



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO
ECONOMIA E GESTÃO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E
INOVAÇÃO

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

O QUE OS INDICADORES DE OUTPUT DE C&T NOS DIZEM SOBRE
INOVAÇÃO NO SECTOR DA ENERGIA RENOVÁVEL *OFFSHORE*?

PEDRO MIGUEL COELHO CATELA

JANEIRO - 2022



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO
ECONOMIA E GESTÃO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E
INOVAÇÃO

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

O QUE OS INDICADORES DE OUTPUT DE C&T NOS DIZEM SOBRE
INOVAÇÃO NO SETOR DA ENERGIA RENOVÁVEL *OFFSHORE*?

PEDRO MIGUEL COELHO CATELA

ORIENTAÇÃO:
PROFESSOR DOUTOR MANUEL MIRA GODINHO

JANEIRO -2022

GLOSSÁRIO E ABREVIATURAS

°C – Degraus Celsius

C&T – Ciência e Tecnologia

CPC – Classificação Cooperativa de patentes (em inglês, *Cooperative Patent Classification*)

CO₂ – Dióxido de Carbono (representação química)

EPO – Instituto Europeu de patentes (em inglês, *European Patent Office*)

GEE – Gases efeito de estufa

I&D – Investigação e Desenvolvimento

IRENA - Agência Internacional de Energia Renovável (em inglês, *International Renewable Energy Agency*)

JPO – Instituto Japonês de patentes (em inglês, *Japan Patent Office*)

KIPO – Instituto de Propriedade Intelectual Coreano (em inglês, *Korean Intellectual Property Office*)

OECD - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (em inglês, *Organisation for Economic Co-operation and Development*)

SIPO - Instituto Chinês de Propriedade Intelectual (em inglês, *State Intellectual Property Office of the People's Republic of China*)

UE – União Europeia

USPTO – Instituto de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (em inglês, *United States Patent and Trademark Office*)

RESUMO

Este estudo tem um carácter exploratório e o seu objetivo é caracterizar o setor das energias renováveis *offshore*, através de uma análise bibliométrica de patentes concedidas e publicações científicas no período entre 2000 e 2019. A procura por fontes de energia renováveis tem aumentado desde que os impactos negativos da exploração de energia fóssil se tornaram cada vez mais evidentes.

Neste trabalho investigou-se a evolução, as tendências e a qualidade das patentes e artigos científicos para avaliar, respetivamente, o conhecimento tecnológico e científico gerado pelas energias renováveis *offshore*.

Os resultados indicaram que tem existido uma evolução sustentada deste setor em ambos os domínios do conhecimento. Demonstrou-se também a crescente representatividade dos requerentes chineses a nível tecnológico, principalmente no instituto da sua geografia (SIPO). A Europa e os seus autores e requerentes demonstram um comportamento dominante a nível científico e representativo a nível tecnológico. Em termos de qualidade, apesar da necessidade de análise mais aprofundada, as patentes registadas no EPO parecem ter uma maior amplitude geográfica de proteção, mas é no USPTO que se encontram as patentes com maior importância tecnológica.

Por fim, as tendências também demonstram um domínio da energia eólica *offshore*, entre os principais *players* tecnológicos e científicos e entre as fontes de energia estudadas. Todavia, verificam-se fortes sinergias da energia eólica com a energia solar e energia das ondas, demonstrando que esta pode ser uma forma promissora de reduzir custos e ter uma maior eficiência energética. Assim, é expectável uma maior preponderância em termos relativos destas fontes de energia nos próximos anos para o setor de energia renovável *offshore*.

ABSTRACT

Demand for renewable energy sources has increased since the negative impacts of fossil energy sources became more evident. This exploratory work aims to characterize the offshore renewable energy sector, through a bibliometric analysis of granted patents and scientific papers in the period between 2000 and 2019.

In this work, the evolution, trends and quality of patents and papers were used to assess, respectively, the technological and scientific knowledge generated by offshore renewable energies.

Our results indicate that there has been a sustained evolution of this sector in both domains of knowledge. The growing presence of Chinese patent applicants was also demonstrated, mainly in their home office (SIPO). Europe and its authors and applicants perform a leading role at a scientific level while displaying a good technological level too. In terms of quality, despite the need for further analysis, patents granted by the EPO seem to have a greater geographic range of protection, but it is at the USPTO that we find patents with higher technological importance.

Finally, the observed trends also exhibit a dominance of offshore wind energy, both among the main technological and scientific players and among the studied energy sources. However, strong synergies of wind energy with solar energy and wave energy are demonstrated, proving that this can be a promising way to reduce costs and have greater energy efficiency. Thus, a greater preponderance in relative terms of these energy sources is expected in the coming years for the offshore renewable energy sector.

ÍNDICE

Glossário e Abreviaturas.....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas.....	vi
Agradecimentos	vii
1. Introdução	1
2. Revisão de Literatura	3
2.1. Transição Energética.....	3
2.2. Energias Renováveis.....	6
2.3. Energias Renováveis Offshore	8
2.4. Inovação.....	13
2.5. Indicadores de C&T, inovação e conhecimento	15
2.6. Análise Bibliométrica	15
3. Metodologia	17
4. Resultados e Discussão.....	22
4.1. Como tem sido a evolução das patentes concedidas e das publicações científicas relacionadas com a energia renovável offshore, nos últimos anos?	22
4.2. Quais as tendências tecnológicas e científicas, nos últimos anos?..	24
4.3. Qual a qualidade de pedidos de patentes e da atividade de investigação?	32
5. Conclusão	35
Bibliografia	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia (visão macro).....	17
Figura 2 - Total de patentes concedidas e taxa de crescimento anual	23
Figura 3 -Total de publicações e taxa de crescimento anual	23
Figura 4 - Patentes concedidas por Instituto de patentes	24
Figura 5 - N ^o de publicações científicas por região de autor	26
Figura 6 - Número e distribuição de patentes concedidas de requerentes selecionados por escritório e tecnologia	27
Figura 7 - Número e distribuição de publicações selecionados por revista científica	29
Figura 8 - Distribuição do número de patentes por fonte de energia <i>offshore</i> e período, em percentagem (esquerda) e em número absoluto (direita)	30
Figura 9 - Distribuição do número de publicações por fonte de energia <i>offshore</i> , em percentagem (esquerda) e em número absoluto (direita).....	31

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - <i>Keywords</i> para identificar Energias Renováveis <i>offshore</i>	18
Tabela 2 - Número de referências diferenciadas a cada uma das fontes energéticas	21
Tabela 3 - Proporção de Residentes/Não residentes/Não identificados por <i>IP5 Offices</i>	25
Tabela 4 - Número de patentes concedidas por país do requerente	28
Tabela 5 - Número de publicações por país do autor	29
Tabela 6 - Número e intensidade de citações recebidas e Número e Tamanho médio das famílias pelos <i>IP5 Offices</i>	33
Tabela 7 - Número e intensidade de citações recebidas e Número e Tamanho médio das famílias pelos principais requerentes de patentes	33
Tabela 8 - Número de citações e respetiva média por origem geográfica do autor	34
Tabela 9 - Número de citações e respetiva média por revista com maior número de publicações	35

AGRADECIMENTOS

Este trabalho finaliza uma etapa marcante na minha vida. Durante a mesma contei com muitos ensinamentos do qual sou eternamente grato.

Gostaria de agradecer a todos os que direta ou indiretamente tornaram este trabalho possível.

Ao Professor Manuel Mira Godinho, meu orientador, um agradecimento especial, pelo acolhimento, compreensão e disponibilidade.

Ao corpo docente do ISEG pela qualidade do ensino.

Aos meus colegas de turma, principalmente à Márcia e Tânia pela amizade e apoio nesta fase final.

À minha família e amigos que me completam e que sempre me apoiaram.

À minha namorada Joana, pela paciência, companheirismo e amor.

A todos, um obrigado

1. INTRODUÇÃO

A energia tem um papel central a nível económico, social e ambiental em todos os países. Desde a 2ª revolução industrial, a procura de combustíveis fósseis como principal fonte de energia empregue na atividade humana não tem parado de aumentar. Quando isso acontece, tendem a existir impactos negativos como, destaque, a poluição, alterações climáticas e esgotamento dos recursos naturais. Acreditando que ainda existe tempo para mudar este rumo, é necessária uma transição energética. Este conceito define-se pela procura de novas e eficientes formas de obter energia limpa, livre de carbono. A eletrificação através de energias renováveis é uma resposta imediata para descarbonizar o setor energético (IRENA, 2019). Em teoria a única limitação das energias renováveis é a sua disponibilidade por unidade de tempo, afetada pelos ciclos e fatores ambientais naturalmente presentes no planeta, tornando-se assim uma opção de múltiplas vantagens.

Nesta senda, este trabalho irá concentrar-se em investigar as energias renováveis *offshore* pelo potencial que começam a ter, pelas sinergias que poderão criar e pelas soluções cada vez mais viáveis neste setor. Podemos caracterizar estas fontes como todo o tipo de energia que é obtida direta ou indiretamente através do mar ou oceano. As energias renováveis *offshore* incluem: energia eólica marítima, energia solar fotovoltaica flutuante e energia oceânica (IRENA, 2020a). Esta última ainda se divide em energia das ondas, energia das marés, energias das correntes, conversão de energia térmica oceânica (OTEC) e energia do gradiente de salinidade.

Utilizando indicadores de output de C&T, nomeadamente patentes e publicações científicas, poderemos realizar uma análise bibliométrica que nos permitirá perceber, respetivamente, o conhecimento tecnológico e científico que foi desenvolvido no período estabelecido entre 2000 e 2019. Foram utilizadas as informações das patentes e publicações científicas para representar um nível macro e atual do setor, podendo ajudar governos ou indústrias a planejar futuras atividades. Assim, esta análise foi direcionada para responder a preocupações de investigação que se desdobram em três níveis.

Num primeiro momento, pretendeu-se observar a evolução das patentes concedidas e artigos científicos para o setor da energia renovável *offshore*. Para além desta visão global, também são analisadas as taxas de crescimento para perceber as apostas e/ou retrocessos ao longo dos anos. Num segundo momento, pretendeu-se identificar as tendências tecnológicas e científicas, separando-as por geografia, *players* (requerentes e autores) e fonte de energia. Por fim, num terceiro momento, procurou-se avaliar a qualidade das patentes concedidas e artigos publicados dos principais *players* identificados anteriormente. Para a qualidade de patentes foi analisada a família de patentes, representando a vontade dos seus proprietários obterem uma dispersão internacional das suas inovações, e as citações posteriores (*forward*), demonstrando a importância tecnológica que uma patente pode adquirir ao longo dos anos. Para análise de qualidade das publicações científicas teve-se em conta a média de citações por publicação para se identificar por geografia de autor e revista onde se encontram as publicações consideradas mais valiosas para novo conhecimento científico.

Nesta investigação apresentamos novas contribuições para o setor das energias renováveis *offshore* porque tanto quanto o conhecimento conseguiu alcançar, não existe nenhum estudo que, simultaneamente, analisasse as dinâmicas tecnológicas e científicas. Adicionalmente, os estudos existentes também se tendem a focar numa fonte de energia dentro do setor e poucos dão a perspetiva holística como este trabalho. Assim, nesta investigação, conseguiu-se perceber a evolução e direção do conhecimento gerado no setor dentro do período analisado. Também se conseguiu caracterizar o setor das energias renováveis *offshore* em termos quantitativos e qualitativos, percebendo quais as áreas tecnológicas mais ativas e quais os principais *players*. A qualidade global também é estudada como fator complementar desta investigação.

Os próximos capítulos começam com um enquadramento e contextualização do tema dividindo em dois grandes grupos, o setor energético e inovação. Depois segue-se a metodologia e análise de forma a responder ordenadamente às questões de investigação. Este trabalho é finalizado com uma síntese e interpretação dos resultados, através dos quais foram extrapoladas as

conclusões. Futuras análises e novas abordagens também serão tidas em conta nos comentários finais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Transição Energética*

A temperatura média da Terra tem aumentado consistentemente nos últimos anos. Desde 1970 que se observa um aumento de 0,2°C por década. A razão dominante para este aquecimento é o aumento da concentração dos gases de efeito de estufa (GEE) na atmosfera devido a atividades humanas¹. Os combustíveis fósseis representam 85% da energia mundial, com a queima dos mesmos a contribuir com 2/3 das emissões dos GEE e, devido à poluição gerada, a resultar na morte de 4 milhões de pessoas por ano (The Economist, 2020-09-19).

O desenvolvimento industrial contribuiu para a prosperidade de vários países, mas levou também ao esgotamento de recursos naturais e danos ambientais. De forma a cumprir objetivos sustentáveis e evitar alterações climáticas, é necessário alterar fundamentalmente o nosso sistema energético. Assim, considera-se que a transição energética é a mudança de obtenção de energia através de combustíveis fósseis para energias limpas, livres de carbono, e de sistemas energéticos eficientes (IRENA, 2018). As vantagens desta transição são múltiplas, pelo que, ao longo dos anos, temos assistido a uma diversificação do modo de obtenção de energia por razões ambientais, sociais, económicas e políticas.

A nível ambiental, foram desenvolvidos acordos internacionais e iniciativas para travar esta alarmante mudança. Começando pelo Protocolo de Quioto (1997), numa tentativa de limitar as emissões dos GEE dos países desenvolvidos e, mais recentemente, em 2015, o Acordo de Paris e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, que têm desencadeado vários outros documentos

¹ Acesso ao *Global temperature record* da *Climate Research Unit* no dia 28/02/2021 através do link <https://sites.uea.ac.uk/cru/>

de referência, diálogos e metas (IRENA, 2019). Os objetivos do Acordo de Paris são, até meio do século:

- Evitar o aumento da temperatura global bem abaixo dos 2°C e desencadear esforços para limitar a subida da temperatura a 1,5°C, tendo em conta os níveis pré-industriais;
- Aumentar a adaptação a impactos climáticos adversos e diminuir os GEE;
- Manter a evolução da economia num caminho de baixas emissões dos GEE e desenvolvimento da resiliência climática (United Nations, 2015).

Mesmo cumprindo o primeiro objetivo do Acordo anterior, prevê-se uma subida de 40-80 cm do nível médio do mar, o aumento de 25% de dias de seca e a subida para 36% da precipitação, onde os efeitos físicos afetarão a economia mundial (The Economist, 2020-09-19). De modo a conseguirmos manter a temperatura da Terra abaixo dos 2°C teremos de manter os GEE próximos de 0% (The Economist, 2020-09-19).

Segundo o *Roadmap to 2050* (edição de 2020) da IRENA, o benefício desta transição energética também poderá ser observado através de indicadores socioeconómicos. Até 2050, tendo em conta o caso referenciado, o PIB aumentará 2,4%. Quanto ao emprego, esta transição irá gerar mais postos de trabalho do que aqueles que vão ser perdidos nos setores de energia mais convencionais, como é o caso dos setores de energia fóssil e nuclear (IRENA, 2020b; Ram et al., 2020). Adicionalmente, também é demonstrado que existirá um maior bem-estar global, tendo em conta indicadores de educação, saúde, entre outros (IRENA, 2020b).

Atingindo mais maturidade na obtenção de fontes de energia alternativas, situações políticas também serão mais controladas, porque a oferta de energia será geográfica e tecnologicamente mais diversificada, ao invés do que acontece, por exemplo, com os produtores de petróleo. Como consequência, o sistema energético será menos volátil e os preços não dependerão de poucos e dominantes atores, mas da competição e graduais ganhos energéticos (The Economist, 2020-09-19). Neste artigo do The Economist são referidas algumas abordagens para a descarbonização do sistema energético como, a mudança

para a compra de ativos livres de carbono, compra de energia limpa não alterando os modelos de negócio existentes, investir em produtos de baixa emissão de carbono e descarbonizar as cadeias de fornecimento para a venda de produtos.

Todavia, apesar da transição energética ser amplamente discutida, existem riscos. Por um lado, a influência que a China poderá ter no sistema energético, pelo seu domínio no desenvolvimento de componentes e tecnologias que contribuem para o setor de energias renováveis. Por outro, a reação dos petroestados², que representam 8% do PIB mundial, e a sua luta pela quota de mercado (The Economist, 2020-09-19). Ainda assim, as empresas precisam de combater a mudança climática, uma vez que hoje todo o comércio está ligado internacionalmente e as alterações climáticas são um problema sistémico (The Economist, 2020-09-19). As mesmas deveriam importar-se com esta transformação do setor energético pelo impacto (direto ou indireto) que terá nas operações devido à mudança climática eminente; pela regulação cada vez mais restrita, tanto pelo governo como pelas exigências dos seus clientes ou consumidores; pelo risco de incorrer em litígio; e pelo facto das mudanças tecnológicas criarem oportunidades no futuro que, não tomando iniciativa, poderão ser aproveitadas pelos concorrentes (The Economist, 2020-09-19). Adicionalmente, ter uma inovação sistémica é crucial para a transição energética. Os países precisam de prestar mais atenção a sistemas energéticos inteligentes, à interação entre setores e à descentralização.

A eletrificação através de energias renováveis é uma resposta imediata para descarbonizar o setor energético (IRENA, 2019). No *roadmap* anterior estima-se que a eletricidade poderá passar dos atuais 20% do consumo de energia final para 50% em 2050, tornando-se o principal portador de energia. Economicamente, por cada dólar americano investido na transição energética, poderá haver um retorno entre 3 a 7 dólares (IRENA, 2019). Nos últimos anos, a evolução do setor energético, nomeadamente através de tecnologias para obtenção de energia renovável, tem aumentado de forma promissora. No

² Petroestados são nações dominadas por elites, onde a sua economia depende maioritariamente da extração e exportação de petróleo e gás natural.

entanto, apesar das opções sustentáveis, limpas e economicamente viáveis, a obtenção de energia com recurso a emissões de CO₂ tem aumentado anualmente cerca de 1,3% nos últimos 5 anos, isto na sequência de uma enorme expansão desde a Revolução Industrial (IRENA, 2019; The Economist, 2020-09-19). As ambiciosas estratégias europeias para cumprir emissões próximas de zero e aumentarem a capacidade de produção de energia através de fontes limpas, poderão situar a Europa num papel de liderança no desenvolvimento de sistemas energéticos. A China também tem apostado fortemente nesta transição, mas apesar de ter o hardware, muitas vezes não tem a *expertise* da tecnologia, seguindo tipicamente uma estratégia de aprender com os melhores no estrangeiro para depois recorrer a um investimento massivo e desenvolvimento em grande escala (The Economist, 2020-09-19).

2.2. Energias Renováveis

A Energia Renovável engloba toda a energia proveniente de fontes naturalmente presentes no nosso planeta. Em teoria, esta energia é inesgotável, mas a sua disponibilidade está limitada por unidade de tempo. Existem diferentes fontes de energias renováveis, divididas, segundo a IRENA, como energia geotermal, hídrica, oceânica, solar, eólica e bioenergia.

Usando energias renováveis e recorrendo a eletrificação, ficaremos menos dependentes de energias fósseis (carvão, petróleo, gás natural, entre outros), reduziremos as emissões de CO₂ em 75% (ou 90% se entrar na equação a eficiência energética), e evitaremos mudanças climáticas (IRENA, 2019). A economia mundial ainda produz mais de quatro quintos do seu consumo de energia a partir de combustíveis fósseis, onde os 80% das emissões globais advém dos 20 países mais poluentes, ocupando a China e EUA os primeiros lugares (The Economist, 2020-09-19).

A aposta em energia renovável tem sido debatida nas agendas dos países europeus. Todavia, uma das maiores preocupações é a fragmentação do sistema de inovação da União Europeia que impede que novo conhecimento seja criado, diminuindo oportunidades de crescimento económico e desenvolvimento (Conti et al., 2018). A proposta dos autores anteriores para

responder a este desafio passa por um *balanced policy mix* que inclua tanto medidas *technology-push* (afetando diretamente atividades inovadoras na área de energias renováveis), *demand-pull* (afetando indiretamente a procura de tecnologias mais limpas) e, por fim, medidas sistémicas (que promovem a colaboração e a transferência de tecnologia).

Tendo em conta o ciclo de vida das tecnologias³, Huenteler et al. (2016) demonstram que as tecnologias para a obtenção de energia solar fotovoltaica e eólica têm padrões diferentes de inovação. No caso das tecnologias para energia solar fotovoltaica, o foco está no processo produtivo; no caso das tecnologias para energia eólica, o foco está no design de produto, ou seja, existe mais complexidade e menos escala de produção (Huenteler et al., 2016). Em 2016, dos 90 milhões de documentos de patentes na base de dados do EPO, mais de 3 milhões estavam relacionadas com tecnologias para a redução de emissões de CO₂, captura de GEE, produção de energia através de fontes renováveis ou distribuição de energia de forma eficiente (EPO, 2016).

O desafio não está só na existência de tecnologias pois, aos dias de hoje, produzir energia limpa é relativamente fácil. Um dos desafios existentes é o seu armazenamento e o facto de algumas fontes, como o sol e o vento, serem naturalmente intermitentes e limitadas por fatores ambientais (The Economist, 2019-11-28). Conseguir armazenar de forma eficiente energia renovável quando esta excede a procura e, posteriormente, usá-la quando necessária, é a solução para substituir as energias fósseis (IRENA, 2018). No entanto, a palavra-chave do relatório anterior é a “flexibilidade” do sistema energético, onde a produção, transmissão e distribuição conjugados com o envolvimento dos vários setores é crucial.

Mesmo lutando para atingir 0% de emissões de GEE, as alterações climáticas continuarão a causar impactos. Assim, é esperada a evolução de indústrias que respondam às suas consequências. Também é expectável uma maior eficiência

³ Nesta temática salvaguardam-se os dois modelos contrastantes. O estudo de Abernathy e Utterback (1988) que demonstra mudança de inovações de produto para inovações de processo quando o design dominante é encontrado. E o estudo de Davies (1997) que demonstra um modelo de inovação sistémico focado inicialmente na arquitetura e progressivamente em subsistemas/componentes.

energética (por exemplo, sistemas para diminuir ou capturar as emissões de CO₂) e investimento para suportar a indústria de energia renovável (por exemplo, no armazenamento de energia através de hidrogénio e baterias) (The Economist, 2020-09-19). Com esta transição, são esperadas mudanças tecnológicas e soluções alternativas. Existem tecnologias que se focam na remoção de CO₂ do ar. Todavia, aos dias de hoje esta solução não é economicamente viável, sendo mais importante não colocar CO₂ na atmosfera, ao invés de tentar capturar o CO₂ existente da mesma. Por outro lado, existe o risco desta indústria demorar muito tempo a amadurecer podendo ser tarde demais (The Economist, 2020-09-19; The New York Times, 2019-02-12).

2.3. *Energias Renováveis Offshore*

Os oceanos, fomentando a Economia Azul, têm um enorme potencial de energia renovável, tanto pelas tecnologias promissoras de energia oceânica como pela expansão de outras energias renováveis (solar e eólica), criando ainda sinergias com outras indústrias, como a petrolífera, gás natural, aquacultura, dessalinização, entre outras (IRENA, 2020a). Recursos como o vento, ondas e marés são considerados abundantes e inesgotáveis e a sua extração não incentiva à emissão de carbono, sendo uma resposta para os problemas energéticos e ambientais (Rusu & Venugopal, 2019). Portanto, não ignorando o facto de os oceanos cobrirem $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra, estes tornam-se uma excelente plataforma para a produção de energia.

As energias renováveis *offshore*⁴, energias renováveis marítimas ou mais conhecidas como *offshore renewables*, consistem em todo o tipo de energia que é obtida direta ou indiretamente através do mar ou oceano. As energias renováveis *offshore* incluem: energia eólica marítima, energia solar fotovoltaica flutuante e energia oceânica (IRENA, 2020a).

A energia eólica marítima refere-se a torres eólicas com bases fixas ou flutuantes no mar. A capacidade cumulativa global instalada no final de 2020

⁴ *Offshore* provém do Inglês, cuja tradução neste contexto será: longe da costa, ao largo da costa, no mar/oceano.

para esta fonte de energia correspondia a aproximadamente 35 GW⁵, maioritariamente de infraestruturas situadas no Mar do Norte e perto do Oceano Atlântico (IRENA, 2020a). As projeções mostram que esta capacidade aumentará, prevendo-se em 2050 mais do triplo da atual capacidade anual, sendo a Ásia o principal responsável pelas instalações, seguindo-se a Europa e a América do Norte (IRENA, 2020a).

A energia solar fotovoltaica flutuante corresponde a painéis solares sobre o mar. A procura por estas tecnologias tem aumentado, principalmente em ilhas, devido ao custo de uma área no mar ser mais baixo quando comparado com o limitado espaço em terra (IRENA, 2020a). Observa-se também que o domínio destas tecnologias provém dos países asiáticos (IRENA, 2020a).

Por fim, a energia oceânica é obtida através de várias tecnologias que se focam na energia das ondas, energia das marés, energias das correntes, conversão de energia térmica oceânica (OTEC) e energia do gradiente de salinidade (IRENA, 2020a, 2020c). A OTEC resulta das diferenças de temperatura entre as camadas estratificadas na coluna de água, e a energia do gradiente de salinidade resulta da diferença da concentração salina entre dois líquidos (Wilberforce et al., 2019). A energia oceânica possui, atualmente, uma capacidade de 535 MW, sendo uma fração diminuta quando comparada com os 2,600 GW de capacidade instalada global de todas as energias renováveis (IRENA, 2020a). Contudo, esta energia tem potencial, embora teórico, para cobrir mais do dobro da procura atual global por eletricidade (IRENA, 2020a). A maior parte desta capacidade existe na Europa (55%) e, de acordo com as projeções da IRENA, a energia oceânica poderá atingir 10 GW de capacidade instalada em 2030 (IRENA, 2020a). Devido à alta previsibilidade das tecnologias de energia oceânica, estas tornam-se adequadas para fornecer um abastecimento contínuo de energia (IRENA, 2020a). Existindo muitas tecnologias oceânicas em fase protótipo e poucas numa fase de comercialização, o seu crescimento dependerá de casos inovadores, I&D, apoio

⁵ Dados da *Global wind energy council (GWEC)*, associação internacional com a maior representatividade geográfica e empresarial. Reporte “*Windsights – offshore*” consultado a 08/08/2021.

financeiro no desenvolvimento inicial e uma estrutura facilitadora de políticas e regulações (IRENA, 2020a; Melikoglu, 2018).

As tecnologias baseadas na obtenção de energia através do vento têm dominado as tecnologias de energias renováveis *offshore* (Rusu & Venugopal, 2019). Este crescimento de mercado deve-se à descida dos custos desta tecnologia (IRENA, 2020a). Ainda assim, o desafio para as eólicas *offshore* tem passado não só por criar condições tecnológicas para aumentar a capacidade de energia obtida, como por melhorar as turbinas eólicas ou aumentar o comprimento das pás, mas também por mover as infraestruturas para águas mais profundas e longe da costa devido às melhores condições eólicas e constrangimentos costeiros, optando, por exemplo, por bases flutuantes (IRENA, 2020a). A energia produzida através das ondas e marés tem números mais variados e com menos visibilidade, devido aos elevados custos na extração de energia através deste método, mas também à falta de maturidade nesta indústria, à falta de confiança de investidores e aos desafios políticos e de mercado (Rusu & Venugopal, 2019).

Como podemos observar, quando falamos em energias renováveis *offshore* falamos em variadíssimas tecnologias, encontrando-se estas em diferentes níveis de maturidade. Para a União Europeia, existem tecnologias que podem partilhar mais do que um nível. Num nível comercial, encontra-se a energia eólica *offshore* com bases fixas; num nível aceite pelo mercado e com vários projetos a decorrer, temos as tecnologias de energia eólica *offshore* (com bases fixas e flutuantes) e energia das marés; num nível de desenvolvimento tecnológico, encontramos a energia eólica *offshore* com bases flutuantes, a energia das marés e a energia das ondas; e por fim, em fase de I&D inicial, a energia das ondas e a energia fotovoltaica flutuante (European Commission, 2020). Os oceanos e marés da Europa podem responder aos desafios colocados nesta transição de um sistema baseado em importação de energias fósseis para um sistema baseado em energias renováveis. No entanto, devido a esta falta de maturidade do setor *offshore*, ainda não é possível substituir outras fontes de energia. Vários projetos e, conseqüente, financiamento, estão a decorrer para

alcançar as ferramentas e processos que suportam o crescimento do mercado e a inovação tecnológica (OECD, 2019).

O mar e os seus recursos são cada vez mais a resposta para os desafios futuros. A sua importância é clara quando, para a sobrevivência de uma população em crescimento, é necessário manter um nível adequado de alimentos, empregos, matérias-primas, crescimento económico e, claro, energia (OECD, 2019). Tal como evidenciado noutros países, embora os decisores políticos ignorem o potencial do ecossistema marinho e da economia azul, este pode fomentar o crescimento económico (Sarker et al., 2018).

No entanto, se por um lado o mar tem potencial reconhecido, por outro, este já se encontra sob *stress* devido à sobrepesca, poluição, biodiversidade e alterações climáticas, onde o seu agravamento terá impactos socioeconómicos (OECD, 2019). Existe assim a necessidade de explorar novas abordagens inovadoras no campo da Ciência e Tecnologia para responder com soluções que promovam a sobrevivência da humanidade e a sustentabilidade deste ecossistema.

A sustentabilidade do mar tem ganho cada vez mais relevância no contexto político. Resoluções como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas⁶; a recentemente criada Década da Ciência Oceânica para mobilizar a comunidade científica⁷; o relatório do Painel Intergovernamental sobre as alterações climáticas no oceano; as novas negociações para chegar a um acordo internacional para proteger a biodiversidade marinha e as áreas marinhas não costeiras sem jurisdição; a pressão da Diretiva Quadro estratégica marinha da União Europeia para atingir um Bom Estado Ambiental; entre outros, têm demonstrado como estes temas são importantes nas agendas políticas (OECD, 2019). Na mais recente estratégia da União Europeia para as energias renováveis *offshore* é demonstrado o objetivo claro de se tornarem líderes em tecnologias limpas, ambicionando 300 GW e 40 GW até 2050 de,

⁶ Principalmente o Objetivo de Desenvolvimento sustentável nº 7 e 13 – Energia limpa e acessível e Ação Climática – a implementar até 2030

⁷ Década da Ciência Oceânica criada pelas Nações Unidas, a começar em 2021 e a terminar em 2030

respetivamente, energia eólica *offshore* e energia oceânica (European Commission, 2020). Complementando, outro objetivo até 2050 revelado pela EU é que 10% da sua energia provenha da energia produzida por ondas e marés (Ocean Energy Forum, 2016).

Ainda assim, ainda não é claro como é que energias renováveis *offshore* afetam o ambiente e ecossistemas marinhos (IRENA, 2020a). Numa versão menos entusiasta, receia-se a perda de *habitat*, o impacto negativo das interações de animais marinhos com as turbinas para capturar energia (principalmente através das correntes), o ruído gerado pelas tecnologias, e a alteração dos campos magnéticos através dos cabos elétricos para recolha de energia (IRENA, 2020a). Por outro lado, existem estudos que demonstram que a energia oceânica promove a biodiversidade através de recifes artificiais, tecnologias de agregação de peixes e áreas marinhas protegidas (IRENA, 2020a). Também tem sido debatido que a implementação de tecnologias que recorram a fontes de energia renováveis no mar não devem afetar as comunidades costeiras. Existem comunidades que necessitam deste espaço para sobreviver e a sua participação em tomadas de decisão no oceano pode ser uma mais valia (Bennett et al., 2018).

Ainda existe margem para evoluir e muitas interações por descobrir que permitirão o desenvolvimento destas energias renováveis *offshore*. Existindo infraestruturas, um conjunto de sinergias entre indústrias aumentará. Como por exemplo, com *data centres* co-localizados em parques eólicos *offshore*, porque estando debaixo de água não existe intervenção humana, recorrendo ao nitrogénio, não existirá corrosão e seria um sistema natural de arrefecimento (The Economist, 2020-09-19). As energias renováveis *offshore* oferecem oportunidades socioeconómicas significativas para países costeiros e arquipélagos, como a criação de emprego e cadeias de valor locais (IRENA, 2020a).

Políticas de C&T ligadas ao mar acrescentam valor económico e são compatíveis com a conservação do ambiente. Fica claro que existem fontes de energia que não poluem o ambiente, livres de emissões de CO₂ e sustentáveis,

bem como tecnologias para a obtenção dessa energia renovável *offshore* (Rusu & Venugopal, 2019).

Todas estas soluções renováveis contribuem para a Economia Azul. Contudo, para elevar estas energias renováveis, são destacadas ações transversais, tais como: promoção de *roadmaps* de I&D; existência de mais mecanismos financeiros e regulatórios de apoio; e desenvolvimento de estruturas inovadoras, como sistemas híbridos que combinem várias tecnologias (IRENA, 2020a).

2.4. Inovação

A inovação faz parte das nossas vidas, quer seja pelas tecnologias que temos, pela forma como trabalhamos ou por tudo o que conseguimos até hoje. Na verdade, inovar é algo intrínseco ao ser humano pela sua constante procura por novas e melhores soluções, testando e aplicando as mesmas (Fagerberg, 2009).

Como criar algo novo está geralmente associado à invenção, importa diferenciar os dois termos “invenção” e “inovação”. Enquanto que o primeiro está mais ligado a uma ideia/conceptualização, o segundo refere-se à aplicação/chegada ao mercado/comercialização (Godinho, 2013). Esta diferenciação é importante pois as invenções necessitam de condições - necessidade, mercado, materiais, capacidades de produção, entre outros - para se tornarem inovações (Fagerberg, 2009).

Joseph Schumpeter foi um dos primeiros autores a debruçar-se sobre a temática. Schumpeter define inovação como “novas combinações” de recursos já existentes, levadas a cabo por “empreendedores” (Schumpeter, 1934). Este percebeu desde cedo o processo evolutivo por detrás da inovação, chamando de “destruição criativa” a constante rutura de estruturas económicas e a sua substituição por novas soluções que permitem progresso técnico e económico (Schumpeter, 1943).

Com base na classificação já estudada por Schumpeter (1934) e seus posteriores desenvolvimentos, o Manual de Oslo é hoje a principal referência internacional na atualização das definições, recolha e tratamento de indicadores

sobre inovação. Na sua definição mais recente, dividem a inovação em dois tipos: i) inovação de produto, enquanto novos ou melhorados bens e serviços que diferem significativamente dos existentes e que foram introduzidos no mercado, ii) inovações de processo de negócio, enquanto novos ou melhorados processos de negócio para uma ou mais funções empresariais que diferem significativamente das existentes e que foram adotados pela empresa (OECD/Eurostat, 2018).

Percebendo que a inovação é um processo, contínuo e complexo (Fagerberg, 2009; Godinho, 2013), várias foram as tentativas para explicar como é que a inovação ocorre. A incerteza, a necessidade de nos movermos tão depressa quanto possível e a abertura à mudança foram os 3 primeiros aspetos que começaram por objetivar o processo de inovação (Schumpeter, 1934). No entanto, foram os autores Kline e Rosenberg (1986) que deram um grande contributo na sua caracterização. A sua crítica sobre o “modelo linear” de inovação, ou seja, a ideia de que existem fases bem definidas onde a ciência promove o desenvolvimento industrial e por consequência existirá progresso socioeconómico, levou-os a construir o “modelo de ligações em cadeia”. Este último modelo, foca na importância das iterações existentes durante as diferentes fases do processo de inovação. Por sua vez, todo o racional deste modelo também demonstra que tudo começa no mercado, a sofisticação tecnológica e o seu valor de mercado não estão diretamente ligados, e que a inovação é o elemento essencial para sobreviver num contexto empresarial (Kline & Rosenberg, 1986). Ainda assim, devido à pluralidade característica da inovação e necessidade de aprendizagem interativa foi desenvolvido o “modelo multi-canal” (Caraça et al., 2009). O “modelo multi-canal” adiciona aos processos anteriores uma envolvente (micro e macro), campos do conhecimento (C&T, organizacional e marketing) e interfaces que permitem a aprendizagem e *cross-fertilization*, descrevendo com maior robustez o processo de inovação (Caraça et al., 2009).

2.5. Indicadores de C&T, inovação e conhecimento

Devido à evolução dos conceitos ao redor de inovação, e sua estreita relação com as áreas temáticas de C&T e conhecimento, foi necessário encontrar formas de quantificar estas atividades. Numa compilação destes indicadores, Godinho (2007) divide-os em três grupos: i) Indicadores de “1º geração” ii) Indicadores de “2º geração” e iii) Indicadores de “3º geração”. Em i) podemos encontrar indicadores de input, como Financiamento/Despesa em I&D ou recursos humanos em I&D; indicadores de output, como publicações científicas e registros de patentes e as balanças de pagamentos demonstrando o financiamento internacional de atividades de I&D. Em ii) temos a representação de indicadores de inovação, através de inquéritos, como o CIS (Community Innovation Survey), ou as regras do Manual de Oslo. Por fim, em iii) temos os indicadores da economia do conhecimento, que para além de focarem em indicadores económicos/formação, como a população ativa com ensino superior ou os desempenhos cognitivos (ex PISA - Programme for International Student Assessment), também aglomeram os indicadores de todas as gerações através de indicadores síntese (ex. Innovation Union Scoreboard) (Godinho, 2007).

2.6. Análise Bibliométrica

As estatísticas resultantes do registo de patentes e publicações científicas têm sido amplamente usadas para estudar inovação (Chang et al., 2012; Godinho, 2007; Pavitt, 1988; Tseng et al., 2011).

Os documentos de patentes são um repositório de informação valiosa e pública para obter dados detalhados sobre tecnologias, obter vantagens competitivas e evitar infrações legais (OECD, 2009). A estrutura uniforme do documento de patentes e os sistemas de classificação implementados simplificam em grande medida a sua compreensão, podendo resolver problemas técnicos, ou mesmo, evitar duplicação de esforço (Smith, 1986). Com o conhecimento adquirido da análise de patentes é possível obter tendências, potenciais áreas de progresso e as áreas de foco de investigadores (Chang et al., 2012; Smith, 1986; Tseng et al., 2011). No entanto, devido aos custos e

critérios legais de elegibilidade, nem todas as invenções são patenteadas, optando os inventores por alternativas de proteção (ex: segredo) (OECD, 2009; Pavitt, 1988). Os que requerem patentes também utilizam diferentes estratégias como pedirem patentes que se destinam a confundir os seus concorrentes, facto que também prejudica as estatísticas/análises que utilizam estes dados (Tseng et al., 2011). Adicionalmente, dificultando a veracidade e/ou comparabilidade dos dados, existem diferentes maturidades entre setores tecnológicos de pedidos de patentes e diferentes práticas de incentivo ao patenteamento entre países (OECD, 2009; Tseng et al., 2011).

A bibliometria, na vertente de publicações científicas, trabalha sobre um grande volume de dados devido ao histórico existente, permitindo aos investigadores identificarem padrões e estratégias de publicação (Daim et al., 2006). Assim, é possível estudar sobre uma área do conhecimento específica e avaliar a sua contribuição a nível local e global (Farooq et al., 2018). Apesar desta abordagem nos desvendar as dinâmicas e estruturas da C&T, dependendo da base de dados utilizada podemos ter diferentes tipos de informação, como omissão de revistas devido ao fator de impacto ou incompleta informação dos autores em referências citadas (Zupic & Čater, 2015). Adicionalmente, acresce sempre um trabalho de revisão após a extração de dados.

A utilização de diferentes metodologias permite avaliar o desenvolvimento e convergência entre a C&T (Czarnitzki et al., 2009). A complementaridade das duas metodologias aqui explanadas melhora significativamente uma análise de prospetiva tecnológica e científica (Daim et al., 2006). Por outro lado, também pode ajudar a perceber as dinâmicas existentes entre universidade-indústria, a correlação entre o patenteamento e publicações científicas e as transferências de tecnologias resultantes (Czarnitzki et al., 2009). No caso das tecnologias emergentes a combinação da bibliometria e análise de patentes evita que haja lacuna de dados, permitindo uma análise mais integrada (Daim et al., 2006).

3. METODOLOGIA

O objetivo principal deste trabalho de investigação consiste em caracterizar quantitativamente e qualitativamente atividades tecnológicas e investigacionais no setor das energias renováveis *offshore* através de estatísticas de patentes e da publicação de artigos científicos a nível mundial. A metodologia aplicada está descrita na Figura 1.

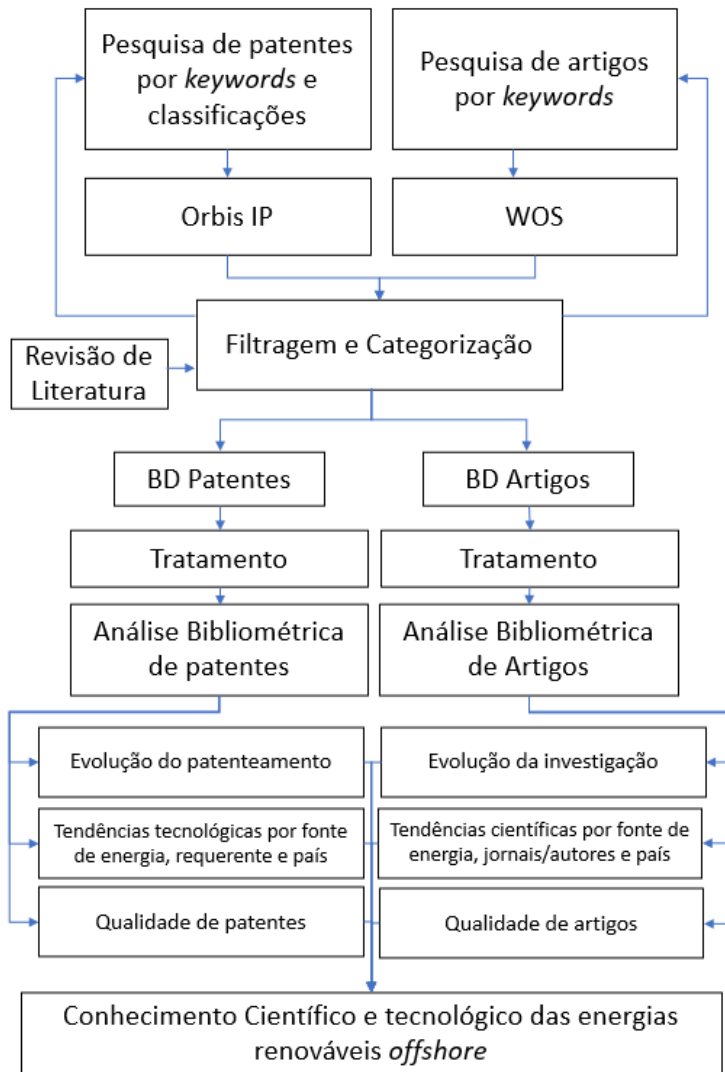


Figura 1 – Metodologia (visão macro)

Fonte: Elaborado pelo autor

Para garantir a uniformização, as *keywords* utilizadas e o período foram mantidos em ambas as análises de patentes e artigos científicos. Considerou-se o período de análise de 01/01/2000 a 31/12/2019, devido ao período de 18

meses após o pedido ou prioridade de patente, que culmina na publicação e no momento da extração de dados para esta investigação. Na tabela 1 podem ser consultadas os critérios e *keywords* categorizadas por fonte de energia. Os dados foram extraídos via CSV e todo o tratamento e análise de dados recorreu a funções Excel e à ferramenta *Power Query*.

Tabela 1 - *Keywords* para identificar Energias Renováveis offshore

Fonte de energia	Keywords por fonte de energia	Keywords para enquadramento offshore
Eólica	<i>"wind power" or "wind turbine" or "wind energy" or "wind generator" or "wind farm" or "windmill" or "energy of wind" or "energy from wind" or "wind rotor" or "wind axis" or "wind blade"</i>	<i>"offshore" OR "off-shore" OR</i>
Solar	<i>"Solar energy" OR "solar power" OR "Solar PV" OR "solar photovoltaic" OR "energy from the sun" OR "solar panels" or "solar panel" OR "solarcell" OR "solar cell" OR "solar cells" OR "photovoltaic" OR "photovoltaic cells" OR "photovoltaic systems" OR "solar farm"</i>	<i>"off shore" OR sea OR ocean OR "shallow water" OR</i>
Oceânica (Corrente e marés)	<i>"Tidal energy" OR "tidal power" OR "Tide energy" OR "tide power" OR "tidal range" OR "tidal current energy" OR "Current energy" OR "Tidal current" OR "Tidal current turbine" OR "tidal flow turbine" OR "Tidal stream" OR "tidal turbine" OR "current turbine" OR "tidal turbine blades" OR "current turbine blades" OR "Tide power plants" OR "tidal power stations" OR "tidal current conversion technology" OR "energy of tide" OR "energy from tides"</i>	<i>"deep water" OR "floating" OR "mooring" OR "foundation"</i>
Oceânica (Ondas)	<i>"Wave energy" or "wave energy converter" or "Wave power" or "energy of wave" or "energy from wave" or "wave farm" or "wave power generation" or "wave power plants" or "wave energy conversion"</i>	

Oceânica (Gradiente de salinidade)	"salinity gradient" OR "salinity gradient energy" OR "pressure retarded osmosis" or "reverse electro dialysis" or "reverse electrodialysis"	
Oceânica (OTEC)	"Ocean thermal energy conversion" OR OTEC OR "OTEC power plants" OR "OTEC plants" OR "OTEC power" OR "OTEC system" OR "ocean thermal energy converters"	

Fonte: Elaborado pelo autor

Dados de Patentes

O processo de amostragem começou com a escolha de *keywords* através de relatórios de análise de patentes, artigos científicos mais citados e informação na internet de empresas ou organizações envolvidas neste setor. Com uma base inicial das palavras e respetivos cruzamentos acedeu-se à base de dados de patentes *Orbis IP v10* para pesquisar as *keywords* no título, resumo, descrição e reivindicações. Os dados foram filtrados por data de prioridade, respeitando o período acima mencionado, e por patentes concedidas, garantindo que todas as condições de patenteabilidade⁸ foram reconhecidas e que não existiram irregularidades ou problemas nos exames formais e técnicos. Importa assim referir que a amostra poderá omitir patentes do final de 2019 devido à falta de decisão de concessão no momento de extração dos dados (30.08.2021), por contestações, emendas, entre outros.

A base final para análise teve em conta as seguintes unidades de informação: N^o Prioridade e N^o de publicação; Data de prioridade/publicação; Título; Requerente(s); Geografia do(s) requerente(s); Códigos da *Cooperative Patent Classification* (CPC)⁹; Família de patentes; Citações *Forward*.

⁸ Código de Propriedade Industrial (2018), Capítulo I, Subcapítulo I, Secção I, Art. 50^o Objecto – Uma patente pode ser reconhecida se apresentar novidade, atividade inventiva e aplicação industrial.

⁹ *Cooperative Patent Classification* (CPC), em português, Classificação Cooperativa de Patentes é uma classificação mais detalhada. Tem símbolos de classificação próprios para o combate a alterações climáticas, adaptada e alinhada com o Protocolo de Kyoto e Acordo de Paris. Esta classificação é fruto da cooperação entre o escritório Europeu de Patentes (EPO) e

De seguida deu-se o tratamento dos dados. Esta investigação recorreu ao código CPC (*Y02E 10/00*) para filtrar todas as tecnologias que contribuíssem para a produção de energia através de fontes de energia renovável. Recorrer a um código para identificação de patentes tem a vantagem de ser independente do idioma praticado em cada região e de ser usado transversalmente por praticamente todo o mundo no registo de patentes (EPO, 2016). Devido à variabilidade dos nomes utilizados pelos requerentes, estes também foram normalizados utilizando a informação do campo *global ultimate owner* (GUO), para identificar o indivíduo ou entidade no topo da estrutura hierárquica que detém o ativo. Foram eliminados, por fonte de energia, registos duplicados ou registos que não tivessem as informações chave para a análise.

Dados de Artigos Científicos

Para a obtenção de informação sobre os artigos científicos, foi utilizada a base de dados da *Web of Science* (WOS). Numa pesquisa avançada foram utilizadas *keywords* no campo *Topic* (abrange o título, resumo e *keywords*) e foi garantido o mesmo período de análise. Adicionalmente, utilizou-se um filtro na tipologia de documento para existirem na amostra apenas artigos científicos e *reviews* pela sua representatividade e reconhecimento científico.

Do ficheiro extraído via CSV, apenas foram consideradas as unidades de informação respetivas a Autor(es), Geografia do Autor(es), Título do artigo, Jornais, Ano de publicação, Citações, Áreas de pesquisa, *keywords* do Autor(es) e *keywords* Plus. Os campos de informação com valores agregados foram individualizados em diferentes células para uma análise posterior.

o escritório Norte-Americano de Patentes e Marcas (USPTO), criada em 2012 e aplicada transversalmente a patentes relevantes através de algoritmos especializados (Angelucci et al., 2018; EPO, 2016)

Por fim, para a análise e discussão, o número de registos foi:

Tabela 2 - Número de referências diferenciadas a cada uma das fontes energéticas

Base de dados	Ano de Prioridade/Publicação	Informação estudada	Nº de registos
<i>Orbis IP</i>	01/01/2000-31/12/2019	Documentos de patentes concedidas	51179
<i>WOS</i>	01/01/2000-31/12/2019	Artigos científicos e <i>Reviews</i>	14722

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota 1: Os valores desta tabela contabilizam o número de referências a cada uma das fontes de energia (por exemplo, um artigo que refira simultaneamente duas fontes de energia é aqui contabilizado como equivalendo a duas unidades)

Nota 2: Tendo em conta o identificador único de cada base dados, o número de patentes e publicações representam respetivamente, 41207 e 13894 registos.

Nesta investigação foram utilizados indicadores que demonstrassem a evolução, tendências e a qualidade dos pedidos de patentes e da investigação científica para responder às nossas questões de investigação. Os dados finais foram extraídos no dia 30.08.2021 e as citações correspondentes apenas são válidas até ao mesmo período.

Limitações que possam existir nesta metodologia poderão ter prejudicado a amostra de dados recolhida. A estratégia seguida levou à adoção de certas *keywords* e certos códigos. Poderão não estar a ser contabilizadas todas as patentes ou publicações científicas que contribuem para o setor das energias renováveis *offshore* se estas não forem descritas ou classificadas conforme os critérios utilizados nesta investigação. O oposto também pode acontecer, ou seja, a contabilização de patentes que não deveriam ser consideradas. Para colmatar este facto existiram várias rondas para refinar a pesquisa.

Adicionalmente, a falta de registos completos também afeta a análise neste trabalho, por exemplo, patentes concedidas sem país do requerente identificado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O que se segue nesta parte da dissertação está organizado em três pontos sucessivos, respondendo cada um deles a uma das questões principais de investigação.

4.1. Como tem sido a evolução das patentes concedidas e das publicações científicas relacionadas com a energia renovável offshore, nos últimos anos?

Segundo as fontes citadas, o interesse pelas energias renováveis *offshore* parece ter aumentado desde o início do século XXI. Nesta secção, será feita uma análise global da evolução para o período entre 2000 e 2019. No caso das patentes apenas foram consideradas as patentes concedidas pelos *IP5 Offices*¹⁰.

De acordo com os resultados obtidos, na Figura 2 podemos observar que não existe uma evolução uniforme, apesar do crescimento contínuo até aos anos de 2011 e 2012. Depois disso há uma desaceleração do crescimento nos dois anos seguintes, mas em 2016 atinge-se o valor máximo de patentes concedidas para o conjunto das energias renováveis *offshore*. Nos anos após 2016, em particular no ano 2019, voltamos ao nível de patentes concedidas dez anos antes, embora esta quebra seja expectável dado a decisão de concessão levar anos a efetivar-se.

¹⁰ Os *IP5 offices* é um fórum constituído pelos 5 maiores escritórios de patentes, Nomeadamente, EPO, KIPO, JPO, USPTO e SIPO. Juntos, representam 80% de todos os pedidos de patentes. (Acesso dia 16/09/2021 - <https://www.fiveipoffices.org/about>)

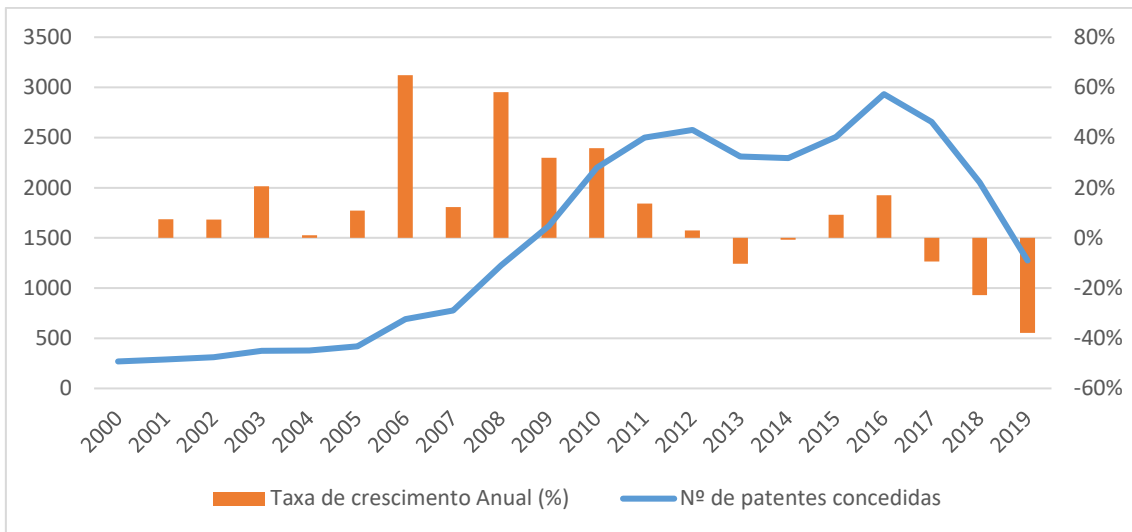


Figura 2 - Total de patentes concedidas e taxa de crescimento anual

Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura 3, podemos observar um crescimento exponencial da investigação científica ao longo dos anos. Em contraste com as tendências tecnológicas, as tendências científicas são mais sustentadas.

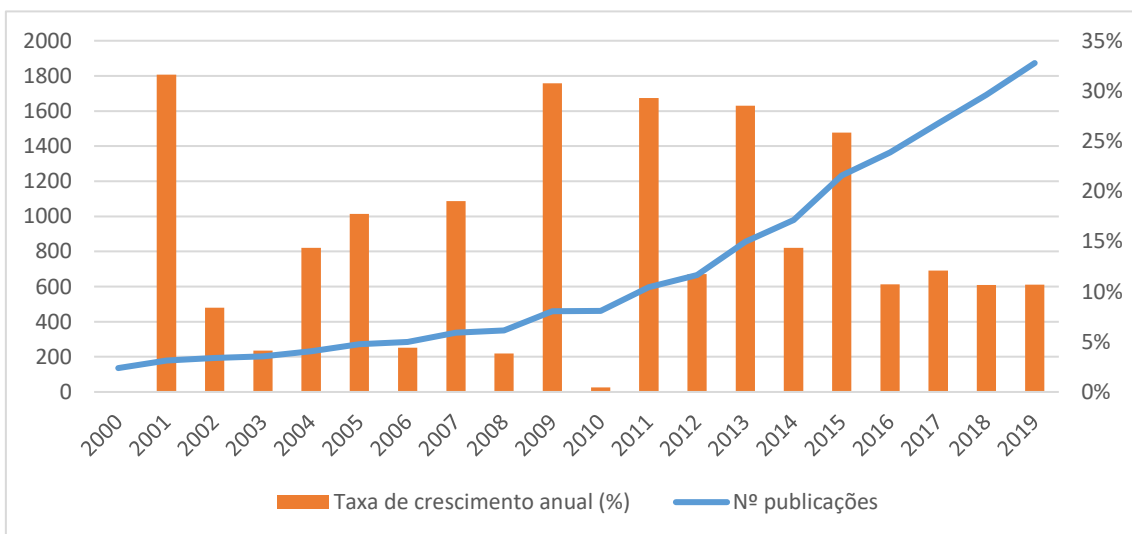


Figura 3 - Total de publicações e taxa de crescimento anual

Fonte: Elaborado pelo autor

Decorrente das tendências observadas, as patentes e publicações têm uma taxa média de crescimento anual em 2000-2019 positiva de, respetivamente, 11% e 15%.

4.2. Quais as tendências tecnológicas e científicas, nos últimos anos?

4.2.1. Tendências por geografia

Começando pelas tendências tecnológicas, e focando novamente nos *IP5 offices*, verificam-se duas ordens de grandeza a partir de 2003. Por um lado, as patentes concedidas no SIPO (Fig. 4, gráfico da direita), com um aumento galopante até 2016, e com valores de número de patentes que ascendem aos milhares desde 2010. Por outro lado, existe o grupo formado pelo EPO, JPO, KIPO e USPTO (Fig. 4, gráfico da esquerda), com valores anuais abaixo de meio milhão. Dentro deste grupo destaca-se o EPO e KIPO, por terem maioritariamente mais patentes concedidas desde o início do período analisado. Estes resultados estão de algum modo alinhados com as intenções da União Europeia se tornar líder na temática das alterações climáticas desde que este problema se tornou mais evidente internacionalmente.

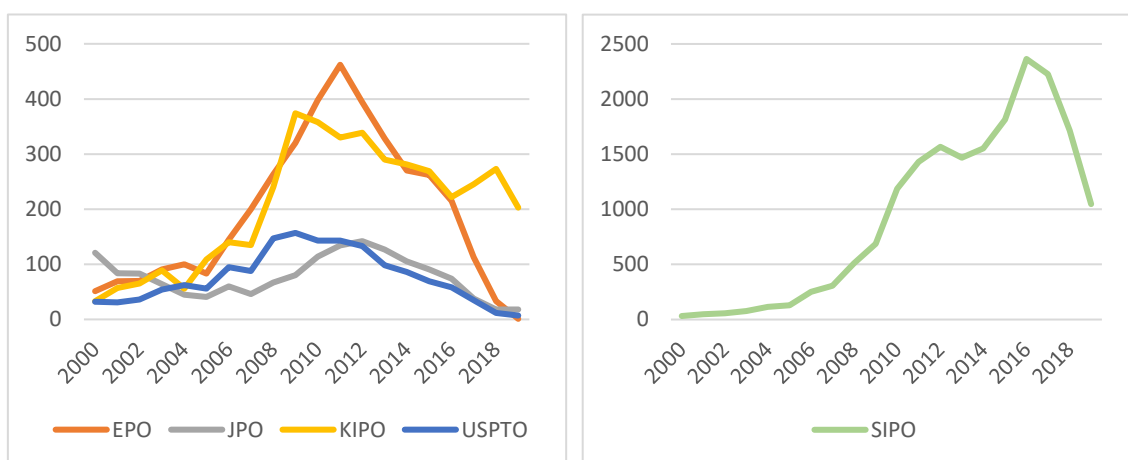


Figura 4 - Patentes concedidas por Instituto de patentes

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: Os valores para os anos mais recentes diminuem, pois para muitas patentes pedidas nestes anos mais recentes ainda não existirá uma decisão sobre concessão ou não.

Na tabela 3 podemos observar a proporção de residentes e não residentes pelos *IP5 offices*. No EPO, 64% das patentes concedidas pertencem aos seus

estados-membros¹¹. Nos restantes institutos, parte dos registos não têm o país do requerente associado. Todavia, é possível aferir que nos institutos asiáticos, o SIPO tem 81% das patentes concedidas por residentes e 19% por não residentes, e seguindo a mesma lógica o JPO tem 82% e 18% e o KIPO tem 70% e 30%. No USPTO o cenário inverte-se tendo 62% de patentes concedidas por não residentes e 38% por residentes.

Tabela 3 - Proporção de Residentes/Não residentes/Não identificados por *IP5 Offices*

	SIPO	EPO	JPO	KIPO	USPTO
Residente	9951	2483	811	2220	525
Não Residente	2265	1385	182	954	853
País de requerente não identificado	6369	0	559	934	164
Total	18585	3868	1552	4108	1542

Fonte: Elaborado pelo autor

No caso das tendências científicas, as geografias tiveram por base a morada do primeiro autor de cada publicação científica. Posteriormente agruparam-se os países europeus¹² enquanto UE (pertencentes à União Europeia) e Não-UE (não pertencentes à União Europeia), e também os países, em Outros, que individualmente tinham menor expressão na amostra.

Se observarmos a Figura 5, os autores da União Europeia são os que mais conhecimento científico produzem para o sector, com 4144 publicações, praticamente um terço da amostra (13839 publicações científicas).

¹¹ Estados-membro do EPO - <https://www.epo.org/about-us/foundation/member-states.html> (Acesso a 09/10/2021)

¹² Divisão dos países europeus foi baseado no site oficial da União Europeia - https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_en (Acesso a 17/09/2021)

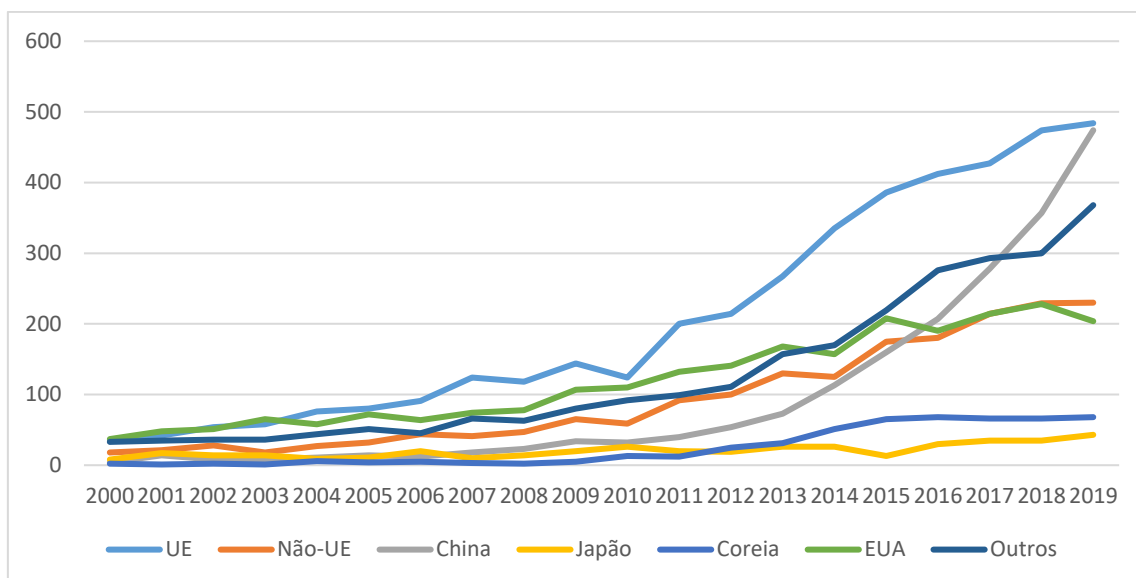


Figura 5 - Nº de publicações científicas por região de autor

Fonte: Elaborado pelo autor

Este crescimento tem sido constante, destacando-se a Alemanha, Espanha e Dinamarca. Embora exista uma liderança dos países da UE desde 2004, esta não parece ser suficiente para evitar a ultrapassagem da China com uma taxa média de crescimento anual de 37%, quando comparada com os 16% da UE. Os restantes principais países asiáticos - Japão e Coreia - apresentam números mais baixos com um peso do número total de publicações de, respetivamente, 3% e 4%. Os EUA abrandaram o seu ritmo de publicações, apresentando nos últimos 6 anos analisados uma média de 200 artigos/ano. Por fim o grupo Outros é liderado pela Austrália, Canada, Índia e Taiwan. Estes quatro últimos são apresentados por ordem decrescente do número total de publicações, representando um peso de 50% face aos restantes países dentro do grupo.

4.2.2. Tendências por Requerente e Revistas/autores

Nesta subsecção foi elaborado um *Top 10* com base no maior número de patentes concedidas por requerente nos diferentes *IP5 offices* e no maior número de publicações por revista científica e por autor participante para identificar os principais impulsionadores do conhecimento tecnológico e científico.

Na figura 6 identificamos que o *Top 10* de requerentes é constituído por três empresas europeias, uma empresa dos EUA e seis entidades de países asiáticos, nomeadamente, por ordem decrescente, uma universidade chinesa, uma empresa japonesa, três empresas chinesas e uma empresa coreana. Os três requerentes com mais patentes optam por proteger as suas invenções no EPO e focam-se quase exclusivamente em tecnologias associadas à energia eólica. Existe uma tendência para registar as patentes no escritório de patentes que abrange o seu país ou região de atuação, no entanto, a *General Electric* e o Grupo *Mitsubishi* privilegiam proteger as suas invenções em territórios europeus. A empresa *Aloys Wobben* é a que geograficamente mais diversifica o seu portefólio de patentes, e a que tem o maior índice de patentes triádicas¹³.

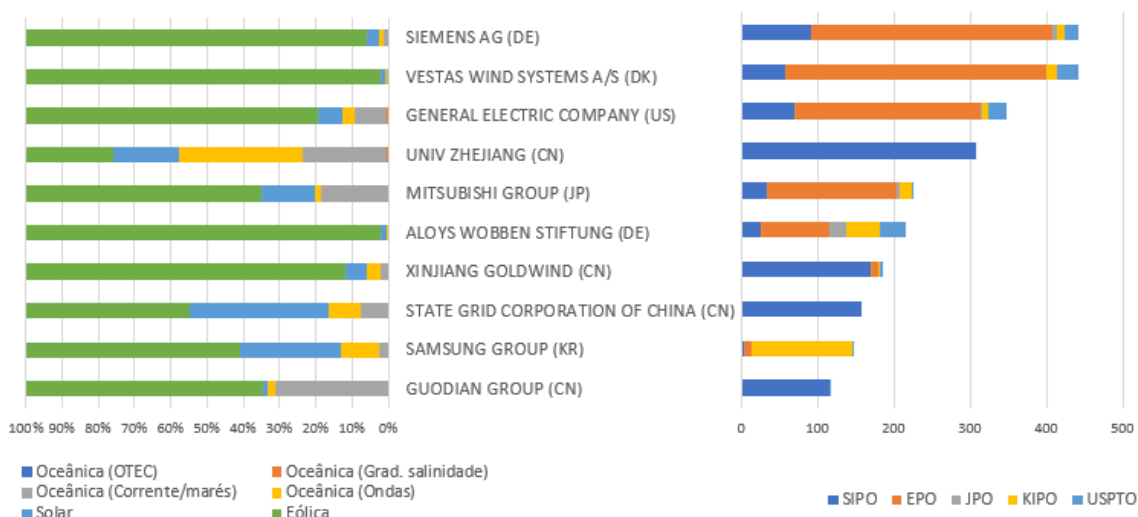


Figura 6 - Número e distribuição de patentes concedidas de requerentes selecionados por escritório e tecnologia

Fonte: Elaborado pelo autor

Se olharmos aos países dos requerentes (tabela 4), teremos por ordem decrescente com mais patentes concedidas a China (10103), Coreia do Sul (2405), EUA (1901), Japão (1867), Alemanha (1560), Dinamarca (724), França (382), Reino Unido (306), Países Baixos (205) e Noruega (192)¹⁴.

¹³ Patentes pedidas no EPO, USPTO e JPO, um indicador amplamente usado para medir a inovação tecnológica.

¹⁴ Estes valores correspondem à contabilização de valores agregados para os *IP5 offices*, sendo que em muitos casos se estará a contabilizar o 2º, 3º, etc. elemento de uma mesma família

Tabela 4 - Número de patentes concedidas por país do requerente

Países	Nº de patentes
China	10103
Coreia do Sul	2405
EUA	1901
Japão	1867
Alemanha	1560
Dinamarca	724
França	382
Reino Unido	306
Países baixos	205
Noruega	192
(Restantes países dos requerentes)	1984
Incógnitos	8026
Total	29655

Fonte: Elaborado pelo autor

Em termos de conhecimento científico, destacamos entre as 1816 revistas analisadas as dez com mais artigos, com 3522 num total de 13839 publicações científicas entre 2000 e 2019 (Fig. 7). Nas revistas selecionadas com maiores publicações, destaca-se a forte presença de autores pertencentes à UE. Em termos nominais, destaca-se a participação em publicações dos seguintes autores: Torgeir Moan com 72; Zhen Gao com 60; G. Iglesias com 47; e C. Guedes Soares e Mats Leijon com 41. Estes valores ocorrem num universo total de 40102 autores que contribuíram para mais conhecimento no setor. Em termos de investigação por fonte de energia nas revistas que integram este *Top 10*, o conhecimento gerado incide, por esta ordem, em energia eólica, energia das ondas, energia de correntes e marés, energia solar, energia de gradiente de salinidade e OTEC. A revista *Renewable Energy* lidera com um total de 723 publicações, focando principalmente na área da energia das ondas e energia eólica.

de patentes. A vantagem da China deve-se sobretudo a existirem muitos pedidos no Instituto Chinês e, maioritariamente, esses pedidos são de residentes na China.

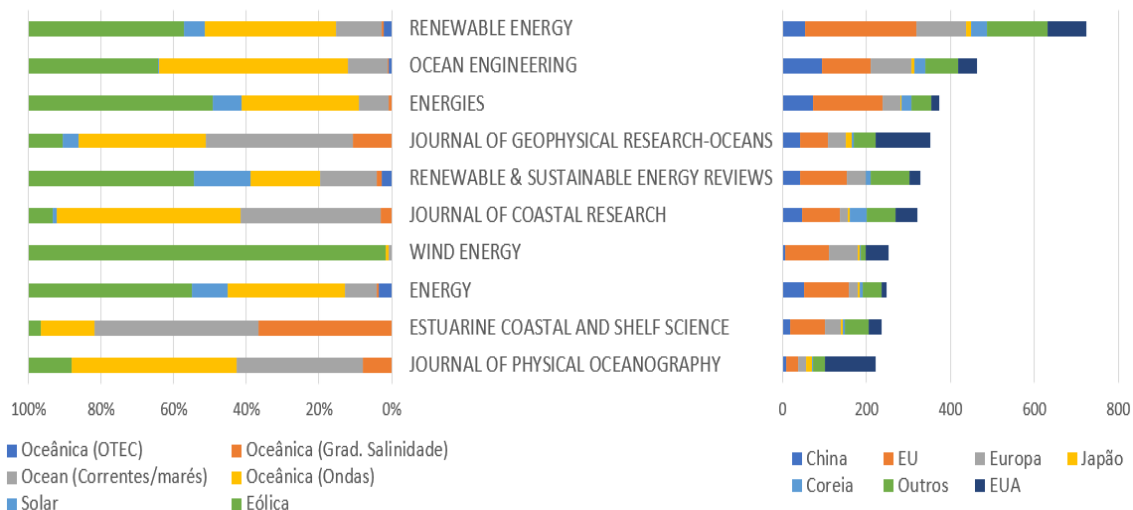


Figura 7 - Número e distribuição de publicações selecionados por revista científica

Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo em conta os países dos autores (tabela 5), teremos por ordem decrescente com mais artigos publicados UE (4144), Outros (2574), EUA (2406), China (1934), Europa (1875), Coreia do Sul (496) e Japão (410).

Tabela 5 - Número de publicações por país do autor

Países	Nº de publicações
UE	4144
Outros	2574
EUA	2406
China	1934
Europa	1875
Coreia do Sul	496
Japão	410
Total Geral	13839

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.3. Tendências por fonte de energia

Para analisar as tendências por fonte de energia, foram definidos quatro períodos de cinco anos cada que demonstrassem a dinâmica ao longo do tempo. O primeiro período ocorre entre 01/01/2000 e 31/12/2004, o segundo entre 01/01/2005 e 31/12/2009, o terceiro entre 01/01/2010 e 31/12/2014 e por último, entre 01/01/2015 e 31/12/2019.

Começando pelas tendências tecnológicas, a Figura 8 demonstra que, regra geral, até ao final do terceiro período (2014), o número de patentes concedidas foi aumentando para as diferentes fontes de energia. Também é evidente que ao longo dos períodos, as tecnologias que beneficiam da energia eólica, solar, ondas e correntes/marés têm, pela ordem apresentada, dominado o setor das energias renováveis *offshore*. Apesar de existirem limitações na interpretação de resultados no último período, pois para os anos mais recentes ainda se tem um número reduzido de concessões, seria interessante perceber se a energia solar irá sobrepor-se à energia eólica, porque durante o período analisado até 2014 têm taxas de crescimento semelhantes.

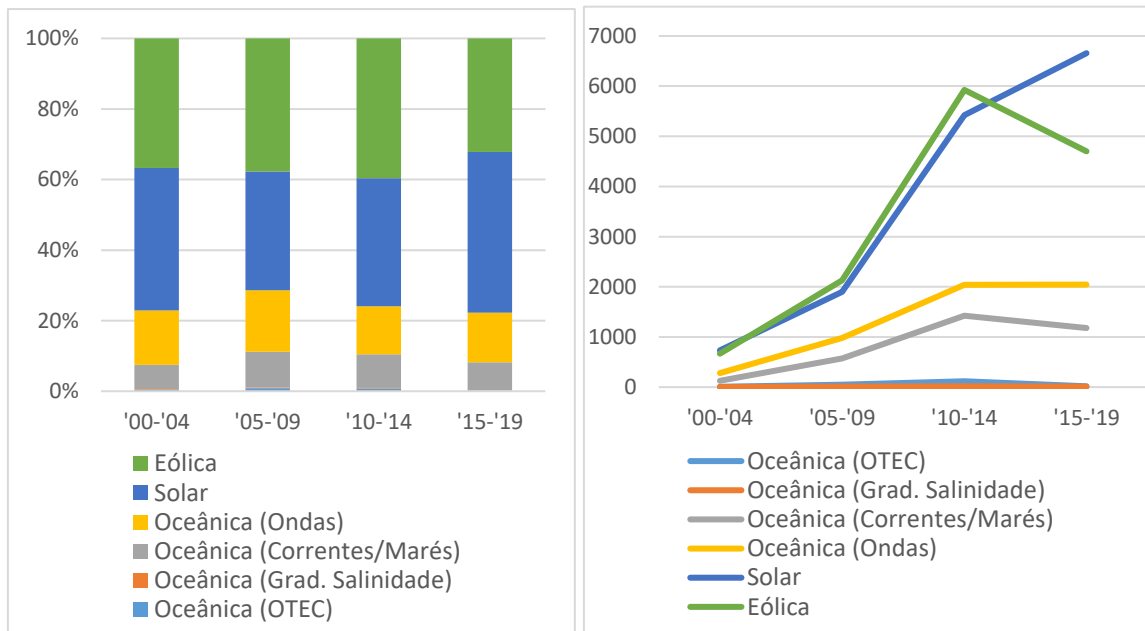


Figura 8 - Distribuição do número de patentes por fonte de energia *offshore* e período, em percentagem (esquerda) e em número absoluto (direita)

Fonte: Elaborado pelo autor

No caso das tendências científicas (Figura 9), o conhecimento tem aumentado para todas as fontes de energia renovável *offshore*. A energia eólica é a que mais publicações tem gerado, com 5375 publicações, seguida da energia das ondas com 3871, energia das marés e correntes com 2629, energia solar com 1511, energia de gradiente de salinidade com 1176 e por fim OTEC com 159, no total do período analisado. Analisando as publicações científicas por cada fonte de energia, os dados demonstram que a energia OTEC e solar têm

uma taxa média de crescimento anual de, respetivamente, 28% e 21%. Assim, apesar da sua pouca representatividade em número absoluto, ficam ligeiramente abaixo da energia eólica, com a maior representatividade e taxa média de crescimento anual de 29%.

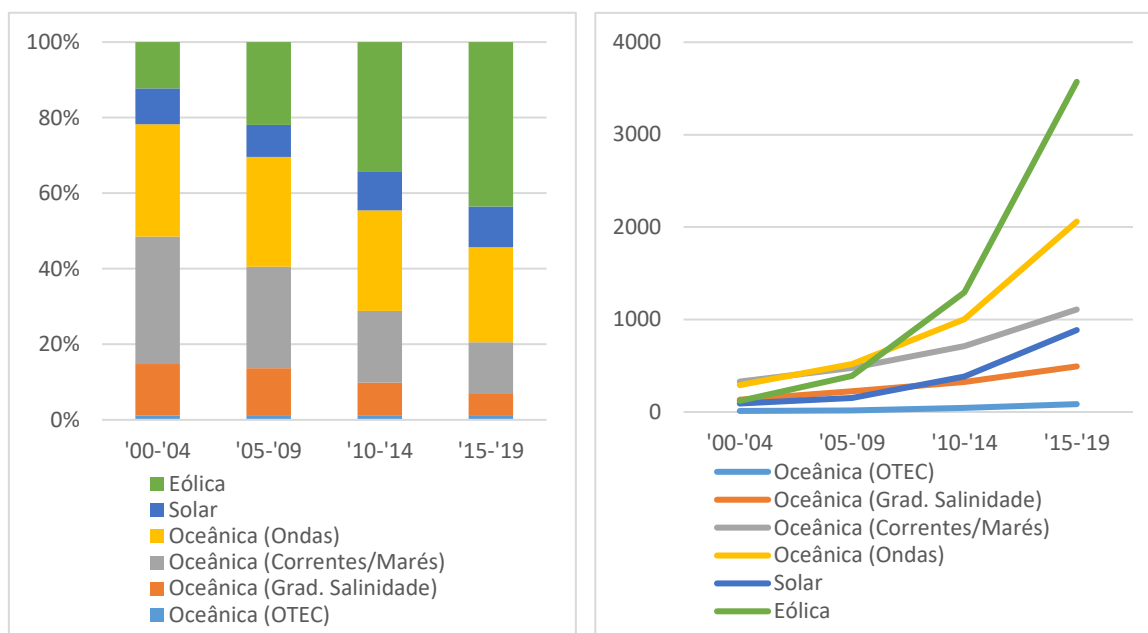


Figura 9 - Distribuição do número de publicações por fonte de energia *offshore*, em percentagem (esquerda) e em número absoluto (direita)

Fonte: Elaborado pelo autor

Posteriormente foi realizada uma análise para perceber as relações, tanto entre as patentes como entre as publicações científicas, tendo em conta a fonte ou fontes de energia referidas respetivamente nas patentes ou publicações. Esta análise permite identificar quando uma patente ou uma publicação referenciam mais do que uma fonte de energia.

Para as patentes, os resultados obtidos demonstram que existem 7598 patentes neste âmbito e que existe maioritariamente relação entre apenas duas fontes de energia. O maior número de ligações (referência a mais que uma tecnologia numa mesma patente) ocorreu na energia eólica com, simultaneamente, energia solar (2842), correntes/marés (941) e ondas (874).

Para as publicações científicas, os resultados indicam existirem 728 artigos no mesmo âmbito e com o mesmo padrão. Neste caso, as maiores relações

(referência a mais que uma tecnologia num mesmo artigo) provêm da energia das ondas com energia eólica (228); energia de correntes/marés com energia das ondas (139); e energia solar com energia eólica (134).

4.3. Qual a qualidade de pedidos de patentes e da atividade de investigação?

Para responder a esta última questão de investigação, utilizaremos dois indicadores de patentes para avaliar a qualidade tecnológica – tamanho da família de patentes e citações posteriores - e dois indicadores de cienciometria para avaliar a qualidade científica – número de citações e artigos com maior impacto.

4.3.1. Família de patentes e citações posteriores

A dimensão da família de patentes representa a vontade dos seus proprietários em terem, ou não, uma maior amplitude geográfica de proteção. Já o número de citações de uma patente em patentes posteriores constitui um indicador da importância tecnológica que uma patente conquistou (Squicciarini et al., 2013).

Foram selecionadas as patentes concedidas nos *IP5 offices* para avaliar a qualidade das mesmas (tabela 6). Segundo os resultados obtidos o SIPO é o que apresenta o número mais baixo de tamanho médio de família e um número intermédio de intensidade de citações nas suas patentes quando comparado com os restantes institutos. O KIPO segue-se com patentes com um tamanho de família baixo (4,69) e com ligeiro aumento da intensidade de citações face ao SIPO (1,60). O EPO é o que apresenta as patentes com a maior vontade de proteger as suas invenções internacionalmente, mas também são as que menos citações recebem. No JPO as suas patentes apresentam um tamanho de família médio e uma fraca intensidade de citações (0,66). Por fim, o USPTO é o que demonstra ter as patentes com mais importância e com um elevado tamanho médio de família quando comparado com os restantes institutos. Estes dados não parecem ser representativos dos padrões habituais existentes entre institutos, nomeadamente a diferença entre intensidade de citações no EPO e SIPO. Segundo a literatura existente, por exemplo, a qualidade das patentes

chinesas não parece acompanhar o seu aumento em quantidade. Assim, um maior foco na análise dos dados extraídos necessitaria de ser conduzida para avaliar estes dois indicadores.

Tabela 6 - Número e intensidade de citações recebidas e Número e Tamanho médio das famílias pelos *IP5 Offices*

	Total Patentes concedidas	Famílias	Tamanho Médio Família	Citações Posteriores	Intensidade de citações
SIPO	18585	37788	2,03	18510	1,00
KIPO	4108	19275	4,69	6556	1,60
EPO	3868	47057	12,17	985	0,25
JPO	1552	11574	7,46	1024	0,66
USPTO	1542	14904	9,67	17638	11,44

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: Seria interessante analisar os valores não por Instituto de patentes, mas por família de patentes e por nacionalidade dos requerentes, porém isso exigiria recursos não disponíveis no âmbito do presente trabalho.

Na tabela 7 podemos ver o desempenho das 5 empresas com mais patentes concedidas, considerando-se o seu enquadramento na geografia dos *IP5 offices*. Segundo os resultados obtidos, o Grupo Mitsubishi é o que apresenta a maior vontade de proteger as suas invenções internacionalmente e o que menos citações recebe das suas invenções. Já o Grupo Samsung é o que apresenta maior intensidade de citações, mas um tamanho médio de família baixo.

Tabela 7 - Número e intensidade de citações recebidas e Número e Tamanho médio das famílias pelos principais requerentes de patentes

	Total Patentes concedidas	Famílias	Tamanho Médio Família	Citações Posteriores	Intensidade de citações
GENERAL ELECTRIC COMPANY	347	2191	6,31	128	0,37
MITSUBISHI GROUP	225	8536	37,94	61	0,27
SAMSUNG Group	148	291	1,97	225	1,52
SIEMENS AG	442	2604	5,89	133	0,30
XINJIANG GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY CO.,LTD	186	216	1,16	208	1,12

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2. Número de citações e artigos mais impactantes

Tendo em conta o número de citações, analisaram-se as publicações por origem geográfica do primeiro autor (Tabela 8). Podemos observar que os americanos são os que detêm uma maior média de citações por publicação (45), seguindo-se os europeus não pertencentes à UE (32), os europeus pertencentes à UE (30), os autores dos países incluídos em Outros (25), China e Japão (18) e por último a Coreia do Sul (15).

Tabela 8 - Número de citações e respetiva média por origem geográfica do autor

Países	Nº de publicações	Total de citações	Média de citações por publicação
UE	4144	122928	29,66
Outros	2574	65384	25,40
EUA	2406	107972	44,88
China	1934	35647	18,43
Europa	1875	59593	31,78
Coreia	496	7653	15,43
Japão	410	7499	18,29
Total Geral	13839	406676	

Fonte: Elaborado pelo autor

Também foi avaliada a qualidade das publicações científicas por revista cuja soma das citações das suas publicações fosse a mais elevada (Tabela 9). Em termos gerais a revista *RENEWABLE ENERGY* é a que apresenta o maior total de citações, com uma média de 39 citações por artigo publicado. No entanto, quando normalizado pelo número de publicações as revistas *RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS* - média de 62 citações por artigo - e *JOURNAL OF PHYSICAL OCEANOGRAPHY* - média de 43 citações por artigo - são as que têm mais reconhecimento científico global. Por fim, temos as revistas *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-OCEANS* e *OCEAN ENGINEERING* a apresentarem respetivamente um valor médio de 34 e 22 citações por publicação.

Tabela 9 - Número de citações e respetiva média por revista com maior número de publicações

Revistas	Total de citações	Nº publicações	Média de citações por publicação
RENEWABLE ENERGY	28351	724	39,16
RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	20455	331	61,80
JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-OCEANS	12027	352	34,17
OCEAN ENGINEERING	10095	463	21,80
JOURNAL OF PHYSICAL OCEANOGRAPHY	9623	222	43,35

Fonte: Elaborado pelo autor

5. CONCLUSÃO

Este trabalho investigou o estado atual das energias renováveis *offshore*, tanto a nível tecnológico como a nível científico, recorrendo a indicadores clássicos de C&T. O aumento da atividade de patenteamento observada evidencia a expansão das fontes de energia renovável *offshore*, certamente associada à necessidade de reduzir as emissões de CO₂. As publicações científicas acompanham e intensificam o conhecimento gerado neste setor ao longo dos anos. Assim, como primeira conclusão, esta investigação demonstra que o setor das energias renováveis *offshore*, tem crescido e evoluído, tanto a nível tecnológico como científico.

Geograficamente, tendo em conta os principais institutos de patentes, o SIPO demonstra uma atividade de patenteamento muito acima dos restantes, com pedidos de patente feitos maioritariamente por residentes (81%). Ainda que este desempenho seja notável, não poderemos só por si assumir uma maior relevância tecnológica do SIPO sobre os restantes *IP5 offices*, nem necessariamente um domínio dos requerentes oriundos da China neste sector. Nos outros *IP5 offices*, os requerentes não residentes não são por norma

chineses, mas sim provenientes das restantes geografias aqui discutidas. De seguida, com mais patentes concedidas, seguem-se o KIPO e EPO, diferenciando-se este último por ser o instituto neste *top 3* com relativamente menos patentes pedidas pelos residentes dos seus estados-membros (64%).

Nos últimos anos, nos indicadores relativos a conhecimento científico, as publicações científicas de autores chineses têm aumentado de forma exponencial, e com as suas taxas de crescimento anuais, parece ser uma questão de tempo até que a China ultrapasse o atual líder, a UE. Estes dados contrariam a visão do artigo do *The Economist* (2020-09-19) que foi referido, pois constituem evidência que a China cada vez mais produz conhecimento científico e não fica à espera de aprender com outros.

Os grandes impulsionadores do conhecimento tecnológico são grupos empresariais com grandes portefólios (*Siemens, General Electric, Mitsubishi*, entre outros), maioritariamente focados em proteger as suas invenções de energia eólica *offshore* (como mostrado na figura 6). Novamente a região Asiática, no geral, e a China, em particular, têm dominado em representatividade neste leque de atores, demonstrando interesse de proteger as suas invenções, sobretudo dentro da sua geografia. Importa ressaltar que nos *players* com maior número de patentes concedidas existe uma entidade chinesa, a Universidade de Zhejiang, com departamentos dedicados a estudar o mar e oceanos, constituindo-se como uma referência académica pela produção científica diversificada nas diferentes fontes de energia. Todavia, se observarmos o *top 10* dos países dos requerentes com mais patentes concedidas, existe uma maior representatividade europeia, com a presença nesse *top 10* da Alemanha, Dinamarca, França, Reino Unido, Países Baixos e Noruega.

O conhecimento científico relacionado com o sector é veiculado sobretudo pelas revistas *Renewable energy, Ocean engineering* e *Energies*, onde os principais temas abordados são, pela seguinte ordem, a energia eólica, energia das ondas e energia das correntes e marés. Nestas revistas, como em regra geral, a UE é a região geográfica que concentra um maior número de autores,

demonstrando por consequência que pode ser a região detentora do maior conhecimento científico.

Do imenso potencial energético existente nos oceanos, as tecnologias com maior destaque nas patentes concedidas são na verdade as que não dependem diretamente do oceano - a energia solar e eólica. Contudo, apesar da energia eólica também ser o maior foco da academia, a energia das ondas e das correntes/marés é aquela que tem seguidamente maior destaque. Uma razão deste crescimento sustentado desde 2000, principalmente na energia eólica, deve-se à redução dos custos nivelados de eletricidade ao longo dos anos. Este tipo de tendência é igualmente identificada noutros estudos sobre este tema (Hille et al., 2020; IRENA, 2020a).

Neste trabalho constatamos que uma característica das energias renováveis *offshore* é a capacidade de criar soluções que conseguem captar mais que uma fonte de energia. Tanto tecnologicamente como cientificamente, existem fortes sinergias entre duas fontes de energia, destacando-se a energia eólica com a energia solar e a energia eólica com a energia das ondas. Quando as tecnologias *offshore* trabalham em harmonia, os custos de energia podem reduzir drasticamente, criando economias de escala e sistemas energéticos mais fiáveis (IRENA, 2020c). Estes resultados evidenciam quais são efetivamente as fontes de energia que têm tido maior sinergia entre si, complementando a literatura existente, e demonstrando algum alinhamento entre a produção tecnológica e científica. Juntando-se ao facto de estas fontes de energia serem relativamente estáveis e previsíveis (European Commission, 2020), a aposta neste setor demonstra ser promissora. Assim é expectável uma maior preponderância em termos relativos destas fontes de energia nos próximos anos. A fraca expressão global das energias oceânicas também pode estar relacionada com a falta de um *design* dominante. Tal como na energia eólica (Huenteler et al., 2016), parece existir muita complexidade e pouca escala de produção para estas tecnologias, existindo várias soluções (Wilberforce et al., 2019), mas nenhuma se sobrepondo a outra. Os dados aqui apresentados, tal como outros estudos recentes (European Commission, 2020; Rusu & Venugopal, 2019; Wilberforce et al., 2019), também indicam que estas tecnologias ainda se encontram em fases

de desenvolvimento, longe de um patamar estável de comercialização, sem ainda terem inspirado a confiança de investidores.

Neste trabalho também se conclui que existem diferentes comportamentos nos indicadores de qualidade entre os principais institutos de patentes. As patentes registadas no EPO parecem ter uma maior amplitude geográfica de proteção, mas uma baixa importância tecnológica quando observado o número de citações por patente. Já as patentes do USPTO parecem ter uma elevada importância tecnológica e uma boa dispersão internacional. Todavia, mais investigação deve ser realizada para analisar a fiabilidade destes indicadores, tendo em conta o comportamento fora do habitual aqui registado entre os *IP5 offices*. Neste estudo exploratório, apesar de se ter investigado a qualidade global de patentes concedidas, não é possível concluir se a qualidade das mesmas é uma característica específica de todas as empresas de uma mesma região. No entanto, é possível comparar as diferenças das empresas com mais patentes concedidas. Neste caso, de entre as empresas selecionadas, são grupos asiáticos os que têm maior vontade de proteger as suas invenções internacionalmente (Grupo Mitsubishi) e maior intensidade de citações (Grupo Samsung).

Tendo em conta a qualidade das publicações científicas das energias renováveis *offshore*, os autores de países asiáticos, apesar do crescente número de publicações dos últimos anos, são os que menos citações recebem dos seus artigos. Por outro lado, os autores americanos e europeus, são os que detêm os artigos com mais citações e consequentemente considerados mais valiosos para novo conhecimento científico.

O presente estudo tem como contributo principal a proposta de uma visão global das energias renováveis *offshore*, fornecendo uma caracterização do setor através da agregação das vertentes tecnológica e académica num único trabalho. Esta visão agregada será relevante na definição de estratégias ou decisões políticas. Verificam-se, porém, lacunas ou possibilidades de aprofundamento do estudo feito. O refinamento de *keywords* através de literatura de referência poderia ter sido complementado se se recorresse a peritos, o que

traria uma maior robustez a toda a análise. Numa continuidade deste estudo, poderia acrescentar valor o enquadramento das energias renováveis offshore enquanto transição profunda do sistema energético. Esta transição poderá ser explorada através do comportamento e direção dos sistemas sociotécnicos que influenciam e promovem vários desenvolvimentos (Kanger & Schot, 2019), não só a nível tecnológico e científico como abordamos neste estudo, mas também a nível cultural ou da criação de valor, entre outros. Numa perspetiva de relação entre ciência e tecnologia, também seria interessante perceber como as publicações científicas influenciam a produção tecnológica. Analisar mais indicadores de tendências e qualidade também iria robustecer a investigação, permitindo obter mais conclusões. Estando as energias renováveis *offshore* dentro de um nicho das energias renováveis, coexistindo e competindo com a energia obtida através de combustíveis fósseis, seria interessante perceber melhor o contexto político e macroeconómico que influencia estes dois regimes. Futuras análises também se poderiam focar nos impactos ambientais e sociais destas tecnologias, pois foram poucos os estudos encontrados sobre esses impactos.

BIBLIOGRAFIA

- Angelucci, S., Hurtado-Albir, F. J., & Volpe, A. (2018). Supporting global initiatives on climate change: The EPO's "Y02-Y04S" tagging scheme. *World Patent Information*, 54, S85–S92. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2017.04.006>
- Bennett, N. J., Kaplan-Hallam, M., Augustine, G., Ban, N., Belhabib, D., Brueckner-Irwin, I., ... Bailey, M. (2018). Coastal and Indigenous community access to marine resources and the ocean: A policy imperative for Canada. *Marine Policy*, 87(November 2017), 186–193. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.10.023>
- Caraça, J., Lundvall, B.-åke, & Mendonça, S. (2009). The changing role of science in the innovation process: From Queen to Cinderella? *Technological Forecasting & Social Change*, 76(6), 861–867. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.08.003>

- Chang, P. L., Wu, C. C., & Leu, H. J. (2012). Investigation of technological trends in flexible display fabrication through patent analysis. *Displays*, *33*(2), 68–73. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2012.03.003>
- Conti, C., Mancusi, M. ., Sanna-Randaccio, F., Sestini, R., & Verdolini, E. (2018). Transition towards a green economy in Europe: Innovation and knowledge integration in the renewable energy sector. *Research Policy*, *47*(10), 1996–2009. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.07.007>
- Czarnitzki, D., Glänzel, W., & Hussinger, K. (2009). Heterogeneity of patenting activity and its implications for scientific research. *Research Policy*, *38*(1), 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.10.001>
- Daim, T. U., Rueda, G., Martin, H., & Gerdtsri, P. (2006). Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, *73*(8), 981–1012. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.04.004>
- EPO. (2016). *Finding sustainable technologies in patents*. Munich.
- European Commission. (2020). An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future. In *European Commission*. Brussels.
- Fagerberg, J. (2009). Innovation: A Guide to the Literature. In *The Oxford Handbook of Innovation*. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.003.0001>
- Farooq, M., Asim, M., Imran, M., Imran, S., Ahmad, J., & Rizwan, M. (2018). Mapping past, current and future energy research trend in Pakistan: a scientometric assessment. *Scientometrics*, *117*(3), 1733–1753. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2939-8>
- Godinho, M. M. (2007). Indicadores de C&T, inovação e conhecimento: onde estamos? Para onde vamos? *Análise Social*, *42*(182), 239–274. <https://doi.org/10.2307/41012467>
- Godinho, M. M. (2013). *Inovação em Portugal*. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Hille, E., Althammer, W., & Diederich, H. (2020). Environmental regulation and innovation in renewable energy technologies: Does the policy instrument

- matter? *Technological Forecasting & Social Change*, 153(August 2019), 119921. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119921>
- Huenteler, J., Schmidt, T. S., Ossenbrink, J., & Hoffmann, V. H. (2016). Technology life-cycles in the energy sector - Technological characteristics and the role of deployment for innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 104, 102–121. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.09.022>
- IRENA. (2018). Power system flexibility for the energy transition, Part 1: Overview for policy makers. In *International Renewable Energy Agency*. Abu Dhabi.
- IRENA. (2019). Global energy transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition). In *International Renewable Energy Agency*. Retrieved from https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA_Global_Energy_Transformation_2019.pdf
- IRENA. (2020a). Fostering a blue economy: Offshore renewable energy. In *International Renewable Energy Agency*. Retrieved from https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_Fostering_Blue_Economy_2020.pdf
- IRENA. (2020b). Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050 (Edition: 2020). In *International Renewable Energy Agency*. Abu Dhabi.
- IRENA. (2020c). Innovation outlook: Ocean energy technologies. In *International Renewable Energy Agency*. Abu Dhabi.
- Kanger, L., & Schot, J. (2019). Deep transitions: Theorizing the long-term patterns of socio-technical change. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 32(July 2018), 7–21. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2018.07.006>
- Kline, S. J., & Rosenberg, N. (1986). An Overview of Innovation. In R. Landau and N. Rosenberg (eds.). Washington, DC.
- Melikoglu, M. (2018). Current status and future of ocean energy sources : A global review. *Ocean Engineering*, 148(December 2017), 563–573. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.11.045>
- Ocean Energy Forum. (2016). *Ocean Energy Strategic Roadmap: Building Ocean Energy for Europe*. 74. Retrieved from <https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/en/frontpage/1036>

- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation* (4th editio). Paris/Eurostat, Luxembourg: OECD Publishing.
- OECD. (2009). OECD Patent Statistics Manual. In *OECD Patent Statistics Manual*. Retrieved from <https://doi.org/10.1787/9789264056442-en>
- OECD. (2019). Rethinking Innovation for a Sustainable Ocean Economy. In *OECD Publishing*. <https://doi.org/10.1787/9789264311053-en>
- Pavitt, K. (1988). Uses and Abuses of Patent Statistics. In A. F. J. Van Raan (Ed.), *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Ram, M., Aghahosseini, A., & Breyer, C. (2020). Job creation during the global energy transition towards 100 % renewable power system by 2050. *Technological Forecasting & Social Change*, 151(September 2018), 119682. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.06.008>
- Rusu, E., & Venugopal, V. (2019). Special issue “offshore renewable energy: Ocean waves, tides and offshorewind.” *Energies*, 12(1), 12–15. <https://doi.org/10.3390/en12010182>
- Sarker, S., Bhuyan, M. A. H., Rahman, M. M., Islam, M. A., Hossain, M. S., Basak, S. C., & Islam, M. M. (2018). From science to action: Exploring the potentials of Blue Economy for enhancing economic sustainability in Bangladesh. *Ocean and Coastal Management*, 157(March), 180–192. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.03.001>
- Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge: Harvard University Press.
- Schumpeter, J. (1943). *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper.
- Smith, P. A. (1986). Patents as sources of technology. *World Patent Information*, 8(2), 70–78. [https://doi.org/10.1016/0172-2190\(86\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0172-2190(86)90003-7)
- Squicciarini, M., Dernis, H., & Criscuolo, C. (2013). Measuring Patent Quality: Indicators of Technological and Economic Value. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, (03), 70. <https://doi.org/10.1787/5k4522wkw1r8-en>

- The Economist. (2019, November 28). Supplying clean power is easier than storing it. *The Economist*, p. 2. Retrieved from <https://www.economist.com/business/2019/11/28/supplying-clean-power-is-easier-than-storing-it>
- The Economist. (2020, September 19). 21st century power: How clean energy will remake geopolitics. *The Economist*, p. 103. Retrieved from <https://www.economist.com/weeklyedition/2020-09-19>
- The New York Times. (2019, February 12). The Tiny Swiss Company That Thinks It Can Help Stop Climate Change. *The New York Times Magazine*, p. 46. Retrieved from <https://www.nytimes.com/2019/02/12/magazine/climeworks-business-climate-change.html>
- Tseng, F. M., Hsieh, C. H., Peng, Y. N., & Chu, Y. W. (2011). Using patent data to analyze trends and the technological strategies of the amorphous silicon thin-film solar cell industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(2), 332–345. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.10.010>
- United Nations. (2015). *Paris agreement*. 27. Paris.
- Wilberforce, T., El, Z., Durrant, A., Thompson, J., Soudan, B., & Olabi, A. G. (2019). Overview of ocean power technology. *Energy*, 175, 165–181. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.068>
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>