrália	01 artigo (0,6%)

**Distribuição Geográfica por Continentes**

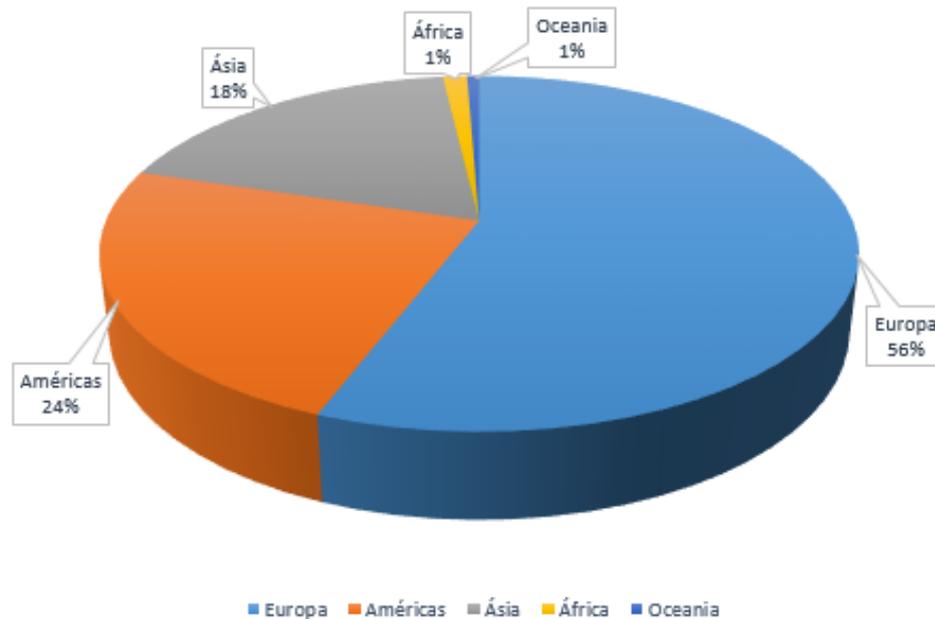


Figura 05: Distribuição Geográfica dos Artigos por Continentes. Fonte: O Autor



Para a distribuição geográfica pelos continentes, temos uma concentração de artigos localizados nos países Europeus, publicados ao longo do período avaliado. Este período corresponde aos primeiros aparecimentos de estudos relacionados ao tema proposto (por volta do começo da década dos anos 90 do século passado) até 2019. Esta distribuição indica as origens da utilização de energia eólica na época atual. Pode-se concluir que o início da utilização de energia elétrica gerada a partir da força do vento teve seu desenvolvimento e proliferação na Europa, mais precisamente nos países localizados próximos a costa oeste europeia.

Esta característica pode ser observada na distribuição a seguir:

## Distribuição por País

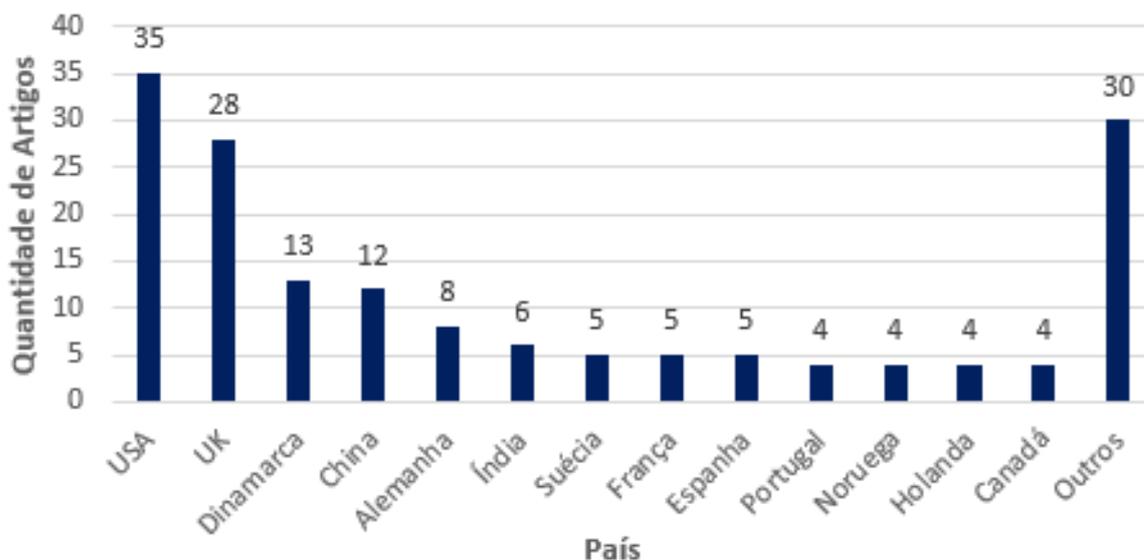


Figura 06: Distribuição de Artigos por País. Fonte: O Autor

Os países europeus localizados no leste do continente têm sua representatividade limitada, fazendo parte da distribuição, mas com uma presença tímida. Dos países listados, considerados como pertencentes ao leste europeu, a maioria apresentou poucos artigos – até no máximo três artigos. Estes países são Croácia (um artigo), Eslováquia (um artigo), Letônia (um artigo), Polônia (três artigos), Rep. Checa (um artigo) e Romênia (um artigo).

Analisando os dados para os países asiáticos existe uma presença expressiva da China naquela região, perfazendo 40% dos artigos apresentados. Nota-se também a baixa incidência de artigos originários do Japão (6,7% dos artigos referenciados na Ásia). Nas Américas, prevalece a presença de artigos vindos dos Estados Unidos da América do Norte (35 artigos), contribuindo com 21,5% do total de artigos, e não se identificou nenhuma outra contribuição além de quatro artigos gerados no Canadá.



### Distribuição por Ano de Publicação



Figura 07: Distribuição de Artigos por Ano de Publicação. Fonte: O Autor

No que diz respeito ao ano de publicação, nota-se uma concentração de artigos localizada no final do período considerado. O crescimento de publicações segue uma curva ascendente ao longo dos anos e caracteriza um aumento progressivo do interesse no assunto em questão.

A distribuição de artigos publicados abrange um número grande de periódicos. De um total de 163 artigos selecionados, 81 artigos estão distribuídos por 70 periódicos. Estão representados neste quadro somente periódicos que tenham publicado 3 ou mais artigos.

Quanto aos periódicos que publicaram os artigos escolhidos, estes são das mais diversas origens com foco em diversos temas científicos. Os artigos estão distribuídos quase que equitativamente entre eles. Perfazem um total de 85 periódicos para 163 artigos, o que representa uma média de 1,9 artigos para cada periódico citado. A baixa concentração de número de artigos por periódico só não é explícita para quatro representantes deste grupo, a saber, “Journal of Cleaner Production” com 19 dos artigos publicados, “Renewable Energy” com 14 artigos, “Renewable and Sustainable Energy” com 6 artigos e “Renewable Energy Focus” também com 6 artigos. Estes quatro periódicos completam 45 artigos (28%) das publicações. Os 118 artigos restantes (72%) das publicações estão sub-divididos em 81 periódicos.



## Distribuição por Periódicos

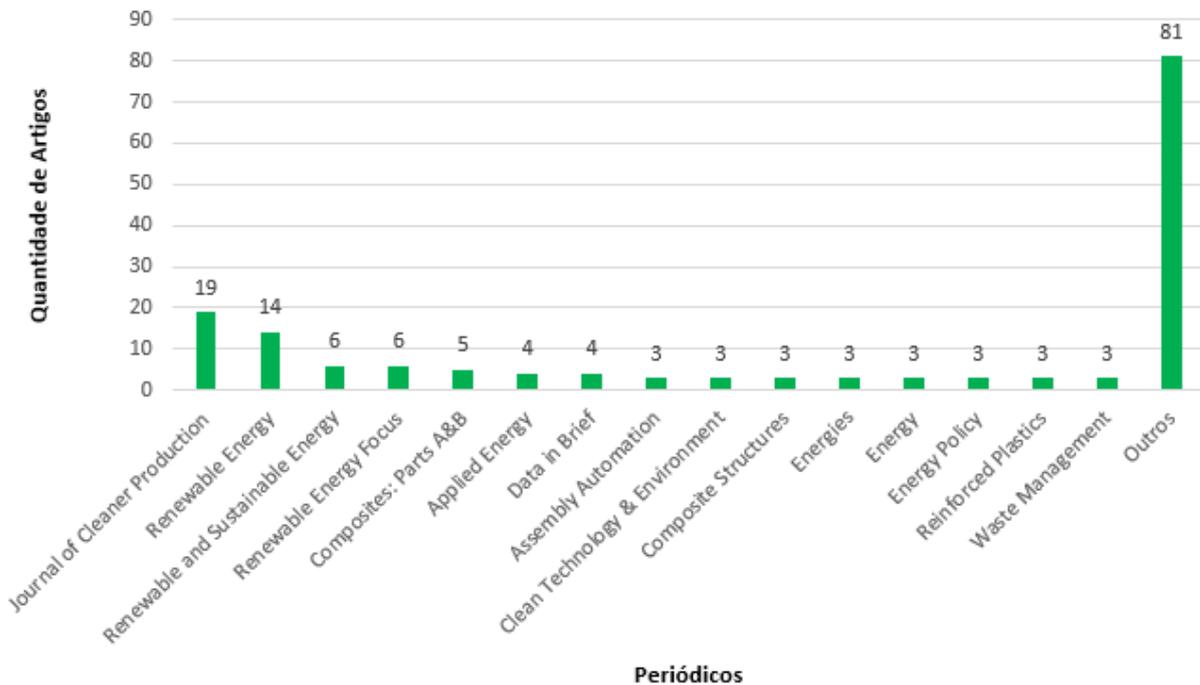


Figura 07: Distribuição de Artigos por Periódicos. Fonte: O Autor

## 5. Conclusões

Considerando os resultados expostos, pode-se comentar que, a primeira conclusão a ser explorada é quanto a preocupação com o meio ambiente em razão da geração de resíduos de materiais de difícil absorção pela natureza de forma autônoma. Esta percepção começa a aparecer a partir do momento em que existe a percepção de que os equipamentos instalados têm uma vida útil definida e que o horizonte deste limite se aproxima rapidamente.

Até então, a atenção e os esforços eram dispendidos no sentido de produzir e instalar turbinas e desenvolver parques eólicos para o aumento da capacidade instalada a um custo de geração de eletricidade que fosse competitivo quando comparado às formas tradicionais (Geração Hídrica, a Carvão Mineral, a Gás Derivado de Petróleo, etc.). Portanto, talvez seja esta a explicação para que os movimentos de utilização de geração de energia renovável a partir da força dos ventos, tenham tido sua introdução de maneira intensiva na Europa. Muito provavelmente em razão da escassez de recursos naturais não renováveis na região em quantidades que satisfizessem as necessidades geradas pelo avanço do consumo.

Para o caso dos países da extinta “Cortina de Ferro” (Países do denominado Leste Europeu) este desenvolvimento não acompanhou esta mesma tendência, por conta de sua infraestrutura energética baseada em queima de carvão mineral.

Indo um pouco mais adiante e olhando para a Ásia, especificamente no caso da China, apesar da abundância de seus recursos naturais surgiu a preocupação com o meio ambiente em função das altas taxas de poluição produzidas pelo vigor e pelo ritmo frenético de seu crescimento industrial. Os olhos do mundo se voltam para a China com respeito, mas de maneira crítica em relação aos cuidados com o meio ambiente.



Com relação a América do Norte, pode-se dizer que a imensa concentração de riqueza e poder, fazem com que desenvolvimentos tecnológicos estejam sempre na linha de frente, tanto no sentido das novidades, quanto na direção das tendências mundiais.

O que resta são alguns eventos em países em desenvolvimento, que não determinam as tendências, e sim seguem os caminhos abertos pelos países precursores delas.

As limitações deste estudo ficam por conta dos períodos considerados para este levantamento. Os resultados demonstram o dinamismo evolutivo dos dados levantados. Como exemplo, temos o aparecimento da China no cenário mundial, que ocorreu de maneira intensa ao longo de poucos últimos anos. Desta forma, surge a possibilidade de desenvolver uma metodologia que viabilize uma atualização destes dados de maneira rápida e confiável para que as análises que possivelmente sejam realizadas não fiquem com suas conclusões prejudicadas pela falta de atualização e se afastem dos efeitos reais dos resultados.

Por fim, para a sequência deste estudo, fica a questão em aberto para a definição de quais seriam os próximos passos e em que direção deve-se seguir para o tratamento ideal para os resíduos de pás de turbinas eólicas a partir do seu final de vida útil. Apresentam-se diversas alternativas, basta fazer as escolhas tecnicamente aceitáveis para o meio ambiente, e que componham uma base econômica sólida, com resultados positivos.

### Referências

- Baumeister, R.F., & Leary, M. R., (1997). Writing Narrative Literature Reviews. *Review of General Psychology, 1*, 311-320 – <https://doi.org/10.1037/1089-2680.1.3311>.
- Beauson, J., Madsen, B., Toncelli, C. Brondsted, P., & Bech, J.I., (2016). Recycling of Shredded Composites from Wind Turbines Blades in New Thermoset Polymer Composites. *Composites: Part A 90* (2016) 390-399.
- Figge, F., Thorpe, A.S., Givry, P., Canning, L., & Franklin-Johnson, E. (2018). Longevity and Circularity as Indicator of Eco-Efficient Resource Use in the Circular Economy. *Ecological Economics 150* (2018) 297-306.
- Lieder, M., & Rashid, A. (2015). Toward Circular Economy Implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production 115* (2015) 36-51.
- Liu, P. & Barlow, C.Y. (2017) Wind Turbine Blade Waste in 2050. *Waste Management 62* (2017) 229-240.
- Marconi, M.A., & Lakatos, E.M. Fundamentos de Metodologia Científica. 7ª ed. São Paulo, Atlas, 2010.
- Nakano, D. Métodos de Pesquisa adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações In: Miguel, P.A.C. (Coord.). Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2ª ed. São Paulo: Elsevier, 2012.
- Ortegon, K., Nies, L.F. & Sutherland, J.W. (2013). Preparing for End of Service Life of Wind Turbines. *Journal of Cleaner Production 39* (2013) 191-199.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research 104* (2019) 333-339.
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence –informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management, 14*, 207-222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>



## VIII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability  
ISSN: 2317-8302

8TH INTERNATIONAL CONFERENCE

