



INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Energia Eólica: o estudo de caso das ilhas artificiais dinamarquesas

Tomás Martins Carvalho Ferreira de Gouveia

Mestrado em Governação e Sustentabilidade do Mar

Orientador(a): Cátia Miriam Costa
Investigadora e Professora Auxiliar Convidada
ISCTE-IUL
Centros de Estudos Internacionais

Co-Orientador(a): Pedro Quartin Graça
Investigador e Professor Auxiliar
ISCTE-IUL

Maio, 2023

Escola de Ciências Sociais e Humanas

Energia Eólica: o caso de estudo das ilhas artificiais dinamarquesas

Tomás Martins Carvalho Ferreira de Gouveia

Mestrado em Governação e Sustentabilidade do Mar

Orientadora: Cátia Miriam Costa
Investigadora e Professora Auxiliar Convidada
ISCTE-IUL
Centro de Estudos Internacionais

Co-Orientador: Pedro Quartin Graça
Professor e Investigador Auxiliar
ISCTE-IUL

Maio, 2023

Dedicatória

Dedico o presente trabalho, à mãe Natureza e a todos os que se empenham ativamente, no terreno e ao nível da investigação científica, na sua preservação.

Agradecimentos

À minha orientadora Pra. Dra. Cátia Miriam Costa, que com grande espírito de partilha, disponibilizou todo o seu tempo e conhecimento, abrindo-me portas para que o meu pensamento pudesse voar e ver mais além.

Ao meu tio, Pr. Dr. Gonçalo Gouveia, expresso toda a minha profunda gratidão, por todo o apoio, paciência e conhecimento partilhado.

Agradeço ao coorientador e diretor do mestrado, Pr Dr. Pedro Quartin Graça, pela disponibilidade e atenção demonstrados, ao longo destes dois anos.

À minha mãe, agradeço as infinitas horas passadas a ouvir a revisão do trabalho, a confiança transmitida e o amor incondicional.

O meu particular agradecimento a grandes amigos, em especial ao Filipe Nóbrega, que em bom tempo, contribuiu ativamente para gestão de dados e construção de gráficos, alusivos aos mesmos.

Aproveito para agradecer também ao ISCTE, faculdade que me acolheu e que disponibilizou, ao longo destes dois anos, profissionais dignos de menção, que contribuíram para a materialização deste trabalho.

Ao entrevistado Sr. Coronel Eduardo Caetano de Sousa, o meu muito obrigado pela oportunidade dada e conhecimento transmitido.

Resumo

Numa altura em que as tensões geopolíticas se agravam e complexificam, é de toda a relevância abordar a questão energética, tendo em especial atenção, o impacto destas novas variáveis a um nível macroscópico e num âmbito social e político europeu, inserido num cenário global.

É, assim, fundamental garantir que as apostas em soluções propostas como ecologicamente favoráveis, correspondem efetivamente, a soluções eficientes, a médio e longo prazo. Para viabilizar esta abordagem, optou-se por estudar uma situação que é possível considerar exemplar, mediante a garantia de níveis de sustentabilidade e práticas de governação viáveis.

O caso abordado corresponde, precisamente, a uma das vertentes da aposta energética renovável, a energia eólica *offshore*, privilegiada pela existência do Mar do Norte, no contexto europeu e fonte crucial para as aspirações da União Europeia.

O caso de criação das ilhas artificiais dinamarquesas, apresenta-se mais uma solução no combate às alterações climáticas e à instabilidade geopolítica atual, justificando-se, assim, averiguar o contributo das mesmas, para o cumprimento desta medida.

Palavras-chaves: energia eólica, renovável, ilhas energéticas, cooperação energética e geopolítica

Abstract

At a time when geopolitical tensions are getting worse and more complex, it is extremely important to address the energy issue, paying special attention to the impact of these new variables at a macroscopic level and in a European social and political context, within a global scenario.

It is, therefore, essential to guarantee that the bets on solutions proposed as ecologically favorable, effectively correspond to efficient solutions, in the medium and long term. To make this approach viable, it was decided to study a situation that can be considered exemplary, by guaranteeing levels of sustainability and viable governance practices.

The case dealt with corresponds, precisely, to one of the aspects of the commitment to renewable energy, offshore wind energy, privileged by the existence of the North Sea, in the European context and a crucial source for the aspirations of the European Union.

The case of the creation of Danish artificial islands presents yet another solution in the fight against climate change and the current geopolitical instability, thus justifying the investigation of their contribution to the fulfillment of this measure.

Keywords: wind energy, renewable, energy islands, energetic cooperation and geopolitics

Índice

Introdução	1
Capítulo I	4
Vento, Mar e Energia	4
1.1. Energia Eólica <i>Offshore</i>	4
1.1.1. Enquadramento Histórico	4
1.1.2. Conceitos Base	6
1.2. Energia eólica <i>offshore</i> na União Europeia - Evolução	16
1.2.1. Produtividade.....	16
1.2.2. Viabilidade	20
1.2.2.1. <i>Offshore vs Onshore</i>	21
1.2.2.2. Custo-Benefício	22
1.2.2.3. <i>Hubs</i> eólicos <i>offshore</i>	24
1.2.2.4. Alterações Climáticas	26
1.2.2.5. Energia eólica e o seu impacto ambiental	28
1.3. Políticas energéticas europeias para o setor energético (Agenda Europeia).....	31
1.4. North Sea Wind Power Hub	33
1.4.1. Enquadramento geral do Mar do Norte.....	33
1.4.2. Consórcio NSWPH e Dogger Bank.....	34
1.4.3. Condições de viabilidade atuais	36
1.4.3.1. Base do projeto.....	36
1.4.3.2. Custo-Benefício	39
1.4.3.3. Integração do <i>Hub</i> num modelo de governança e governação - enfoque no contexto dinamarquês	45
1.4.3.4. Impactos ecológicos	51
Capítulo II	55
Revisão de Literatura	55
2.1. Metodologia.....	55
2.2. Operacionalização Conceptual	56
2.3. Estudo de caso: caso das ilhas artificiais dinamarquesas	64
Capítulo III	68

Caso das Ilhas artificiais dinamarquesas	68
3.1. Enquadramento geográfico dinamarquês	68
3.2. Contextualização do setor energético na Dinamarca	72
3.3. Políticas externas dinamarquesas relacionadas com a questão energética	78
3.3.1. Quadro legal	78
3.3.2. Leis dinamarquesas para a proteção ambiental	81
3.4. Processo de implementação do projeto	82
3.4.1. Conceptualização do projeto	82
3.4.2. Viabilidade do projeto	86
3.4.2.1. Ilha artificial do Mar do Norte	86
3.4.2.2. Ilha artificial do Mar Báltico	94
Capítulo IV.....	100
Discussão de resultados	100
Conclusão	106
Fontes	109
Bibliografia	111
Anexos.....	120

Glossário de siglas

AAE	-	Avaliação Ambiental Estratégica
BEMIP	-	Plano de Interconexão do Mercado Báltico de Energia
CA	-	Corrente Alternada
CC	-	Corrente Contínua
CE	-	Comissão Europeia
CFRP / PRFC	-	Polímeros reforçados com fibra de carbono
CGCM	-	Modelos climáticos globais acoplados
CHP	-	Produção Combinada de Calor
CLCS	-	Comissão dos Limites da Plataforma Continental
CNDUM	-	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
DEA	-	Agência dinamarquesa de energia
DKK	-	Coroa Dinamarquesa
ECS	-	Projeto de Extensão da Plataforma Continental
GFRP / FRFV	-	Plástico com reforço de fibra de vidro.
GEE	-	Gases efeito de estufa
HVAC	-	Corrente alternada de alta tensão
HVDC	-	Corrente contínua de alta tensão
H2	-	Hidrogénio
IMO	-	Organização Internacional Marítima
IRENA	-	Agência Internacional para as Energias Renováveis
LCOE	-	Custo líquido médio de produção elétrica
NATO / OTAN	-	Organização do Tratado do Atlântico Norte
NGO	-	Rede <i>offshore</i> do Mar do Norte
NSWPH	-	Consórcio <i>North Sea Wind Power Hub</i>
OCDE	-	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
OEH	-	<i>Hub</i> energético <i>offshore</i>
O&M	-	Operação & Manutenção
ONU	-	Organização das Nações Unidas
PNEC	-	Planos Nacionais de Energia e Clima
PTX	-	<i>Power-to-x</i>
TSO	-	Operadoras do Sistema de Transmissão
UE	-	União Europeia
ZEE	-	Zona Económica Exclusiva

Introdução

A presente dissertação visa aferir qual o panorama atual das Energia Eólica *Offshore* na Europa, bem como as políticas energéticas que as sustentam. É essencial referir que a questão energética é um fator fundamental na atualidade política/económica no quadro europeu, devido ao facto da potencial escassez de recursos a curto prazo, fator esse consideravelmente agravado pelo atual panorama geopolítico de instabilidade, causado pela localização geográfica desfavorável dos recursos energéticos essenciais, combinado com o facto dos mesmos, neste momento, serem alvo de monopólios, como iremos justificar ao longo da nossa dissertação. Neste cenário, justifica-se colocar a seguinte pergunta: Qual o contributo das Ilhas artificiais dinamarquesas no futuro energético da Europa?

O meu percurso começou com um gosto ímpar por uma carreira naval na área da pilotagem, que evoluiu devido aos vários desafios que me apresentaram com o interesse atual na área, não só da Gestão, mas também da logística naval. Sendo este o motivo condutor, apercebi-me da importância de abordar questões paralelas multidimensionais e relacionadas com assuntos marítimos através de diferentes contribuições disciplinares e metodológicas das mais diversas áreas científicas inerentes ao mestrado em questão. Evitando uma abordagem excessivamente condicionada a aspetos técnicos, fui levado a alargar a minha pesquisa para questões mais estratégicas e diretamente ligadas com um cenário atual.

O contributo que considero trazer à questão em apreço assenta na inter-relação entre realidades que usualmente não são colocadas em diálogo devido a abordagens centradas numa grande especialização. Falo concretamente das questões de implementação das ilhas artificiais dinamarquesas, que estão inseridas num contexto particular, nem sempre mencionado em todas as facetas que lhe são relevantes. Conforme se poderá constatar ao longo do nosso trabalho, existe literatura especializada e relevante para profissionais da área, nomeadamente, contextos económicos, ambientais, políticos e energéticos. A título de exemplo, irei abordar a questão das ilhas artificiais dinamarquesas, não apenas através das abordagens mencionadas anteriormente, mas igualmente e em diálogo com a vertente jurídica.

Desta forma, para respondermos à pergunta base da dissertação, surgem perguntas secundárias como corolário:

- Qual o processo de implementação das ilhas artificiais dinamarquesas e o seu possível impacto no status quo dinamarquês?
- O que diferencia o projeto de criação das ilhas artificiais dinamarquesas de outras iniciativas do setor eólico em solo europeu?

A dissertação será então composta da seguinte forma: Inicialmente iremos fazer uma abordagem sobre o conceito base da energia eólica *offshore*, a sua evolução, viabilidade, produtividade e presença em solo europeu. Posteriormente, passaremos à análise da interconexão elétrica na Europa e atuais políticas energéticas a ter em conta no setor. Por fim, finalizada a análise do setor *offshore* eólico na Europa, iremos proceder na antecâmara do estudo de caso, ao estudo do projeto europeu denominado *North Sea Wind Power Hub*, que tem como foco a criação de um complexo de ilhas energéticas no mar do Norte, até 2050. O estudo do mesmo servirá como “pontapé-de-saída” para o caso da criação das ilhas artificiais dinamarquesas e o seu enquadramento mediante ações e contextos nacionais e regionais europeus. O seu estudo permitirá não só integrar a Dinamarca no contexto de projetos europeus, bem como servir de guia para a abordagem de variáveis a ter em conta para o objeto de estudo.

Feita a análise do contexto das energias eólicas *offshore* em solo europeu, daremos enfoque ao objeto de estudo, as ilhas artificiais dinamarquesas, procurando entender o seu enquadramento no contexto dinamarquês e europeu, bem como o seu processo de implementação, níveis de produção, distribuição e custos associados. O estudo das ilhas artificiais irá permitir um melhor entendimento das mesmas enquanto solução sustentável, com possível abrangência futura, podendo a sua criação ter um papel inovador na transição verde proposta na agenda da União Europeia.

Capítulo I

Vento, Mar e Energia

1.1. Energia Eólica *Offshore*

1.1.1. Enquadramento Histórico

“O vento é uma força indomada e desatrelada” - Abraham Lincoln

Há milhares de anos que a Humanidade dá uso à energia eólica. Outrora o uso desta energia era destinado a impulsionar barcos ao longo do rio Nilo, a bombear água através de noras simples movidas a vento na China ou moer grãos a partir de moinhos localizados na Pérsia e Médio Oriente. O seu desenvolvimento espalhou-se pelo mundo, adaptando-se às necessidades locais e ajudando na sua sobrevivência. Desde o tempo dos Cruzados, que trouxeram esta tecnologia para a Europa, aos imigrantes deste Continente, que a propagaram por todo o Hemisfério Ocidental, o seu desenvolvimento teve um impacto enorme na sociedade ao longo dos séculos.¹ A popularidade da energia eólica sempre esteve condicionada das oscilações do preço de outros combustíveis fósseis. Exemplo disso foi durante a Segunda Guerra Mundial, o interesse na aposta em turbinas eólicas, que se desvanece no período seguinte, com a queda dos preços dos combustíveis. Contudo os papéis viriam a inverter-se com a crise do petróleo na década de 1970's. (Bilgili et al., 2011)

A invenção do gerador elétrico na década de 1830, serviu de ponto de partida para uma nova aposta na produção de eletricidade, a energia eólica, e criou um vetor de interesse na energia eólica. O surgimento da primeira turbina eólica deu-se há mais de um século. A primeira produção de energia eólica teve lugar no Reino Unido e Estados Unidos entre 1887 e 1888, porém considera-se que a energia eólica moderna foi efetivamente desenvolvida pela primeira vez na Dinamarca, com a construção de turbinas eólicas de eixo horizontal em 1891. (*Wind @ Wwww.Irena.Org*, n.d.)

Segundo (Kapsali & Kaldellis, 2012) o primeiro conceito documentado de turbinas eólicas *offshore* foi desenvolvido na Alemanha por Hermann Honnef em 1932. Já o primeiro conceito de parque eólico *offshore* a larga escala só viria a ser desenvolvido anos mais tarde por Prof. William E.Heronemus, ao largo da costa de Massachusetts em 1972, sem nunca ter vindo a ser instalado. Trata-se da mais conhecida tentativa de contributo norte americano neste setor em modo *offshore*. Será necessário esperarmos até 1990 para termos a primeira instalação

¹¹ (*History of Wind Power - U.S. Energy Information Administration (EIA)*, n.d.)

de testes de energia eólica *offshore* criada na Suécia e um ano mais tarde, em 1991, o primeiro parque eólico offshore comissionado pela Dinamarca.

Desde então a aposta neste recurso tem vindo a crescer, com outros países a entrarem na corrida, muito devido às aspirações comerciais da indústria eólica europeia em apostar no oceano, visando-o como uma solução viável para os indícios de escassez que já iam estando presentes em terra (*onshore*).

Países como o Reino Unido e Países Baixos juntaram-se assim à Dinamarca e Suécia numa aposta e investimento constantes, com a criação de inúmeros projetos de maior porte, tentando alcançar maiores níveis de produção. Aliada a esta aposta, dá-se o projeto de demonstração de *Middelgrunden* na Dinamarca, que permitiu alertar para certos parâmetros e prevenir certos erros. *Middelgrunden* abriu caminho para dois projetos maiores de energia eólica offshore, *Horns Ver I* em 2002 e *Nysted* em 2003. Contudo a implementação dos mesmos gerou custos superiores aos esperados, devido a falhas técnicas e a uma repetida exposição das turbinas a condições meteorológicas adversas. Tal situação levou a que só um dos planos viesse a ser implementado em 2005. Todavia esta experiência serviu de alerta e de exemplo para o futuro, e foram implementados estudos que permitissem identificar causas do problema e prevenissem a geração eólica futura. Tal foi concretizado com a criação de 13 novas instalações comerciais de parques eólicos offshore entre 2008 e 2009. Desde então, o desenvolvimento tem sido gradual e em 2010, 96% dos parques eólicos offshore globais localizavam-se em águas europeias, com 85% da capacidade de produção instalada em países como Reino Unido, Dinamarca e Países Baixos. Neste cenário desenha-se um interveniente destacado, a Dinamarca.

Para enquadrar o momento atual considera-se particularmente relevante focar sobre os últimos quatro anos. Um primeiro fator que contribui para o seguimento desta conclusão são as alterações profundas no cenário sociopolítico. É de mencionar em primeiro lugar a questão da mudança de entendimento sobre as alterações climáticas, que voltaremos a referir mais adiante, tanto ao nível das lideranças como da opinião pública. Em segundo lugar, a questão da emergência global relativa ao COVID-19. Em terceiro lugar, o novo entendimento da fragilidade do Ocidente face a novas ameaças, nomeadamente militares. (Kuzemko et al., 2022)

Um segundo fator, depende de um ponto de vista económico e, nesse contexto, identificámos duas questões. Primeiramente a questão dos combustíveis fósseis invoca um cenário histórico que poderá ter interesse para a abordagem da situação atual. Referimo-nos à “crise do petróleo” de 1973, quando os produtores tomam o controlo da situação e impõem as suas regras, fazendo oscilar os preços de mercado. Fazendo o paralelismo com a situação atual encontramos fatores semelhantes em jogo, particularmente os riscos das fontes energéticas se encontrarem fora do espaço próprio dos consumidores, colocando a Europa, neste caso, numa posição extremamente vulnerável. Artigos publicados em órgãos de

comunicação social de grande impacto, como a *Forbes*² e a *Fast Company Middle East*³, permitem salientar este ponto de vista, apresentando argumentos válidos. Uma segunda questão deriva da crise provocada pelo COVID-19. Novamente, é uma questão diretamente ligada a um fenómeno inflacionário que nos afeta com consequências globais (R. Li et al., 2022).

Em face da realidade exposta e dos elementos elencados, continua a justificar-se a escolha da estrutura da dissertação, delineada previamente, passando-se para o desenvolvimento dos conceitos base.

1.1.2. Conceitos Base

Para melhor entendimento do conceito de energia eólica *offshore* e da sua envolvência, este subcapítulo elenca uma série de conceitos base, cruciais para o desenvolvimento da nossa dissertação, fazendo uma repartição dos mesmos em duas categorias: conceitos primordiais e conceitos técnico - jurídicos, respetivamente.

Conceitos Primordiais

A energia é uma grandeza física que se relaciona com a capacidade de produção de ação ou movimento, geralmente categorizada em energia cinética ou potencial (definição utilizada na área da engenharia). Dentro destas, podemos ainda incluir energias como: térmica, radiante, química, elétrica, de movimento, sonora, elástica e gravitacional (*Wind Energy Basics* | *WindEurope*, n.d.). No nosso trabalho, a ênfase recai na energia cinética presente no vento, que é utilizada pelas turbinas para a conversão em energia mecânica. A maior parte das vezes essa energia é utilizada posteriormente sob a forma de eletricidade.

O vento, como parte integrante da energia eólica *offshore*, define-se pela deslocação de gases atmosféricos em grande escala causada pelas diferenças de pressão atmosférica. A sua ação dá-se devido a três fatores: o aquecimento da atmosfera em função da luz solar, a rotação da terra; e as irregularidades da superfície terrestre. Quanto maior for diferença de pressão, mais rápido o ar flui e mais forte o vento se torna. (*Wind Energy Basics* | *WindEurope*, n.d.)

A energia renovável define-se como uma energia derivada de fontes naturais, caracterizada por existir em grande abundância e presente ao nosso redor. O seu

² *Today's Inflation Is Comparable To The 1973 Oil Crisis*, n.d.)

³ (Is the 1973 Oil Crisis Back? How Will It Impact the Middle East? - *Fast Company Middle East* | *The Future of Tech, Business and Innovation.*, n.d.)

reabastecimento é superior ao seu consumo e a sua produção gera menor libertação de gases de efeito estufa, quando comparada à libertação presente nos combustíveis fósseis. No caso da energia eólica, a mesma aproveita energia cinética do ar em movimento usando grandes turbinas eólica, *onshore* ou *offshore*⁴ (*What Is Renewable Energy?* | *United Nations*, n.d.), que irão captar esta energia e convertê-la em eletricidade AC⁵. O seu transporte é efetuado por meio de cabos subterrâneos que ligam as turbinas a uma subestação, onde a tensão é modificada para que possa ser alimentada na rede central e aproveitada pelos consumidores (*Wind Energy Basics* | *WindEurope*, n.d.).

Conceitos Técnico - jurídicos

A abordagem de conceitos técnico-jurídicos dentro dos limites que permite a natureza desta dissertação revela-se indispensável neste momento.

Para ilustrar como a indústria entende parque eólico citamos aqui a definição recolhida em (*Wind Farms: How They Work, Types, and Advantages* | *Repsol*, n.d.), que a define como uma área de vários quilómetros quadrados que alberga uma série de turbinas eólicas que, como mencionado anteriormente, aproveitam os ventos de terra ou mar, para gerar eletricidade que será posteriormente fornecida para consumo. Outra possível definição que pode ser empregue ao conceito de parque eólico, segundo (Nikitas et al., 2020), passa por o definir como uma usina que contém todas as instalações necessárias para captar a energia e transformá-la em eletricidade para posterior fornecimento à rede elétrica principal.

Um *hub* energético é considerado uma unidade onde vários transportadores de energia podem ser convertidos, armazenados ou condicionados, e representa uma interface entre diferentes tipos de infraestruturas de energia e cargas. A energia armazenada dentro do *hub* é convertida e condicionada, fazendo uso de tecnologia combinada de calor e energia, transformadores, compressores, entre outros (Geidl et al., 2007).

O conceito de *hub-and-spoke*, num contexto de offshore eólica, foi importado de outras áreas, tendo-se associado a projetos internacionais, com foco na transição verde e mudança no paradigma atual energético. A integração do mesmo, irá permitir uma mudança, não só ao

⁴ *Onshore* - Em terra
Offshore - No mar

⁵ AC - corrente alternada - corrente elétrica cujo sentido varia no tempo e em sentido inverso à corrente contínua, permanecendo constante ao longo do tempo - Esta distinção será importante quando adiante referirmos a questão da mudança de corrente.

nível da transmissão, como ao nível da interconexão e possível conversão de eletricidade. As conexões elétricas atuais são tipicamente separadas e distintas, conectando por um lado os parques eólicos à costa, por outro realizando as interconexões entre países. Baseando-se num projeto híbrido, o conceito de *hub-and-spoke* pretende tornar o processo mais eficiente, propondo uma conexão direta entre parques eólicos e os vários países integrados nesta cooperação. A integração deste conceito, num enquadramento atual, terá um impacto tanto num contexto técnico, alternado a corrente CA para CC⁶, como num contexto de relações internacionais, onde a cooperação internacional irá desempenhar um papel fundamental na integração e implementação de projetos a larga escala, nomeadamente na Europa (*Key Concepts | North Sea Wind Power Hub*, n.d.)

O conceito de *Power-to-X* ou PTX, como será descrito no decorrer da investigação, está diretamente relacionado com a produção de hidrogénio, principalmente hidrogénio verde⁷, quando associado ao setor eólico. O hidrogénio pode ser usado para produzir eletricidade (*power-to-power*), ser injetado em gasodutos (*power-to-gas*), abastecer usinas de gás natural, produzir biocombustível de segunda geração (*power-to-fuel*) ou até mesmo ser utilizado como combustível de transporte (*power-to-mobility*) (Loisel et al., 2015). Baseando-se nas mais diversas formas utilização por parte do hidrogénio, o conceito de PTX evolui em torno da conversão de energia em produtos químicos denominados de “X”, oferecendo um tipo de armazenamento diferente e vasto.

O uso de tecnologias como a eletrólise da água irão permitir a produção de hidrogénio e oxigénio, ambos produtos renováveis que permitem descarbonizar os atuais usuários de energia que operam com combustíveis fósseis. Segundo (Nady et al., 2022) o uso de eletricidade renovável para a produção de hidrogénio através de eletrólise da água está no centro da maioria dos conceitos PTX. O mesmo estudo afirma que o hidrogénio pode ser utilizado como transportador final de energia ou convertido noutra fonte, mas alerta para o desacordo que possa existir no uso deste processo na rede elétrica, dado ao facto da eletricidade gerada a partir de combustíveis fósseis compor uma parcela significativa da maioria das redes elétricas nacionais. Acrescenta ainda o facto do método PTX não beneficiar de economias de escala, quando comparado aos processos tradicionais, conduzindo a um aumento dos níveis de investimento.

⁶ CC - Corrente contínua - trata-se de uma corrente linear que quando comparada a CA, a energia desta consegue ser mais consistente em termos de entrega e tensão.

⁷ Tipo de hidrogénio obtido por meio de um processo químico (eletrólise), possivelmente obtida a partir de energias renováveis e que será aprofundada posteriormente, no subcapítulo relativo à viabilidade da energia eólica *offshore*.

No que diz respeito ao enquadramento do PTX a nível *offshore*, este pode ser introduzido por meio de um processo de dessalinização, como descreve (*Key Concepts | North Sea Wind Power Hub*, n.d.) .

“Os Oceanos são o nosso grande laboratório para a construção de uma nova ordem internacional, baseando-se em novas formas de cooperação e organização, numa nova teoria económica, numa nova filosofia” - Elisabeth Mann Borgese

A presente citação, proferida pela denominada “Mãe dos Oceanos”, elucida-nos para a importância do Oceano no presente e futuro da Humanidade, salientando o papel da governação do Oceano no status quo atual, fazendo jus ao seu envolvimento no desenvolvimento económico, progresso social e responsabilidade ambiental. O entendimento da definição de governação do Oceano é vasto e plurivalente, contudo, para a presente dissertação, considerou-se o conceito expressado por (Pyc, 2016), que o define como o processo necessário para sustentar a estrutura e as funções do ecossistema, havendo uma necessidade de coordenação entre os vários usos do oceano e a proteção do meio marinho.

A governação do Oceano requer leis e políticas, sejam elas internacionais, regionais ou nacionais, que permitam a utilização comum e racional do oceano, como um elemento de todos e para todos, integrando as mais diversas atividades em prol da justiça ecossistémica. Ainda com referência à autora, Elisabeth Mann Borgese, adequa-se neste contexto referenciar o volume de homenagem que lhe foi dedicado, *The Future of Ocean⁸ Governance and Capacity Development⁹*, livro esse que abarca artigos referentes, por exemplo à energia oceânica e lei dos oceanos e princípios de governação do Oceano, temas que se relacionam mais diretamente com esta investigação.

Neste momento impõe-se abordar um conjunto de questões específicas que são necessárias para um entendimento mais aprofundado da questão. A abordagem destas questões não se configura de um modo simples, uma vez que podem ser tratadas baseando-se em diferentes pontos de vista. Posto isto, considera-se crucial abordar os seguintes conceitos:

Segundo os dicionários gerais, a definição de governança parte de um sinónimo para governo e governação, sendo frequentemente retratada como “o ato de governar”. Perante um limite linguístico do inglês, a palavra *governance* dificulta a boa arbitragem entre múltiplas

⁸ A denominação de oceano e não oceanos, no plural, como é tradicionalmente designado, deriva do novo entendimento desta realidade face à conjuntura atual, particularmente na sua vertente ecológica, face à ação humana (*Oceano Ou Oceanos | EconomiaAzul*, n.d.) - (referida por alguns pela era do Antropoceno)

⁹ (Werle & Brooks, 2019)

definições para o mesmo termo (Nova Cidadania, 2014). Note-se que segundo o documento da Comissão Europeia Governança e Desenvolvimento (COM (2003) 615), o mesmo reconhece que não existe uma definição internacionalmente aceite do termo governança, contudo o uso do mesmo tem ganho notoriedade, havendo investigadores e comentadores que distinguem governança e governação mediante a ideia de que se trata de uma forma de governação mais alusiva a um tipo de administração transparente englobando toda a sociedade¹⁰.

Posto isto, poder-se-á dizer que a diferença de ambas reside num aparente ganho de transparência em relação à noção sancionada por séculos de governação, definindo-se governança como a articulação de interesses, gestão de recursos e exercício de poder na sociedade (Curado, n.d.). Outra atribuição dada à definição de governança retrata-a como *“uma arte ou maneira de governar que se propõe como objetivo atingir o desenvolvimento económico, social e institucional duradouro, promovendo um equilíbrio entre Estado, sociedade civil e mercado da economia”* (Nova Cidadania, 2014).

Perante esta diferença de entendimentos e após reflexão, optou-se por considerar uma diferença entre ambos os conceitos, atendendo a que o conceito de governança reporta-se a questões mais operacionais e concretas e o de governação implica um entendimento mais abrangente. É possível agora abordar questões alusivas aos tipos de governação:

A governação multiusos procura analisar a relação de diferentes níveis da governação e a interação entre os diversos atores, sejam eles estatais ou não estatais, podendo ser aplicado a quaisquer setores ou áreas, garantindo o desenvolvimento e boa aplicabilidade de novas políticas, por exemplo, nas interações entre administrações locais e a comissão europeia, para conceção de políticas de integração (Schiller, 2018). Ao longo da presente investigação, o conceito de governação multiusos será enquadrado numa análise de setores relativos ao mar e delimitado ao contexto marinho da UE, com um estudo mais aprofundado aos mares do Norte e Báltico.

Numa primeira análise a este conceito, é importante frisar a sua ligação ao desenvolvimento sustentável dos mares e Oceano, bem como à espinha dorsal que o compõe. Desenvolvimento económico, responsabilidade ambiental e progresso social em consonância com o crescimento azul, caracterizam-se por serem os pilares desta governação multiusos (Bloemer, 2007). O termo multiusos ligado ao mar, refere-se à proximidade espacial, sobreposição, simultaneidade ou interação económica, bem como coexistência, interdependência ou partilha de espaço oceânico por setores. Em síntese ao exposto acima e considerando o estudo realizado por (Przedzimirska et al., 2021), o multiusos acaba por ser um *“...agrupamento conjunto intencional de dois ou mais usos com a finalidade de usar a*

¹⁰ (Governança e Governação - Ciberdúvidas Da Língua Portuguesa, n.d.)

mesma infraestrutura e / ou usar recursos em proximidade geográfica.” Utilizando o setor energético offshore como exemplo, o artigo refere a criação de um parque eólico, projetado para captar, não só energia eólica, como também energia das marés, fazendo uso da mesma infraestrutura um caso multiusos, que procura beneficiar ambas as partes, tanto a nível de custos como de lucros. Relacionando o conceito multiusos ao nosso caso de estudo, as ilhas artificiais dinamarquesas apresentam-se como um exemplo semelhante ao anterior, com a possível integração do hidrogénio verde na sua capacidade de produção. Contudo, focando uma ótica ambiental é necessário averiguar como a construção da mesma influenciará outros mercados, fazendo-se uma análise da coexistência de ambos no meio em questão, de forma a garantir que a governação multiusos é garantida tanto para ambas as atividades, como para o próprio ecossistema.

Num contexto respetivo à UE, a definição de governação multiusos vem agregada à estratégia de Crescimento Azul iniciada pela Comissão Europeia. Esta estratégia passa por apoiar, a longo prazo, o crescimento sustentável dos setores marinho e marítimo, perspetivando a competição que existirá pelo espaço marinho nos mares europeus. A necessidade de soluções criativas e inovadoras que apoiem estas estratégias de governação são fundamentais na boa gestão, não só dos setores associados ao offshore, como também na preservação e bem-estar do oceano. Desta forma, o estudo levado a cabo por (Stuiver et al., 2016), apresenta-nos uma solução que vai ao encontro do conceito multiusos, anteriormente apresentado por (Przedzimirska et al., 2021), integrando dentro da mesma, o setor energético. O desenvolvimento de plataformas multiusos no mar (MUPS), referidas no artigo anterior, procuram combinar diversas atividades dentro de uma área marinha específica, fazendo uso do mesmo, de forma mais eficaz e assim colmatar problemas relacionados com reivindicações concorrentes desse mesmo espaço. Os artigos acima expostos, apresentam semelhanças na sua interpretação da definição de governação multiusos, que será aprofundada ao longo da nossa investigação, contudo ambos ostentam abordagens diferentes, em contextos distintos.

Como já retratado anteriormente, o Oceano tem ganho uma preponderância crescente como solução e aposta futura, principalmente em termos económicos e energéticos. Visto como uma fonte de crescimento económico, a aposta em estratégias oceânicas regionais e nacionais conduziram à priorização do desenvolvimento da economia oceânica. Contudo, alguns dos setores em causa, nomeadamente o energético, dependem dos ecossistemas marinhos para a incremento da sua economia, algo evidenciado pela UE, na transição

sustentável proposta, partindo de um “Crescimento Azul” para uma “Economia Azul”¹¹ (Gacutan et al., 2022).

A governação multiescalar, por sua vez, traduz a necessidade de uma definição de objetivos a longo prazo, devidamente articulados com a resposta e tomada de decisão. Trata-se de um conceito que implica pensar em organizações ou lugares, como parte de sistemas complexos, que interagem entre si, dando origem a ações coletivas (Pastor Escuredo, 2021). O conceito de governação multiescalar apresenta uma literatura díspar e vasta, havendo a necessidade de cingi-lo a um entendimento que consideramos o mais indicado para a presente investigação. Como tal, face ao papel preponderante que tem sido atribuído ao setor energético, a governação multiescalar apresenta-se como mais um conceito deveras importante no bom planeamento estratégico do Oceano, que exige um alinhamento de objetivos e metas políticas, que fornecem orientações sobre a forma de atuar, com o propósito de alcançar uma visão de relação entre o país e Oceano. Alguns destes acordos são datados por organizações internacionais e serão abordados em maior detalhe num capítulo referente aos mesmos a posteriori.

A identificação de lacunas e diretrizes consequentes da monitorização de estratégias e práticas de governação, contribuem para o futuro sucesso das mesmas, auxiliando na boa gestão de recursos a diferentes escalas, ou seja, do local para o global (“glocal”)¹² (Bringezu et al., 2016). As diferentes escalas podem ser entendidas como transformações sustentáveis, baseadas no impacto que a governação multiescalar terá nos diversos setores e indústrias, servindo como catalisador para uma mudança de paradigma e procurando implementar uma construção multiescalar, que abarca no seu cerne, sistemas locais e globais e alertas em tempo real para um planeamento a longo prazo (Pastor Escuredo, 2021). A colaboração e coordenação são bases essenciais neste tipo de governação, implicando uma necessidade de visão holística sobre o ecossistema envolvente, onde a interação dos intervenientes, dará origem a ações coletivas e consequentes dinâmicas, que visam maximizar benefícios sociais, económicos ou ambientais. O artigo (Espinosa-Romero et al., 2014) apresenta um caso interessante para o desenvolvimento do conceito de governação multiescalar, exemplificando a contribuição deste tipo de governação no setor da pesca. Estando o conceito, como verificado anteriormente, diretamente relacionado com uma gestão eficaz e racional de recursos, o estudo conduz-nos para uma abordagem no âmbito ecológico, nomeadamente quando alusivo aos recursos marinhos. A forte colaboração entre usuários e gestores,

¹¹ Economia Azul - A definição do seguinte conceito tem base uma citação proferida pelo *WorldBank*: “A economia azul representa o uso sustentável dos recursos oceânicos para o desenvolvimento económico, melhores meios de subsistência e empregos, e a saúde do ecossistema oceânico.” (6 de Junho de 2017)

¹² “glocal” - conceito utilizado atualmente na área da linguística para identificar situações que se referem simultaneamente ao âmbito local e global.

presente na governação multiescalar, permite fortalecer a relação entre instituições na combinação de escalas ecológicas e sociais (Berkes, 2010).

Com o agravamento das alterações climáticas, uma das razões base para a construção das ilhas artificiais dinamarquesas, a ideia de global passa estar presente em questões de governação, tendo implicações nos esquemas de avaliação e gestão, que abrangem múltiplas escalas, reforçando mais uma vez a ideia do local para o global (Cash & Moser, 2000). A aplicabilidade do conceito multiescalar tem um papel crucial no estudo, sobretudo da implementação das ilhas artificiais nas áreas do Mar do Norte e Báltico. Como será verificado no decorrer da investigação, os ecossistemas propostos para a construção das mesmas, detêm diversos setores e atividades a usufruírem dos mesmos. A presença de diversas atividades na área poderá ser um entrave na viabilidade do projeto, tanto a nível local como a nível regional (UE), havendo a necessidade de conformidade entre todos os envolvidos, sejam eles nacionais ou partes externas que estejam interessadas. Segundo (Adger et al., 2005), o processo de envolvimento e interesse de todos os envolvidos em manter ligações, são denominadas de interações de escala cruzada, uma vez que as manutenções dessas ligações detêm importância na gestão de recursos de uso múltiplo. O mesmo refere ainda que, o envolvimento de partes externas interessadas é inevitável, contribuindo para haja reivindicações sobre a gestão desses mesmos recursos.

Aliado aos tipos de governação apresentados acima, considera-se relevante enquadrar também como conceito base, a definição de coesão territorial, por meio do artigo (Bloemer, 2007). Segundo este, o conceito de coesão territorial é bastante complexo e alberga em si, não só o desenvolvimento impulsionado pelo mercado e conceção de políticas por parte de esferas institucionais, como juízos de valor de natureza normativa. Desta forma, o presente conceito parte na sua base do seguinte argumento que afirma “...*que um desenvolvimento mais equilibrado, ou policêntrico, pode ajudar a neutralizar os efeitos prejudiciais das concentrações da atividade económica á escala europeia*”. Um fornecimento de serviços igual para todas regiões na UE na procura de “justiça social”, foco na centralização da competitividade global da Europa em prol de uma redistribuição da mesma, obtenção de uma política horizontal, visando impactos espaciais de políticas setoriais europeias e a boa gestão ambiental, são parâmetros que, segundo o artigo, a serem consideradas num quadro político da UE, terão implicações no conceito em estudo e conseqüente desenvolvimento sustentável da região como um todo.

Em continuidade com o desenvolvimento anterior, *The Future of Ocean Governance and Capacity Development*, fonte que utilizamos anteriormente, serve-nos ainda para introduzir uma segunda secção onde abordar-se-á as questões jurídicas.

O desenvolvimento da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar¹³, adotada em Montego Bay, a 10 de dezembro de 1982, marca um ponto de viragem na História, estabelecendo pela primeira vez uma ordem jurídica para os mares e oceanos, facilitando as comunicações internacionais, o uso pacífico dos mares e oceanos, uma utilização equitativa dos seus recursos, a proteção e a preservação do meio marinho, assim como a delimitação e definição de zonas sobre os quais os Estados exercem direitos e deveres de soberania ou jurisdição (Mar Territorial, Zona Económica Exclusiva¹⁴, Plataforma Continental).¹⁵ A mudança de paradigma ditada pelo aparecimento da CNDUM, trouxe novas bases jurídicas (preocupações ecossistémicas, novos acordos internacionais) que passaram a aparecer vinculados a disposições de tratados, na busca global por mares sustentáveis e comunidades costeiras saudáveis (Sands P, 2012).

Contudo, não deixa de ser importante referir que o estatuto jurídico das bases é muitas vezes incerto, pelo simples facto de as mesmas serem juridicamente vinculativas ou meramente “*soft law*” (Werle & Brooks, 2019a). Aliada a esta incerteza, o Acordo de Paris, apesar de benéfico na ponderação de metas a longo prazo, pode ser descrito como uma abordagem discricionária e pouco preventiva para a mitigação das alterações climáticas, uma vez que distribui parte ampla do poder de decisão aos países (unfccc, 2015), algo que por vezes, limita o cumprimento de metas e objetivos. A aposta num Oceano sustentável é a grande preocupação atual, principalmente por organizações como a ONU, que pretendem elaborar possíveis elementos que visem novos acordos internacionais para a conservação e uso sustentável da biodiversidade marinha em áreas além da jurisdição nacional (Werle & Brooks, 2019a), agregando em si, uma governação oceânica que albergue os ecossistemas em redor da atividade pretendida e permita a existência de uma cooperação entre nações. Para um enquadramento jurídico na presente investigação, considera-se crucial uma abordagem à definição dos conceitos de ilha artificial e Plataforma continental.

A definição de conceito de ilha artificial não beneficia de nenhum documento oficial ou internacional no âmbito do direito internacional ou da CNUDM, que apenas prevê o direito de construção e utilização de ilhas artificiais como um resumo de direitos e deveres. São muitas as descrições e definições atribuídas às ilhas artificiais ao longo dos tempos. Contudo, segundo o artigo “*The Real Nature of Artificial Islands, Installation and Structures from*

¹³ Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM)

¹⁴ Zona Económica Exclusiva - ZEE

¹⁵ (Convenção Das Nações Unidas Sobre o Direito Do Mar (CNUDM) - Convenção Das Nações Unidas Sobre o Direito Do Mar (CNUDM) - Direção Regional de Políticas Marítimas - Portal, n.d.)

*Perspective of Law of the Sea*¹⁶, uma possível definição de ilhas artificiais, pode ser formulada de uma forma semelhante à atribuída a uma ilha natural¹⁷ e *mutatis mutandis*¹⁸, devido às suas parecenças. O mesmo artigo salienta o estatuto de “não natural” atribuído às ilhas artificiais, como algo criado pelo homem e não pela natureza, podendo esta não ser feita diretamente por um ser humano, mas a sua formação resultar de atividades que nela são executadas. No que diz respeito à própria instalação das ilhas, para fins de produção energética ou industrial, o artigo sublinha a importância da proteção da ecologia marinha em contraste com o seu status legal, jurisdição e controlo. Porém, tendo por base a CNUDM, o conceito de ilha artificial pode ser também equiparado ao conceito de “Rochedos”, que segundo o artigo 121º da Convenção¹⁹, não têm direito a ZEE ou Plataforma Continental.

Atendendo às observações apresentadas anteriormente, ainda existem lacunas numa Convenção, que apesar de abrangente no direito do mar, não tem uma jurisdição clara acerca das ilhas artificiais, tornando difícil o seu enquadramento, nomeadamente nas questões relativas à sua construção e consequentes impactos ecológicos que desta resultam. Esta lacuna na sua definição apresenta-se como uma fraqueza, que terá de ser tida em consideração na presente investigação, particularmente no estudo de caso e no seu dimensionamento técnico - jurídico.

O conceito de Plataforma Continental, ao contrário do conceito apresentado para as ilhas artificiais, tem uma definição bem delineada, no qual o Estado Costeiro pode estabelecer os limites exteriores da sua plataforma continental, constados no artigo 76º da CNUDM. A questão que se levanta acerca da Plataforma Continental, referente à sua integração na presente investigação, passa pelo aumento da mesma, proposto pelas Nações Unidas, que poderá ou não ter um impacto direto na implementação das ilhas artificiais dinamarquesas, algo que será averiguado no capítulo 3.

Contudo, este aumento não deixa de estar agregado a uma das questões nucleares que torna o Oceano tão “apetecível”. Os depósitos de recursos dos mares profundos representam, nos dias de hoje, uma ambição que as grandes nações pretendem adquirir, sobretudo com um propósito económico e comercial. Se no século passado, o acesso a estes recursos era improvável e uma realidade longínqua, hoje tornou-se uma realidade alcançável, por meio de uma tecnologia de extração, que outrora não existia (Werle & Brooks, 2019a). A globalização e a necessidade de aquisição de minerais raros são os grandes responsáveis por esta

¹⁶ (“The Real Nature of Artificial Islands, Installation and Structures from Perspective of Law of the Sea,” 2018)

¹⁷ Segundo a CNUDM, uma ilha natural é definida como “Uma ilha é uma área de terra formada naturalmente, cercada por água, que fica acima da água na maré alta”

¹⁸ *Mutatis mutandis* - pode ser interpretado como “mudando o que deve ser mudado”

¹⁹ (CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O DIREITO DO MAR E ACORDO RELATIVO À APLICAÇÃO DA PARTE XI DA CONVENÇÃO, n.d.)

evolução, muito devido ao estímulo causado pelo capitalismo e consumismo, algo que se pode afirmar com alguma segurança, ditarem o quotidiano da sociedade.

Averiguados os conceitos base, estamos agora em condições de contextualizar a energia eólica offshore no panorama europeu.

1.2. Energia eólica *offshore* na União Europeia - Evolução

1.2.1. Produtividade

A energia provinda de fontes renováveis na UE tem apresentado aumentos significativos nos últimos anos, duplicando o consumo final bruto de 8,5% em 2004 para 17,0% em 2017. Contudo, apesar das apostas em fontes de energia mais sustentáveis, 80% do fornecimento de energia atual, ainda tem como base combustíveis fósseis líquidos (Bórawski et al., 2020). Dentro desta aposta em energias renováveis, a energia eólica apresenta-se como uma das fontes promissoras mais destacadas.

Segundo dados apresentados pela Associação Europeia de Energia Eólica no ano de 2015, a mesma estimava que com um potencial de instalação eólico de 392 GWh, dos quais seriam 294 GWh seriam produzidos em parques eólicos *onshore* e os outros 98 GW em parques eólicos *offshore*, o setor eólico poderia vir a ser a maior fonte de produção energética na UE até 2030, ultrapassando outras fontes de energia como carvão e gás. No final do ano de 2014, a energia eólica já desempenhava um papel significativo no setor elétrico europeu, com uma capacidade instalada de 11.791 MW, superior à capacidade do carvão e gás juntos. Desde então, segundo dados divulgados pela *WindEurope*²⁰ em apenas uma década a energia eólica aumentou a sua produção anual na Europa em 34,8%, atingindo a sua capacidade máxima instalada em 2021, com um total de 17,4 GWh em novas instalações. Durante esse mesmo ano, a energia eólica gerou cerca de 437 TWh, o suficiente para cobrir 15% da procura de eletricidade da UE, com cerca de 12,2% gerados *onshore* e 2,8% *offshore*.

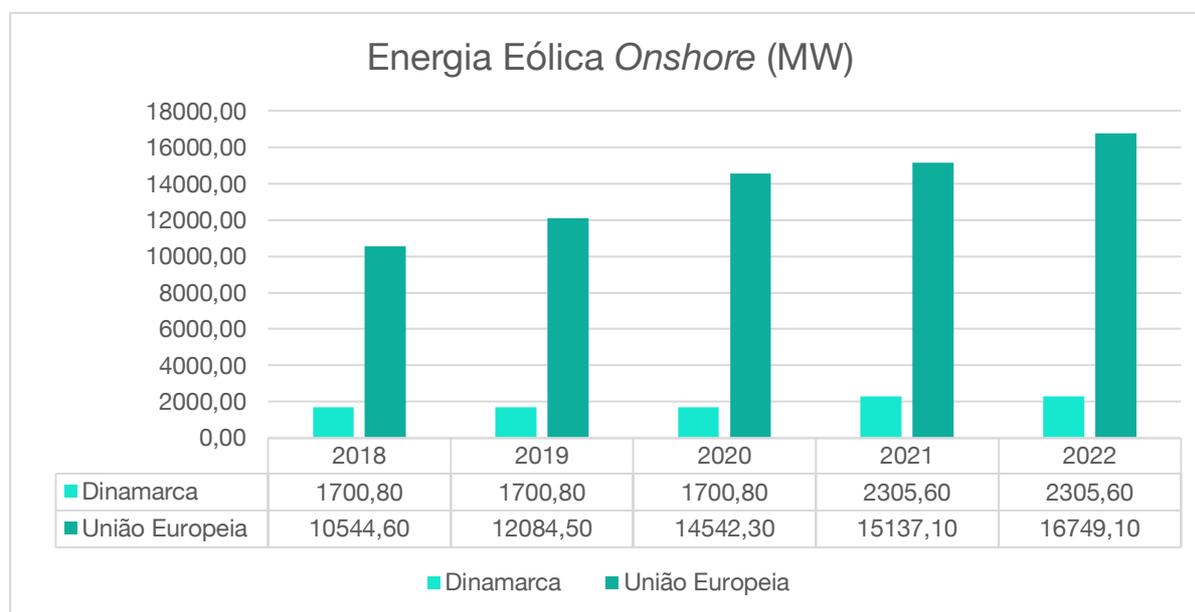
A escalabilidade da energia eólica teve um papel fundamental nestes aumentos de produção que se deram no início do século XXI, permitindo a ascensão da energia eólica como uma alternativa viável aos combustíveis fósseis para a produção de energia (Weiss, 2007). Atualmente a capacidade instalada de energia eólica presente na Europa ronda 235 GWh, repartidos entre 207 GWh *onshore* e 28 GWh *offshore*, equivalente a um aumento de 7,7% em relação ao ano de 2020.

No contexto evolutivo referente à energia eólica *offshore*, foram averiguados dados alusivos ao seu desenvolvimento acerca dos níveis de capacidade e produção, bem como

²⁰ (*WindEurope - the Voice of the Wind Energy Industry*, n.d.)

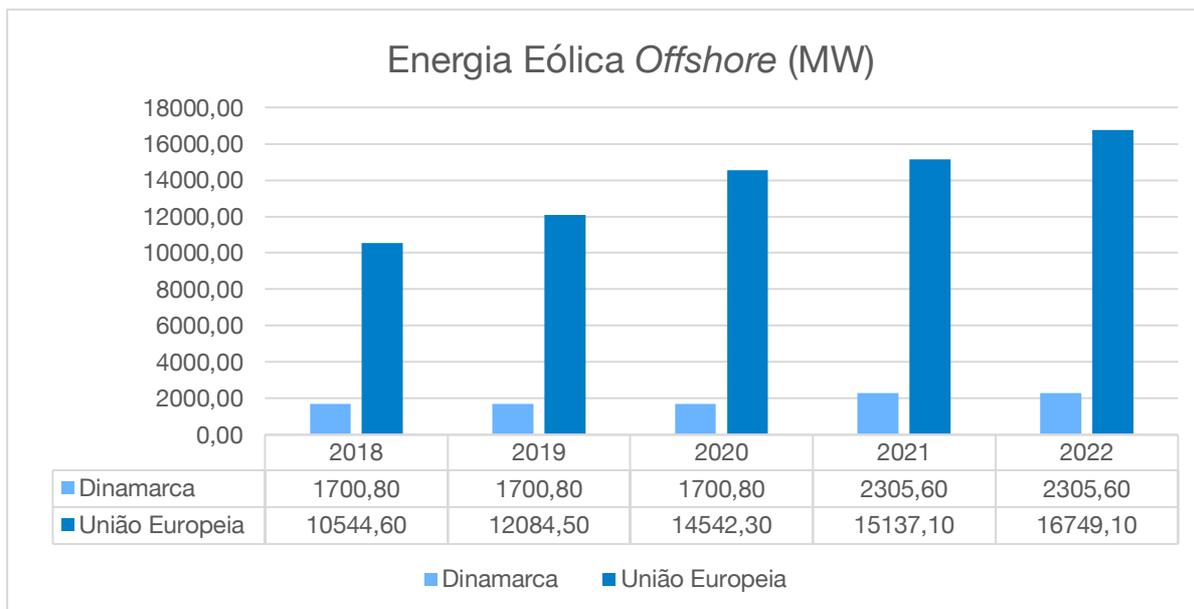
tiradas conclusões acerca dos mesmos. Segundo dados reportados no IRENA²¹, referentes ao período de 2013-2022, e atendendo à baliza temporal de 4 anos delineada anteriormente, as energias eólicas *offshore*, conseguiram desenvolver-se e aumentar as suas capacidades de produção na União Europeia. Desta forma, procedeu-se à realização de gráficos próprios, alusivos à capacidade instalada e capacidade de produção, baseados nos valores²² mais recentes, disponibilizados pelo IRENA, permitindo constatar o processo de evolução e comparação das energias eólicas *onshore* e *offshore*, tanto do prisma dinamarquês como do prisma europeu.

Capacidade instalada de eletricidade (MW) por região, país, tecnologia e ano

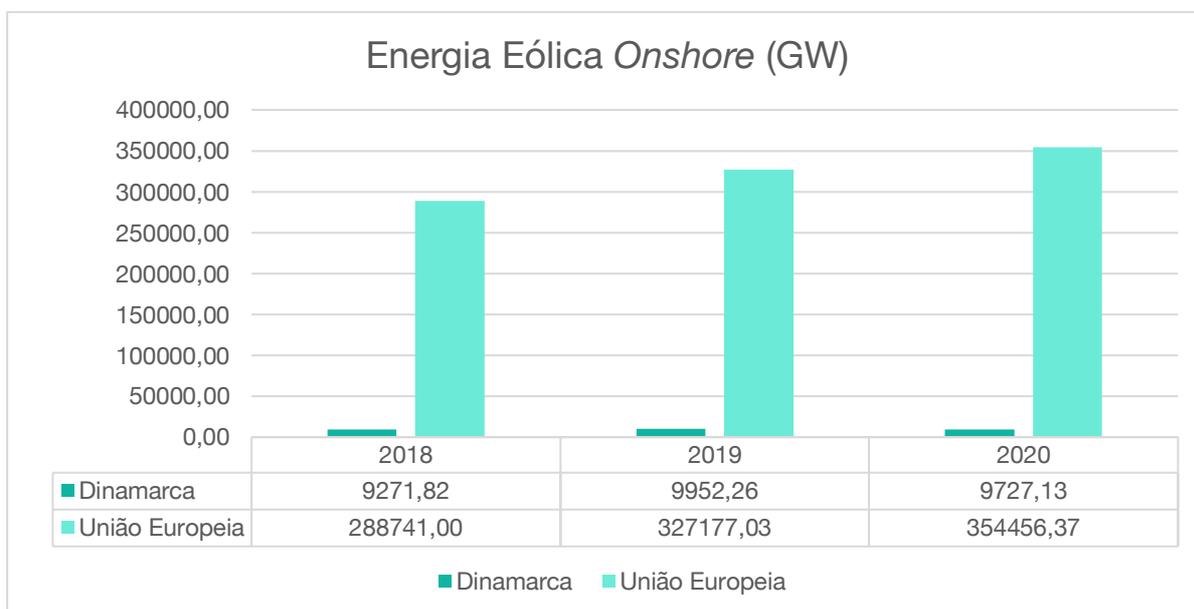


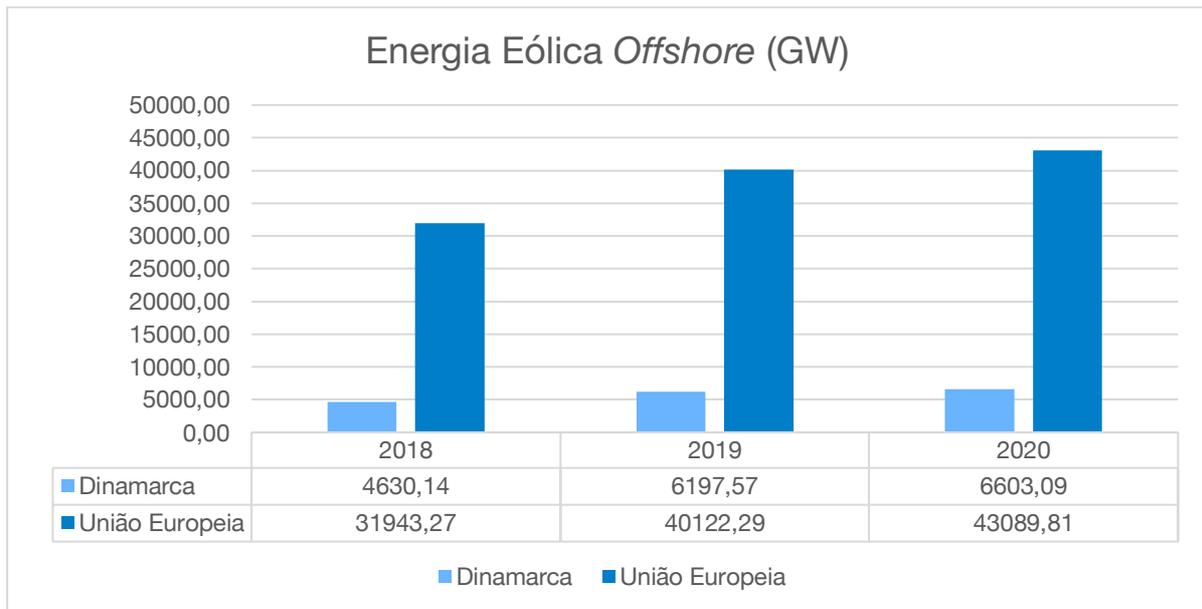
²¹ IRENA - Agência Internacional de Energia Renovável - organização intergovernamental que apoia países na sua transição para um futuro com base na energia sustentável, agindo como mediador para a cooperação internacional.

²² Os dados em causa, encontram-se no relatório estatístico (IRENA, 2023), tendo abrangência a outras fontes energéticas.



Capacidade de produção de eletricidade (GW/h) por região, país, tecnologia e ano





Olhando para o espectro dinamarquês, as energias eólicas, tanto *onshore* como *offshore*, têm-se desenvolvido nitidamente nos últimos anos, como podemos constatar nos gráficos acima apresentados. A capacidade instalada *offshore* dinamarquesa tem aumentado gradualmente, especialmente a partir do ano de 2020, pleno ano de pandemia Covid-19, que obrigou a um investimento no setor, de forma a colmatar dificuldades que surgiram na altura, ao contrário do *onshore*, que se manteve, relativamente constante nos últimos 4 anos. Assim, pode-se verificar que a Dinamarca acompanha o crescimento da UE, no que concerne à capacidade instalada de energia eólica *offshore*. No que se refere à capacidade de produção dinamarquesa, somente se encontram disponibilizados, dados alusivos até ao ano de 2020, contudo pode-se verificar que os mesmos acompanham o desenvolvimento da UE, particularmente a nível *offshore*, uma vez que a nível *onshore*, os valores decresceram, o que poderá ser representativo da aposta e preferência dinamarquesa, na energia eólica *offshore*. Neste seguimento, torna-se importante salientar o dia 6 de Março de 2021, uma vez que, ficou marcado por uma mudança histórica no *status quo* dinamarquês, relativamente ao setor eólico. Nesse dia, o país conseguiu cobrir quase 100% da sua rede elétrica com base em energia eólica, significando uma produção de cerca de 98 GW/h, por parte das turbinas eólicas num só dia. As políticas de energia eólica *offshore*, implementadas na Dinamarca em 1996, têm contribuído muito para o desenvolvimento do setor em alto mar, tornando-o num dos principais *players* a nível europeu e mundial (Bórawski et al., 2020).

Desta forma, focando num espectro global, poder-se-á dizer que as energias renováveis, apesar da atual instabilidade energética vivida Europa, muito por conta da guerra na Ucrânia, a tendência de aposta numa expansão da capacidade de produção de energia renovável fica demonstrada, com valores de crescimento a rondarem os 3372 GW (9,6 %) de produção, no

final de 2022, comprovando a resiliência deste tipo de energias. Neste panorama, olhando para o setor eólico, apesar de deter aumentos de 75 GW neste último ano, o mesmo é representativo de um abrandamento em comparação com os dois anos anteriores. Contudo, a energia eólica a par com a energia solar, representam 90% de todas as adições renováveis líquidas em 2022, contribuindo para um aumento anual da capacidade de produção renovável, como pode ser verificado no gráfico abaixo.

Renewable share of annual power capacity expansion

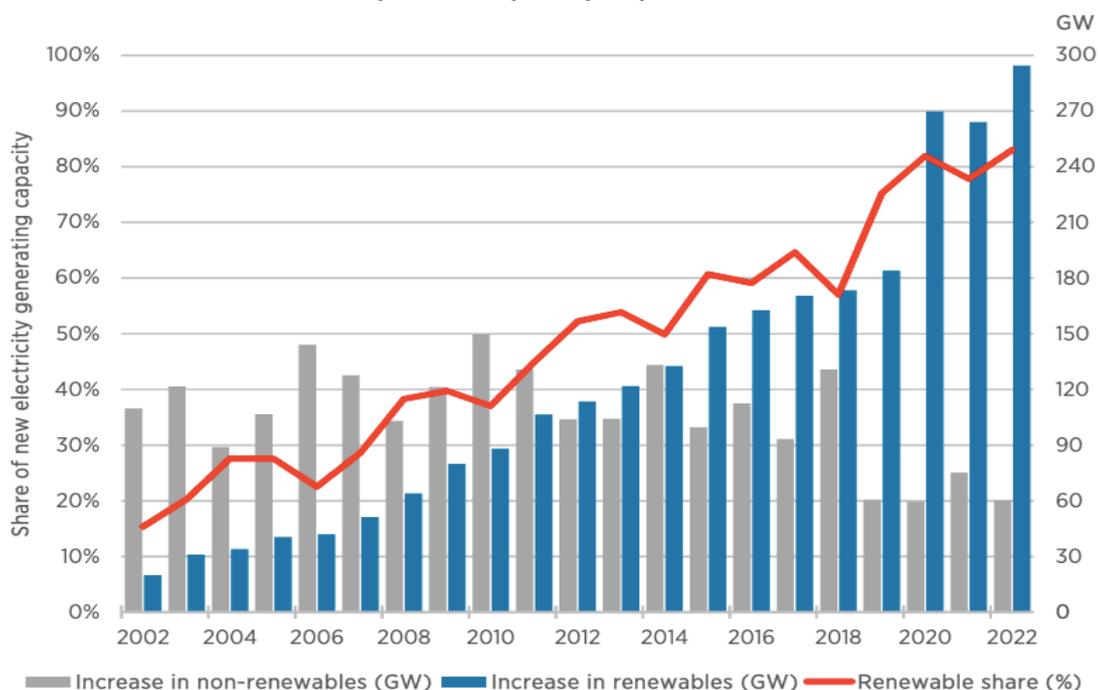


Gráfico 1. Participação renovável na expansão anual da capacidade energética (Fonte: International Renewable Energy Agency, 2021)

1.2.2. Viabilidade

Numa primeira abordagem ao estudo da viabilidade das *offshore wind power*, iremos desenvolver a nossa argumentação com base no artigo (Kapsali & Kaldellis, 2012). Este artigo começa por fazer na sua introdução, uma comparação com as instalações *onshore*, referindo que a energia eólica offshore tem maior potencial, devido ao facto de utilizar recursos, como a velocidade do vento, que tende a aumentar com o aumento da distância da costa. Contudo as condições marítimas (tempo, ventos, ondas e correntes marítimas) e específicas do local de implementação (profundidade das águas, distância da costa, ecossistemas marinhos), apresentam desafios que muitas das vezes põem em causa a viabilidade dos projetos, obrigando a uma mudança de abordagem tanto a nível de tecnologia, como a nível de

logística. Estas variáveis aumentam o grau de incerteza dos projetos, causando disrupções nos custos dos mesmos, acabando estes por se tornarem mais elevados quando comparados aos *onshore*. Desta forma e sintetizando a informação acima exposta, as *offshore wind power* regem-se segundo o seguinte princípio: Quanto maior a distância da costa, maior serão os acessos aos recursos eólicos, contudo, esse aumento implica maiores profundidades que têm impactos diretos nos custos e operações dos projetos.

Ao longo deste subcapítulo iremos averiguar cada uma das variáveis apresentadas acima, de forma a expor pontos fortes e fracos do setor eólico *offshore* na União Europeia, mais concretamente na Dinamarca e assim proceder à realização de uma análise mais detalhada de parâmetros indispensáveis para a implementação de projetos que serão expostos no decorrer da nossa dissertação.

1.2.2.1. Offshore vs Onshore

Desde o primeiro projeto *offshore wind power*, que as turbinas têm sofrido alterações tanto no tamanho, que facilita o seu transporte por mar, como na capacidade de produção, tornando-as mais viáveis que as *onshore*, que têm frequentemente estes parâmetros limitados. O seu transporte e montagem, por serem efetuados em alto mar, eliminam limites que possa haver no tamanho das turbinas, possibilitando novos designs e melhorando a eficiência das mesmas.

Aliado às capacidades técnicas, a questão da localização também favorece o *offshore*, devido ao facto de os parques eólicos serem construídos, maior parte das vezes, na área da plataforma continental, cerca de 10 km da costa e 10 m de profundidade, evitando problemas de ruído e impacto visual, permitindo captação de ventos mais fortes e estáveis no mar, resultando numa produção significativamente maior por unidade instalada. A instalação de parques eólicos *offshore* também pode ser efetuada próximo de grandes centros urbanos, exigindo linhas de transmissão mais curtas na distribuição de energia para mercados de alto custo energético (Bilgili et al., 2011).

Porém numa averiguação de GEE²³, o estudo (Wang et al., 2019) refere que, para a mesma capacidade de produção, uma turbina eólica *offshore* tem maiores emissões de GEE no ciclo de vida e maior intensidade nas mesmas, quando comparada com *onshore*. A causa maior desta diferença de GEE, deve-se à energia eólica *offshore* deter de uma plataforma flutuante fixa no mar. Novamente podemos comprovar que a tecnologia surge como uma necessidade primordial para a obtenção de uma aposta segura e coesa no setor eólico *offshore* e assim

²³ GEE - gases de efeito de estufa

garantir que o mesmo se torna o mais viável possível, diminuindo a sua pegada e garantindo a eficiência esperada.

Todavia, as questões técnicas não são as únicas a apresentarem vulnerabilidades para o setor *offshore*.

1.2.2.2. Custo-Benefício

O investimento capital adicional necessário apresenta ser a principal desvantagem que acarta obstáculos difíceis de mitigar. Custos de exploração marinha, integração de novas redes elétricas, com a necessidade de um possível aumento da capacidade de redes costeiras fracas, custos inerentes à implementação e instalação, bem como as condições meteorológicas que restringem o acesso à construção, são custos elevados a ter em conta aquando da pretensão de uma *offshore* eólica.

A avaliação do investimento capital acima mencionado é deveras importante, tendo em conta que só as estruturas de turbinas eólicas representam 30% a 40% do custo capital, desempenhando um papel crucial na viabilidade de todo o parque eólico. A evolução e desenvolvimento das turbinas eólicas ficou marcada com a dependência do preço e disponibilidade de abastecimento de petróleo. A crise do petróleo da década de 1970, mencionada anteriormente no enquadramento histórico, teve um impacto direto na inovação e desenvolvimento das turbinas eólicas, moldando a sua estrutura até aos dias de hoje (Nikitas et al., 2020).

A complexidade da própria tecnologia tem evoluído para uma combinação mais sofisticada de componentes e subsistemas, projetados de forma interdisciplinar e integrada. Atualmente, as turbinas eólicas *offshore* rondam entre 2 e 4 MW, podendo atingir os 5 MW em casos particulares, tendo mais espaço de manobra nos aumentos da capacidade de produção devido aos ventos fortes. O investimento ao longo dos anos, principalmente em solo europeu, tem sido elevado na energia eólica como já verificamos anteriormente, detendo certas vantagens competitivas, como o caso de ventos fortes, quando comparada com o setor eólico *onshore* (Bilgili et al., 2011). O aparecimento de outras técnicas de produção eólica em alto mar, como o caso das turbinas eólicas *offshore* flutuantes, vêm comprovar o investimento acima retratado, mantendo os mesmos objetivos delineados para as *offshore* e *onshore* fixas, mas com a particularidade de permitir uma extração mais profunda em locais mais longínquos, não havendo a necessidade de as fixar no solo marinho (H. Li & Guedes Soares, 2022). Referimos as turbinas eólicas *offshore* flutuantes como exemplo, apesar de não serem o foco deste estudo.

Seja qual for a técnica *offshore* escolhida, fixa ou flutuante, a sua integração, construção ou implementação acata sempre custos associados e falhas a serem tidas em conta, que poderão ter ou não uma pegada maior na sociedade e ecossistemas. O sistema energético deve ser desenvolvido com base: em baixas emissões de gases de efeitos de estufa e poluição do ar, níveis altos de eficiência, capacidade fornecer um equilíbrio na rede, nomeadamente em questões de segurança e confiabilidade energética. A circunspeção de custos já descritos como uma das principais variáveis a ser tida em conta, tem um peso enorme na aferição de um projeto eólico, principalmente offshore, como iremos averiguar de seguida. O custo nivelado da energia ou LCOE²⁴ de usinas eólicas offshore é determinado mediante cinco fatores principais²⁵: produção anual de energia, custos de investimento (inclui custo das turbinas, conexão à rede, obras civis, e outros custos referentes a licenciamento, avaliações ambientais, etc), custos de O&M²⁶ e custos de financiamento e vida económica presumida do parque.

Como primeira abordagem a esta variável, é necessário ter em consideração fatores, como as políticas e cooperações, sejam elas regionais, internacionais ou nacionais, que irão delimitar a ponderação de um possível investimento futuro. A grande aposta em aumentos no tamanho das infraestruturas eólicas, contribuiu para níveis de capacidade de produção anuais de energia por unidade instalada superiores, impulsionando a competitividade económica em áreas onde outrora a mesma era quase inexistente pela falta de recursos. Como já referido, os parques eólicos são intensivos em capital, tendo um investimento inicial a rondar os 75% a 80% das despesas totais, onde se encontram incluídos custos referentes às turbinas já mencionados, com os custos de O&M a representar o restante (Mathew, 2017). O custo total por parte de um parque eólico offshore é fortemente influenciado pelo seu LCOE, tornando-se essencial a decomposição do estudo do mesmo por fases. O dimensionamento das mesmas é composto por: fase de investimento, já caracterizada, fase de operação e fase de descomissionamento.

A durabilidade de cada fase difere entre si, contudo o grosso do tempo de construção diz respeito à fase de investimento, que contém o desenvolvimento, fabricação e instalação do projeto, podendo durar cerca 9 anos a ser concluído. No que concerne à fase de operação, a mesma representa a capacidade e produtividade dos parques eólicos. Espera-se que estes produzam eletricidade para a rede por pelo menos 20 anos, com uma manutenção constante ao longo do tempo, com o objetivo de prolongar a vida útil dos parques. Por fim a fase de

²⁴ LCOE - trata-se de uma medida do custo presente líquido médio de produção de eletricidade para um gerador ao longo da sua vida útil, permitindo um planeamento de investimentos e posterior comparação de métodos diferentes de eletricidade.

²⁵ (*Wind Energy Today* | *WindEurope*, n.d.)

²⁶ O&M - operação e manutenção

descomissionamento detém duas opções a serem tomadas aquando da verificação das fases anteriores. Pode prosseguir-se ao desmantelamento do projeto, marcando o fim de ciclo de vida do parque ou ao re-potenciamento do mesmo, com novas turbinas e um ciclo de vida novo (Nikitas et al., 2020).

1.2.2.3. Hubs eólicos offshore

Nos dias que correm, a procura constante de melhorias na eficiência dos parques eólicos offshore é um objetivo, que procura mitigar custos, apostar no renovável e chegar a todos. A integração de *hubs* no *offshore* eólico, denominados de OEH, é uma das apostas em cima da mesa, o que nos leva a considerar crucial a aferição da viabilidade da mesma e suas potencialidades, como o caso da produção de hidrogénio verde. As OEH servem de sistema centralizado de produção de energia que visa permitir um melhor aproveitamento do vento *offshore* e fornecer energia de forma mais estável para plataformas *offshore* de petróleo e gás a curto prazo, e posteriormente exportar energia limpa para redes continentais a longo prazo. Um hub energético apresenta-se como uma opção promissora para a exploração dos benefícios de sistemas multienergéticos, como redes acopladas de eletricidade e aquecimento, integração de gás natural e eletricidade e sistema de acoplamento eletricidade-térmico-gás natural (Zhang et al., 2022).

A integração das OEH nas redes de eletricidade, irá conduzir a uma mudança no status quo da sociedade, com alterações a nível de distribuição, armazenamento, custo e produção de energia. Acoplado a estas, conceitos como ilhas artificial energética, *hub-and-spoke* e PTX, já definidos anteriormente, tornam-se fundamentais na mitigação das variações de energia ativa e manutenção da tensão do *hub*, conduzindo a uma maior estabilidade na produção e distribuição.

A integração dos conceitos acima expostos, são apresentados numa primeira instância, pelo artigo (Jansen et al., 2022), que refere que a conexão da energia eólica *offshore*, por meio de uma ilha artificial na forma de *hub-and-spoke*, torna-se mais económica do que uma conexão ponto-a-ponto tradicional, se a produção *offshore* de 10 GW se concretizar. Numa segunda instância, o desenvolvimento do conceito de PTX remete-nos para a produção de hidrogénio verde via uma OEH, que permitirá cobrir a procura de energia em terra e usar primeiramente a eletricidade gerada pelo *hub* para dar resposta à capacidade nominal do eletrolisador²⁷, para que este tenha o melhor desempenho económico na produção de hidrogénio (Singlítico et al., 2021). O hidrogénio (H₂) é considerado um portador de energia,

²⁷ Eletrolisador - dispositivo de conversão em hidrogénio por meio do processo químico denominado de eletrólise

versátil, transportável, limpo e promissor, se produzido a partir de fontes renováveis. O seu papel esteve, até 2010, muito pouco focado na economia da energia, com a sua produção a estar focada essencialmente no gás natural e petróleo (Buttler & Spliethoff, 2018).

Com o decréscimo do custo de produção de eletricidade a partir de fontes renováveis, o processo de eletrólise da água ganhou força e consigo a produção de hidrogénio, especialmente quando a mesma está aliada ao conceito de PTX (Loisel et al., 2015). Neste processo, o H₂ é produzido com recurso a uma energia renovável, onde o CO₂ capturado ou separado do ar, biogás ou gás de combustão, é reutilizado para a produção de combustível renovável à base de hidrocarbonetos (Ince et al., 2021).

Perante estudos que foram alvo de revisão de literatura alusiva a esta tecnologia, os mesmos determinam que o sistema PTX, para atingir a sua melhor *performance*, terá de integrar fatores referentes à integração térmica otimizada, recirculação de correntes dentro do sistema e pressurização do sistema.²⁸ Numa ótica tecno-económica, o custo do sistema PTX é determinado pelo preço da eletricidade, fazendo com que o potencial do mesmo varie entre países. O artigo (Ince et al., 2021), afirma que as fontes energia renováveis que fornecem a energia necessária para o sistema são indicadores significativos para a prontidão em termos económicos, salientando que fontes de energia eólica e solar são as mais preferíveis para o sistema PTX. Todavia, os custos totais inerentes a esta aposta não deixam de ser elevados, principalmente quando uma das etapas passa por captar CO₂ e transformá-lo em combustível à base hidrocarbonetos. A integração deste tipo de tecnologias tem custos significativos ao longo de toda a cadeia relacionada com o H₂, desde o início de produção ao seu armazenamento.

Numa ótica ambiental, o PTX apresenta-se muitas vezes associado à energia hidráulica, definindo a interação de ambos como o ecologicamente correto. A revisão determinada por (Ince et al., 2021), demonstra que as rotas PTX podem ser mais ecológicas do que os métodos convencionais de produção de energia, com uma redução do impacto das mudanças climáticas, contudo deixa um aviso, em particular para o P-T-metano, que se apresentou ser o mais prejudicial em termos de esgotamento de metais, esgotamento da água, toxicidade terrestre, marinha e humana em comparação com, por exemplo, a produção de gás natural (Ghaib & Ben-Fares, 2017) . Os fatores anteriormente referidos, têm como principal responsável o eletrolisador e a mitigação dos mesmos, que segundo o artigo, pode passar pelo uso eficiente de água.

Atualmente a produção de H₂ ainda é amplamente produzida a partir de combustíveis fósseis, nomeadamente de gás natural ou carvão, resultando na libertação de 70 a 100 milhões de toneladas de CO₂ anualmente na UE. O desenvolvimento tecnológico, diminuição

²⁸ Relativamente às questões técnicas cf. (Ince et al., 2021)

do custo da energia renovável e uma maior consciencialização ambiental a níveis locais, regionais e globais, têm conduzido para uma mudança de paradigma, levando a aumentos na aposta em H2 e contribuindo para aumentos no número de empresas a aderirem ao *International Hydrogen Council*²⁹ (EU Monitor, 2020).

Tanto a avaliação da produção de hidrogénio como o conseqüente uso do sistema PTX, têm um papel crucial na averiguação que será efetuada no caso de estudo da nossa dissertação. Perante a pretensão da criação de ilhas artificiais por parte da Dinamarca, as opiniões acima descritas tornam-se essenciais na análise do caso, principalmente no balanço de impacto ambiental, análise de custo / benefício e na própria implementação do projeto.

No que concerne à associação entre as OEH e ilhas artificiais energéticas, estas aparentam ter impactos negativos em mercados e redes nacionais na zona do Mar do Norte, foque de interesse da presente dissertação. Segundo (Tosatto et al., n.d.), com base num modelo de mercado europeu de eletricidade e num modelo de rede elétrica europeia, o mesmo conclui que o bem-estar social aumenta com a presença de um *hub* energético na área, mas não para todos os países presentes na mesma. As afirmações acima expostas referentes ao estudo, serão tidas em conta no decorrer da investigação, sendo averiguadas em mais detalhe, no subcapítulo referente ao caso de estudo do *North Sea Wind Power Hub*, mais concretamente no estudo da área de *Dogger Bank*.

1.2.2.4. Alterações Climáticas

Tendo por base o alto investimento a ser efetuado nas offshore eólicas, é deveras importante tentar averiguar como as alterações climáticas irão impactar no setor offshore num futuro próximo. A medição dos impactos será efetuada em sentidos diversos, procurando averiguar ambos os “lados da moeda”. Um estudo levado a cabo por investigadores do Instituto de Geofísica da Universidade de Bergen, Noruega (Barstad et al., 2012), concluiu que poderá existir, na zona Norte da Europa, uma redução da produção de energia eólica num futuro próximo, causado pelo aquecimento global. Delimitando a baliza temporal 2020 - 2049, o estudo revela, com base em informações recolhidas pelos modelos CGCM³⁰, que se prevê para a maioria das áreas costeiras offshore uma fraca redução no potencial de energia a

²⁹ É uma iniciativa global liderada por CEO's de empresas líderes em energia, transporte, indústria e investimento, com foco em desenvolver a economia do hidrogénio em cooperação e a longo prazo.

³⁰ CGCM - Modelos climáticos globais acoplados - são baseados nos princípios físicos gerais da dinâmica dos fluídos e termodinâmica, permitindo obter previsões referentes a interações entre componentes do sistema climático (atmosfera, oceanos, etc)

rondar os 0,5 %, acompanhada de uma redução média na ordem de 1 % referentes às velocidades dos ventos.

Face a estes resultados, que o mesmo afirma terem um possível grau de incerteza nele incutidos, a redução do potencial de energia na faixa dos 2% a 6% na maioria das áreas, não é considerada alta, mas relativamente baixa. É ainda importante salientar que nos resultados apresentados neste artigo, o Mar Báltico, palco da possível construção de uma das ilhas artificiais, é a única área que não apresentou reduções efetivas no seu potencial futuro. Apesar de os resultados se mostrarem a favor do investimento futuro na zona Norte da Europa, o artigo em questão não deixa de alertar para a necessidade de uma mudança na consciência atual por parte do ser humano, revelando que o tempo de depreciação para os parques *offshore* é tão elevado que pode ser comparável às rápidas mudanças climáticas, determinado por uma maior variabilidade natural aliada a uma forçante climática causada pelo Homem.

O prolongamento destas mudanças podem vir a alterar a distribuição geográfica e a variabilidade inter e intra-anuais dos recursos eólicos, afetando a qualidade dos ventos e possivelmente projetos associados aos mesmos. Tal acontecimento porá em causa áreas que apresentem maior sazonalidade, como é o caso do Norte da Europa (Mathew, 2017). As alterações climáticas extremas impactam não só mudanças nos ventos, como também nas marés, com o degelo a ser o principal fator.

Desde 1880 que o nível médio do mar tem vindo a aumentar (25 cm), e, à semelhança dos aumentos de temperatura, a tendência é crescente ao longo dos próximos anos, com uma taxa de aumento a rondar os 3,2 mm por ano (Nikitas et al., 2020). A correlação presente entre os aumentos da temperatura terrestre / níveis do mar e aumentos da demografia, têm impactos diretos nas procuras anuais de energia e consequentes aumentos nas emissões de gases poluentes para a atmosfera. Com uma população mundial três vezes maior á do século XX, espera-se que a população humana atinja os 8,0 mil milhões em 2022 (9,7 mil milhões em 2050) (Nations et al., n.d.). Este crescendo aliado ao facto de 80% da energia global depender de combustíveis fósseis, tem causado um aumento na imprevisibilidade do futuro, despertando um grande interesse em fontes alternativas de energia.

O impacto destas alterações climáticas no setor eólico, nomeadamente na zona Norte da Europa, não terá um efeito imediato, pelo menos nos próximos 30 anos, como verificamos anteriormente, contudo, o estudo do seu impacto pode ser medido numa ótica diferente, nomeadamente perspetivando um possível desenvolvimento da mesma face a outras fontes. A omnipresença da energia eólica na Terra não pode ser dada como algo garantido, mesmo sendo considerada uma fonte renovável de energia. Apesar de reduzidos os valores apresentados acima, a verdade é que deve haver uma preocupação constante em mitigar o impacto humano nos ecossistemas em questão, havendo uma necessidade de

aproveitamento rápido desta fonte energética (Ren, 2010), face ao aumento da temperatura do globo. A importância de políticas energéticas, priorização na produção de energia renovável e o foco na salvaguarda do bem-estar ambiental e humano são cruciais na legislação entre Estados Membros e na consequente relação ecológica entre os intervenientes envolvidos, contribuindo para o melhor aproveitamento da energia eólica. Contudo, muitas das vezes, as políticas energéticas e investimentos, identificados ao longo da presente dissertação, são ditados pela própria economia de uma nação.

Como referimos anteriormente, nesta dissertação procuramos aferir os “dois lados da moeda”, sendo também crucial averiguar o próprio impacto deste setor, nomeadamente das infraestruturas, num ecossistema terrestre e marinho. A consideração de aspetos relativos aos tipos de governação do Oceano e questões alusivas á coesão territorial, servem como parte introdutória a reflexões a serem tidas em conta na avaliação de viabilidade de carácter ambiental.

1.2.2.5. Energia eólica e o seu impacto ambiental

Tendo em consideração os impactos que se pretende averiguar acima descritos, adequa-se referenciar o documentário “*La face cachée des énergies vertes*” (“O lado negro das energias verdes”)³¹, baseado no livro “*The war of rare metals*”, numa produção de Jean-Louis Perez e Guillaume Pitron. O seguinte documentário apresenta uma visão distinta daquela que é muitas vezes transposta aos olhos da sociedade, afirmando que a transição energética abarca no seu lado obscuro, uma denominada “lavagem verde”. Antes de abordar a questão, parece necessário sublinhar que se trata de uma abordagem, em certos momentos, excessivamente assertiva, no sentido em que assume um tom de “panfletário”.

Naquela que é designada a Era de transição “verde”, a procura por metais raros aumenta e assim também as consequências da sua extração. Numa sociedade moderna, onde, como já constatado anteriormente, a energia eólica apresenta-se como uma solução promissora em crescente procura, as causas dessa procura são o espelho de uma segunda revolução industrial. A passagem de uma dependência (petróleo) para outra (energias renováveis) sem reflexões sobre o seu impacto no ecossistema, tem como consequência replicar os problemas decorrentes da situação que se pretende resolver, agora com outra configuração.

Neste cenário, tendo este estudo outra amplitude, seria particularmente relevante abordar o caso dos países que detêm estes recursos e que revelam uma certa tendência para

³¹ (Jean & Pitron Guillaume, 2020)

privilegiar soluções económicas com impacto positivo local, mas não a um nível global.³² Dados os limites naturais desta dissertação, esta abordagem não pode ser abordada com grau de profundidade desejável.

Neste contexto considera-se crucial salientar o papel dos metais raros nas turbinas eólicas, tanto *onshore* como *offshore*. Os metais raros estão presentes no rotor do aerogerador, permitindo a rotação da pá e consequente produção de energia. Um aerogerador é composto tanto por metais raros como por metais abundantes. Os metais abundantes encontram-se presentes em grande parte da turbina eólica (torre, fundações, gerador e caixa de engrenagens) e caracterizam-se por serem materiais de elevada taxa de reciclagem. Ao contrário dos metais abundantes, os metais raros presentes nas pás das turbinas são muito difíceis de serem recicladas devido aos polímeros reforçados com fibras termoendurecíveis³³ de composição complexa (Dorigato, 2021).

Como analisado acima, as pás do rotor em fim de vida das turbinas eólicas, representam uma pegada difícil de resolver, muito por conta da falta de implementação de infraestruturas de reciclagem / recuperação na reutilização dos metais raros que as compõem. Para conhecimento do leitor, uma turbina chega a conter cerca de 20 toneladas de alumínio e 500 toneladas de aço quando referentes a metais abundantes e cerca 1 tonelada referente a metais raros (Jean & Piltronn Guillaume, 2020).

Alguma da literatura científica estudada procurou enumerar motivos que considerou conduzirem à quase inexistência de soluções para o panorama em questão. O estudo levado a cabo por (Sommer & Walther, 2021) salientou dois motivos que considerou contribuir para tal. O primeiro motivo diz respeito à tecnologia ligada à reciclagem e recuperação de GFRP³⁴ e CFRP³⁵, principais materiais de construção de pás de rotor em fim de vida. A mesma não se encontra efetiva permanecendo ainda em fase de pesquisa. O segundo motivo apontado pelo estudo, trata da inexistência de mercados secundários para materiais reciclados em potencial e da incerteza futura pela procura desses mesmos materiais.

Apesar disto, artigos científicos como (Dorigato, 2021), expõem algumas tecnologias de reciclagem que podem ser utilizadas atualmente, fazendo uso de processos mecânicos e termoquímicos. O estudo revela que cada um destes tem as suas valências, especialmente a nível de custos, mas alerta para os seus contras, nomeadamente impactos na

³² Para desenvolvimento desta questão, apresenta-se com particular interesse a seguinte fonte (Jean & Piltronn Guillaume, 2020)

³³ Termoendurecíveis - na área de física e química, o seguinte termo é caracterizado por: possuir a propriedade de endurecer acima de dada temperatura e de não poder retomar a sua forma original de maneira reversível;

³⁴ GFRP - (*glass fiber reinforced plastic*) - FRFV - plástico com reforço de fibra de vidro.

³⁵ CFRP - (*carbon fiber reinforced plastic*) - PRFC - polímeros reforçados com fibra de carbono.

sustentabilidade ambiental. A degradação geral dos produtos reciclados e a falta de mercados para compósitos reciclados aparentam ser os obstáculos maiores à utilização destas tecnologias. Posto isto, adequa-se referenciar a ligação entre as referências apresentadas nesta análise de impacto ambiental. O fio condutor entre estas, apresenta-se idêntico permitindo sintetização da seguinte maneira: A reciclagem e reutilização das infraestruturas eólicas está dependente do investimento em novas tecnologias, de forma a cobrir todos os segmentos necessários para uma prática sustentável e de menores emissões, tornando a energia eólica mais fidedigna e segura a longo prazo. Procurando atingir este foco a longo prazo, a UE procura apostar numa economia circular, de forma que haja um maior desenvolvimento da tecnologia neste segmento de mercado. Esta aposta é algo que a UE prevê na sua Agenda, considerando que a transformação da atual economia linear para uma economia circular é essencial para contrariar o crescente consumo global de recursos naturais (Parliament, 2020), que como já mencionado, começam a esgotar-se.

A necessidade da reutilização e reciclagem de infraestruturas é uma realidade a ser considerada, face à constante aposta nas energias renováveis. No caso concreto das energias eólicas, prevê-se um aumento contínuo no número de torres eólicas a serem desmanteladas nos próximos anos, em virtude dos aumentos retratados acima, tornando-se irrefutável a necessidade de novas formas de reutilização deste tipo de infraestruturas. A relação desta questão ao nosso assunto principal, ocorre por via da indispensável consciência que qualquer solução que envolva resolver problemas ecológicos, nunca estará isenta de efeitos secundários que têm de ser tidos em conta. O mesmo se aplicando, naturalmente, ao caso da criação das ilhas artificiais dinamarquesas.

Justifica-se citar aqui, em formato de conclusão, a frase de Paul Virilio - *“Inventar o comboio é inventar o acidente ferroviário do descarrilamento. Inventar o automóvel individual é produzir o engarrafamento na estrada.”*

Em função desta realidade e considerando os elementos elencados, continua a justificar-se a opção estratégica inicialmente determinada, que será partir deste assunto, políticas energéticas europeias no setor eólico (Agenda Europeia).

1.3. Políticas energéticas europeias para o setor energético (Agenda Europeia)

Este subcapítulo dedica-se à apresentação das estratégias energéticas, propostas pela União Europeia, de forma a garantir energia sustentável e competitiva para toda comunidade europeia, visando o aumento das energias renováveis, melhoria da eficiência, criação de um mercado de energia totalmente integrado, redução das emissões propostas pelo Acordo de Paris, modernização das infraestruturas energéticas e apoio ao próprio setor. As seguintes estratégias e diretivas foram obtidas a partir do *website* oficial da UE.

<p>Estratégia para um compromisso energético externo da UE³⁶</p>	<ul style="list-style-type: none">- Reduzir a procura geral de energia, mediante uma concorrência justa pelos recursos;- Impulsionar a eficiência económica do setor, bem como o desenvolvimento de energias renováveis;- Maior integração do mercado de energia da UE;- Adaptação das novas infraestruturas de energia, para uma futura parceria de H2 verde;
<p>Estratégias nacionais a longo prazo dos países da UE</p>	<p>Esta estratégia visa o Regulamento sobre a governação da união da energia e ação climática (UE/2018/1999), que estabelece um processo para os Estados-Membros, prepararem novas estratégias a cada 10 anos. As estratégias a longo prazo deverão estar consistentes com os planos nacionais de energia e clima (PNEC)³⁷ (2021-30):</p> <ul style="list-style-type: none">- Eficiência energética;- Renováveis;

³⁶ A esta estratégia, acresce a **comunicação REPowerEU**, que será desenvolvida no decorrer da investigação;

³⁷ O PNEC dinamarquês detém as recomendações (C/2019/4404) que podem ser encontradas no *website* oficial da UE.

	<ul style="list-style-type: none"> - Reduções nas emissões de gases efeito de estufa; - Interconexões; - Inovação
União da Energia (COM/2015/080)	Visa a construção de uma união da energia, proporcionando aos consumidores da UE, inclusive empresas, segurança, sustentabilidade, energia competitiva e acessível.
Diretiva da energia renovável (2018/2001/UE)	Trata-se de uma estrutura legal para o desenvolvimento de energia renovável em todos os setores da economia da UE, apoiada numa cooperação entre os países da UE.
Diretiva de eficiência energética (UE/2018/2002)	Tendo o Pacto Ecológico Europeu no horizonte, esta diretiva é proposta visando a meta de 2030, de redução de 55% dos gases efeito de estufa.

1.4. North Sea Wind Power Hub

1.4.1. Enquadramento geral do Mar do Norte

Face à conjuntura atual vivida na Europa, descrita anteriormente, existe uma necessidade de aumentos na capacidade produtiva energética, conduzindo a uma aposta imediata em energias renováveis, nomeadamente na energia eólica offshore na UE. Aliado a este aumento, espera-se que a capacidade eólica offshore instalada na Europa continue a crescer, com 230 a 450 GW a serem necessários para atingir a neutralidade carbónica até 2050.³⁸ Mediante os aumentos descritos acima e perante uma situação atual de difícil análise, também referida, a Comissão Europeia apresentou no dia 8 de Março de 2022 uma comunicação REPowerEU³⁹, sendo esta um plano delineado para acabar com as importações de energia fóssil da Rússia antes de 2030. O novo entendimento da fragilidade do Ocidente face a novas ameaças, referido anteriormente, conduziu a este tipo de práticas que a UE procura adotar num futuro próximo. O plano proposto pela Comissão Europeia afirma ser necessário uma diversificação do aprovisionamento energético da UE, aumentar a poupança e a eficiência energética e acelerar a transição para a energia verde (European Commission, 2022).

A utilização de novas *commodities*, como o H2, serão o centro da comercialização internacional, algo que a concretizar-se poderá ser bastante benéfico e lucrativo para projetos, como as ilhas artificiais dinamarquesas, que visa beneficiar desse género de produção na sua implementação, em todas as vertentes. A importância da produção de *commodities* como o H2, principalmente o H2 verde, é essencial para apoiar o compromisso da UE em alcançar a neutralidade carbónica. O decréscimo do custo da energia eólica, retratado em subcapítulos anteriores, abrem aqui uma janela de oportunidade para um elemento que tem uma multiplicidade de aplicações (enquanto matéria-prima, enquanto combustível ou transportador e armazenador de energia), como constatado pela estratégia proposta pela UE no ano de 2020 (EU Monitor, 2020).

Durante a presente investigação constatou-se que grande parte dessa instalação offshore encontra-se situada no Mar do Norte, representando 77% da capacidade europeia, havendo a possibilidade de esta ascender aos 80%, face a novos projetos propostos para a região (L et al., 2019). Posto isto e segundo estimativas apresentadas pela *WindEurope* e EUCO 2030⁴⁰, ambos os estudos corroboram as percentagens apresentadas ao longo da presente investigação, ainda que se verifiquem algumas discrepâncias no que diz respeito aos valores

³⁸ (*Our Energy, Our Future How Offshore Wind Will Help Europe Go Carbon-Neutral*, n.d.)

³⁹ (European Commission, 2022)

⁴⁰ Política, estratégia e legislação da UE para as metas ambientais, energéticas e climáticas de 2030.

finais estimados por ambas, referente à capacidade esperada para 2030. A razão por que estas discrepâncias se podem considerar aceitáveis, reside no facto que na escala dos montantes globais produzidos, revelam-se residuais (Jansen et al., 2022).

A constante necessidade de expansão da produção de energia e consequentes aumentos nos tamanhos das próprias infraestruturas presentes nos parques eólicos, contribuiu para a crescente procura de zonas mais longínquas da costa o que, por sua vez, conduz, atualmente, a custos mais elevados, devido às infraestruturas que suportam. Assim, o Mar do Norte apresenta-se um excelente candidato para a expansão acima descrita, com características específicas, que serão especificadas no decorrer da investigação, tornando esta região atrativa para uma instalação eólica abundante e a longo prazo, visando medidas, anteriormente expostas, presentes na Agenda europeia. Em adição, segundo dados apresentados pela ENTSO-E⁴¹ no ano de 2020, é necessária a instalação de mais de 180 GW de parques eólicos no Mar do Norte, a fim de cumprir as metas europeias propostas. A presença de várias ZEE de nações de grande produção eólica offshore na região, contribuirá para a necessidade de uma prática conjunta de governação a todos níveis, seja nível local, regional ou global.

Procurando enquadrar o Mar do Norte num contexto europeu para posterior análise do caso de estudo das ilhas artificiais dinamarquesas, a aferição do *North Sea Wind Power Hub* (NSWPH) serve de complemento na integração da Dinamarca num contexto de projetos europeus, contribuindo para o seu enquadramento mediante ações e contextos nacionais e regionais.

1.4.2. Consórcio NSWPH e Dogger Bank

As aferições acima expostas e o enquadramento do Mar do Norte na conjuntura atual, permitem enquadrar os objetivos futuros da NSWPH na presente investigação. O consórcio NSWPH⁴², segundo informação apresentada no *site* do próprio, fornece uma nova abordagem para acelerar a transição energética e cumprir os principais objetivos climáticos presentes no Acordo de Paris. A abordagem passa pela utilização das potencialidades do Mar do Norte, anteriormente mencionadas, aproveitando uma abordagem transnacional⁴³ e intersetorial⁴⁴. A utilização de novos conceitos como o *hub-and-spoke* e integração de produção de H₂, escrutinados anteriormente, terão o objetivo de conectar sistemas energéticos do Noroeste

⁴¹ (ENTSO-E, n.d.)

⁴² (North Sea Wind Power Hub Consortium, 2021)

⁴³ Transnacional: conecta vários países por meio de um conceito *hub-and-spoke*

⁴⁴ Intersectorial: integra diferentes setores e operadoras de energia

da Europa, com base numa rede eólica *offshore* e ajudar na transição para novas produções “verdes”.

Inicialmente proposto pela Tennet com o objetivo de interligar vários parques eólicos a uma ilha artificial com interconexão a países circundantes, a NSWPH é atualmente um consórcio fundado em 2017, liderado pelas principais operadoras do sistema de transmissão (TSO’s)⁴⁵ dos países do Mar do Norte: Tennet (Países Baixos), Energinet (Dinamarca) e Gasunie (Países Baixos). Com a tendência para a construção de parques eólicos offshore mais longe da costa por questões de eficiência de produção, mencionadas em capítulos anteriores, a integração coordenada entre múltiplas conexões de energia terá de ter uma avaliação de parâmetros, que serão analisados na presente dissertação. A zona Dogger Bank, quando sujeita ao crivo destes parâmetros, apresenta-se uma das possibilidades para integração do projeto proposto pela NSWPH, que será analisada no decorrer da investigação.

Dogger Bank trata-se de um grande banco de areia subaquático relativamente pouco profundo, localizado no centro ao sul do Mar do Norte, abrangendo as ZEE do Reino Unido, Alemanha, Dinamarca e Países Baixos, que outrora juntavam a Grã-Bretanha à Europa Continental⁴⁶. As águas rasas e a velocidade dos ventos são duas características geográficas e climatéricas, que permitem tornar o processo menos demorado e complexo, contribuindo para um ligeiro facilitismo na construção da ilha e de turbinas na área, tornando-a mais barata, não havendo a necessidade de grande aposta em tecnologias mais caras, nomeadamente em plataformas flutuantes. Relativamente a características de carácter técnico, a zona poderá servir como centro de uma rede offshore de alta voltagem (HV)⁴⁷ (Jansen et al., 2022).

A presença de TSO’s de diferentes nacionalidades presentes no consórcio, vem constatar a aposta pretendida pela UE. A procura de “justiça social”, anteriormente mencionada nas boas práticas de governação, é colocada no cerne do projeto em causa, com este a visar o Mar do Norte como o centro de uma redistribuição energética tanto a nível regional como nacional. Em adição, a averiguação da integração da área de Dogger Bank no projeto da NSWPH, apresenta-se um caso de estudo deveras interessante na análise de parâmetros de viabilidade, principalmente ambiental, e respetivas cooperações relativas ao contexto relações intersectoriais de carácter regional.

A presença de diferentes ZEE, incluindo a da Dinamarca, e de novos conceitos de produção de energia numa área que alberga inúmeras atividades distintas, incutirá restrições na pretensão de futuros projetos na zona, que serão importantes para ulteriores averiguações de origens semelhantes, relativas ao caso das ilhas artificiais dinamarquesas. Desta forma

⁴⁵ TSO’s - *transmission system operator*

⁴⁶ (*The World’s Largest Offshore Wind Farm - Dogger Bank Wind Farm*, n.d.).

⁴⁷ Alta Voltagem - High Voltage - HV

levantam-se algumas questões, nomeadamente se estas iniciativas propostas, se afastam tanto do modelo que pretendem contrariar quanto afirmam? Destaca-se aqui os seguintes aspetos que torna relevante esta análise:

- Em primeiro lugar, serve de contraste entre uma escala regional e uma escala nacional, tendo em atenção que nos estamos a referir ao caso das ilhas artificiais dinamarquesas relativamente à escala nacional;
- Em segundo lugar, serve para comparar os respetivos graus de desenvolvimento neste momento e sucesso, entre o programa NSWPH e as ilhas artificiais dinamarquesas;
- Em terceiro lugar, fazer uma análise comparada do ponto de vista jurídico do programa NSWPH, com um enfoque especial no contexto dinamarquês;
- Na linha da nossa orientação anterior, iremos fazer uma análise nos conceitos de governação;

1.4.3. Condições de viabilidade atuais

No seguimento dos tópicos elencados anteriormente, a análise das condições de viabilidade atuais do programa NSWPH serão estudadas da seguinte forma: base do projeto, custo-benefício, Integração do *Hub* num modelo de governança e governação, com enfoque no contexto dinamarquês e possíveis impactos ambientais e ecológicos.

1.4.3.1. Base do projeto

Com o objetivo da criação de um complexo de *hubs* energéticos no Mar do Norte até 2050, o consórcio NSWPH apresenta um modelo que permite não só enfatizar a tendência, mencionada anteriormente, de criação de parques eólicos mais longínquos da costa, como também mudar o paradigma atual da distribuição e produção energética (Tennet, n.d.). Com *hubs* a servirem de plataformas centrais para suportar a infraestrutura necessária para transporte de energia, o plano passa por aumentos de eficiência, armazenamento, distribuição e produção mais “verde” para milhares de europeus.

Torna-se importante referir que no caso de estudo em questão, os *hubs* podem desempenhar o papel de plataformas energéticas ou ilhas energéticas, dependendo dos estudos de implementação efetuados (Future & Insights, 2022). A avaliação de variáveis referentes à implementação dos mesmos, é fundamentada com base em análises realizadas pelo próprio consórcio em correlação com a literatura científica independente encontrada. Caracterizando-se como um projeto de ótica regional (europeu), torna-se importante remeter o leitor para os objetivos declarados no Acordo de Paris e na comunicação REPowerEU, assim como para o enquadramento conjuntural atual, apresentados previamente. Perante

uma integração eólica offshore em constante crescimento, agregada a uma produção renovável nunca vista, o projeto NSWPH no Mar do Norte visa um modelo *hub-and-spoke*, que como foi comprovado anteriormente, permite uma construção modular e coordenada internacional, que a concretizar-se, poderá contribuir na mitigação de algumas das atuais dificuldades enfrentadas pela UE.

Desta forma, e segundo o documento proposto pela NSWPH (Future & Insights, 2022), o projeto procura:

- Ser capaz de armazenar grandes quantidades de energia eólica *offshore* gerada em parques eólicos e ilhas energéticas no Mar do Norte em alguns centros descentralizados;
- Adquirir uma rede flexível na conexão de *hubs* que abranja o Mar do Norte e abasteça o continente europeu com energia verde;
- Haver um reaproveitamento do excesso de produção de eletricidade e a conversão da mesma em H₂, de forma a expandir o uso de energia verde e reduzir o CO₂ libertado;

O consórcio propõe o início de implementação para o ano de 2030, onde numa fase inicial o desenvolvimento de energia eólica será visado num cronograma mais curto, albergando as nações das respetivas TSO's envolvidas no programa, ou seja, Alemanha, Dinamarca e Países Baixos.

Na primeira fase de implementação, proposta para 2030, esta conta albergar três *hubs* energéticos offshore com interconectores, garantindo que cada um tem uma conexão onshore ao país correspondente, através de várias ligações de corrente contínua de alta tensão, também denominada de HVDC (Tosatto et al., n.d.). Fazendo uma retrospectiva dos objetivos referidos na comunicação REPowerEU e já apoiado na pesquisa até ao momento, considera-se seguro poder-se afirmar também, que este primeiro cenário pode apresentar-se benéfico, numa ótica do cumprimento de metas propostas pela UE para uma transição verde a curto prazo. Segundo os objetivos delineados, a comunicação considera fulcral um desenvolvimento de mercados locais de H₂ até 2030 (European Commission, 2022), algo que o projeto, a concretizar-se, garante numa primeira fase, com a interligação entre países a assegurar um abastecimento energético europeu constante, resistente à ausência local de vento ou outras barreiras (Future & Insights, 2022).

Numa segunda fase do projeto, e visando o mesmo a longo prazo, ou seja, para 2050, a construção no Mar do Norte poderá ser ampliada, com a inclusão de outros países (Bélgica, Noruega e Reino Unido) na periferia que desejem integrar o projeto e ter aproveitamento energético. E acrescenta-se que é deveras importante salientar que os países retratados acima, que façam ou poderão vir a fazer parte deste projeto, têm ZEE fronteiriças entre si, o que, na sua inclusão e partilha de áreas, requererá uma base jurídica coesa, relações políticas bem sustentadas e conceitos de governação bem delineados. Desta forma, espera-se que

projeto sirva de centro de transporte de energia no Mar do Norte e seja composto por ilha(s), com grandes quantidades de estações HVDC, que poderão converter energia CA dos parques eólicos em energia CC, facilitando o transporte a longa distância (HaskoningDHV, 2017).

Em momentos anteriores, foi referido na presente investigação uma zona denominada de Dogger Bank, e vantagens nela incutidas. Com objetivos estratégicos definidos a longo termo, a escolha de uma zona com características específicas como a de Dogger Bank (mencionadas anteriormente), seria à primeira vista, a ideal para a implementação de um projeto com as especificidades do proposto pela NSWPH. Num relatório apresentado pela Royal HaskoningDHV⁴⁸ a pedido da Tennet (Royal Haskoning DHV, 2017), o mesmo refere que área de Dogger Bank acomoda parte da zona norte e sul do Mar do Norte, salientando que ambas as zonas se apresentam bastante distintas no que diz respeito à sua exploração. A Dogger Bank não se caracteriza como uma área de energia eólica, dado ao facto de maior parte do seu território, excetuando parte da ZEE do Reino Unido, não ser explorada para fins energéticos eólicos. Contudo, torna-se importante referir a existência de outras atividades em certas partes da área em estudo. A presença de plataformas de petróleo e gás nas ZEE da Dinamarca e Reino Unido e de zonas protegidas de valor ecossistémico (rede Natura 2000)⁴⁹ nas ZEE dos Países Baixos, Alemanha e Reino Unido, moldam uma possível implementação do projeto na zona de Dogger Bank e contribuem para um melhor entendimento sobretudo da ZEE dinamarquesa.

No que diz respeito à comprovação de diferentes cenários alusivos às capacidades offshore dos diversos países envolvidos, abordados no relatório da Royal HaskoningDHV, a existência de zonas com maior capacidade disponível, como é o caso da parte holandesa e britânica, poderá ter impactos na projeção do projeto. A existência de discrepâncias desta natureza, poderão envolver uma dimensão sobretudo política, que envolverá questões burocráticas alusivas ao pagamento da infraestrutura do projeto, havendo a possibilidade de um país sair mais beneficiado que outros (Jansen et al., 2022). Perante um projeto de modelo pan-europeu⁵⁰, a existência de vencedores e perdedores em nada contribuiu para a procura de igualdade no balanço energético e de boas práticas de governação, que visam acima de tudo, uma exploração sustentável em todas as vertentes.

Para a presente investigação, a análise de fatores de natureza equitativa, tornam-se relevantes, principalmente no enquadramento e viabilidade da construção das ilhas artificiais dinamarquesas na zona do Mar do Norte, uma vez que, tal como constatado no relatório

⁴⁸ Royal HaskoningDHV - empresa internacional de consultoria de engenharia não listada, com sede nos Países Baixos;

⁴⁹ A rede Natura 2000 trata-se de uma rede de áreas designadas para conservar os habitats e as espécies selvagens raras, ameaçadas ou vulneráveis na UE;

⁵⁰ Modelo pan-europeu: modelo de identidade europeia alusivo à união política ou económica de países;

anterior, a ZEE dinamarquesa conta com a presença de plataformas petrolíferas, entre outras atividades, que serão abordadas posteriormente. A viabilização de projetos de caráter regional em áreas que alberguem diferentes atividades e cenários, contribuem para uma avaliação mais crítica e fundamentada do caso de estudo dinamarquês.

1.4.3.2. Custo-Benefício

O destaque enfatizado em capítulos prévios referentes aos custos de investimento adicional na pretensão de uma offshore eólica, contribui, nesta fase da investigação, para um melhor entendimento na análise de custo-benefício do consórcio NSWPH. A logística envolvida em projetos desta natureza, torna a averiguação de custo-benefício complexa, envolvendo parâmetros que mudam o status quo de uma região vasta, como é o caso do Mar do Norte. Com base no *paper* “*The Benefits*”⁵¹, disponibilizado pelo órgão detentor do projeto, os benefícios do mesmo partem da utilização do conceito de *hub-and-spoke*, que permitirá reduções de custos e aumentos de valor social, alavancando sinergias de integração eólica e capacidade de interconexão regional, sinergias de coordenação internacional na implantação por meio de integração de um sistema eficiente e sinergias entre setores energéticos.

Face à importância acrescida dada ao conceito de *hub-and-spoke*, foi elaborada uma tabela própria (pg.44), adaptada do relatório mencionado acima, de forma a resumir benefícios da integração do projeto e facilitar o entendimento por parte do leitor.⁵² Perante os benefícios descritos na tabela, e fazendo uma leitura da mesma, o relatório acrescenta que o atual sistema utilizado, de parques eólicos independentes, não utiliza o fator de capacidade mais eficiente, pois a presença de parques eólicos offshore, contribuem para uma redução do fator de capacidade para apenas 50%. Com a existência do conceito *hub-and-spoke*, o valor percentual poderá ascender aos 65%.

Em momentos anteriores da investigação, nomeadamente no capítulo referente à viabilidade das energias eólicas *offshore*, foram abordadas questões alusivas ao LCOE de usinas eólicas *offshore*, onde concluiu-se que o mesmo tem uma forte influência no custo total de um parque eólico *offshore*, havendo uma necessidade de dimensionamento do custo. Assim, remetendo novamente para o estudo “*The Benefits*”, o mesmo analisou possíveis reduções do LCOE na configuração *hub-and-spoke*, para diferentes panoramas de produção (de 6 - 36 GW), concluindo que existem discrepâncias nos valores de redução entre *hubs* de maior capacidade (24 - 36 GW) e *hubs* de menor capacidade (6 - 12 GW), com limitações

⁵¹ (North Sea Wind Power Hub Consortium, 2019)

⁵² Para um desenvolvimento mais aprofundado destas questões, cf. (Swamy et al., 2019)

agregadas aos de maior capacidade e a existência de reduções a rondarem os 8%, respetivos aos de menor capacidade. Perante uma integração dos benefícios apresentados e valores diretamente relacionados à infraestrutura, o projeto numa configuração *hub-and-spoke* pode variar entre 15 e 20 mil milhões de euros em comparação a uma referência sem *hub* (North Sea Wind Power Hub Consortium, 2019). Na obtenção de “justiça social”, a análise de benefício do projeto em causa é deveras importante, de forma a garantir um quadro regulamentar harmonizado que permita induzir as decisões de investimento no interesse do bem-estar social europeu (Konstantelos et al., 2017).

Desta forma, considerou-se o artigo “*North Sea Energy Islands: Impact on national markets and grids*”⁵³ uma mais-valia para o desenvolvimento da análise custo-benefício completa do projeto alusivo à NSWPH, pois fornece informações alusivas a um primeiro impacto em larga escala das ilhas de energia do Mar do Norte. Um *hub* é definido pela quantidade de capacidade eólica instalada, contudo em questões relativas aos preços praticados já não é de tão simples compreensão. Seria de esperar que todos os países que estivessem diretamente conectados ao hub, enfrentassem uma redução de preços por igual, contudo, com base no gráfico disponibilizado no artigo acima mencionado e expostos em anexo (*Anexo A*), pode-se constatar que tal situação nem sempre acontece.

No presente caso, o estudo revela que as disparidades se devem à integração da capacidade de produção com a capacidade de transmissão, que facilitará futuras trocas entre países conectados, ou seja, os preços tendem a convergir para um valor comum à medida que a capacidade de transmissão é instalada entre países. Questões relacionadas com o congestionamento da transmissão de eletricidade também foram tidas em consideração no artigo, referindo que o mesmo terá um impacto direto, não só nos países circundantes ao Mar do Norte, como no resto dos países europeus, principalmente em países com preços mais altos na eletricidade, que poderão ter aqui vantagem.

No que diz concerne à questão do bem-estar social (segundo o entendimento que será aprofundado mais adiante), o estudo aponta para um aumento geral deste parâmetro nos países envolvidos, mediante cenários escolhidos, contudo salienta que nem todos os países saem beneficiados, identificando que os países que detêm maior capacidade de exportação, experimentam uma maior redução em questões alocadas ao bem-estar social. As alterações nos fluxos de mercado e a existência de um sistema interligado, terá um peso enorme na viabilidade do projeto, uma vez que as importações, exportações, congestionamentos de transmissão e preços de eletricidade, são variáveis que se articulam entre si. Posto isto, o artigo vai ao encontro do que já tinha sido salientado na presente investigação, reforçando a disparidade que poderá existir com a implementação de ilhas energéticas no Mar do Norte,

⁵³ (Tosatto et al., n.d.)

havendo uma heterogeneidade nas mudanças do bem-estar social e consequentes benefícios alusivos a uma aposta em novas infraestruturas.

A tecnologia surge, novamente, como uma necessidade primordial para a obtenção de uma aposta segura e coesa no setor eólico *offshore*. Face a um projeto de caráter regional, de investimento intensivo em capital e com um horizonte moldado a longo prazo, a tecnologia detém um papel fulcral na viabilização futura do projeto. Poder-se-á dizer que a própria tecnologia é tanto uma vantagem como uma limitação, que contrasta com todos os benefícios acima expostos. Na vertente mais limitativa, a anualização surge como uma consequência de as tecnologias terem tempos de vida diferentes e não deterem a capacidade de usar previsão infinita, muito devido à sua limitação computacional (Gea-Bermúdez et al., 2020). Desta feita, a tecnologia terá de ser tida em consideração no decorrer do projeto, uma vez que parte da sua otimização está dependente do poder computacional.

No seguimento da análise de tecnologias agregadas ao projeto, é importante referir que algumas destas têm vindo a ser enunciadas no decorrer da investigação e serão ponderadas tendo em conta o grau de importância dada pela literatura científica. A ponderação de conceitos tecno económicos como a produção de H2 *offshore* por meio de um sistema PTX e o uso de interconectores HVDC / HVAC⁵⁴, são parâmetros que terão impactos nos custos de investimento e consequentes escolhas do local de viabilização do projeto em questão, considerando que o Mar do Norte detém múltiplas atividades coexistentes.

Com a possível existência de três hubs eólicos no Mar do Norte, o excedente de produção energético terá um foco no reaproveitamento e conversão da eletricidade para H2. Tendo por base o relatório “*North Sea Energy Offshore Energy Islands*”⁵⁵, o mesmo permite uma análise da integração de três *hubs* eólicos, de 2,5 e 20 GW, considerando as suas multifuncionalidades e possíveis cenários para um percentual de conversão em H2. Focando, primeiramente, na integração de correntes adaptadas ao projeto em questão, sendo este de caráter regional, a escolha do local de implementação e sua proximidade onshore, serão vitais para a escolha do tipo de corrente. A denominada “guerra das correntes” (CA vs CC), remonta à década de 1880, e desde então a predileta e mais desenvolvida no mercado tem sido a CA, sendo a mais utilizada no transporte de energia. Contudo as limitações presentes neste tipo de corrente, como perdas de potência em trajetos maiores, poderão acarretar riscos para projetos de longa distância.

Desta forma, perante as irregularidades presentes na CA e a forte aposta (recente) que tem vindo a ser feita em projetos HVDC na Europa, sobretudo em ambiente offshore, a

⁵⁴ HVAC - corrente alternada de alta tensão

⁵⁵ (North Sea Energy, 2020)

corrente HVDC tem ganho notabilidade. Porém, tal como é referido no relatório anterior, torna-se fulcral salientar a existência de falta de confiabilidade e de disponibilidade de cabos e sistemas HVDC. Apesar da credibilidade da corrente HVDC não ser 100% verificada, a sua escolha para projetos de natureza igual ou semelhante à do NSWPH, é uniforme entre a literatura científica existente. Em anexo (*Anexo B*), pode-se verificar uma ilustração representativa do artigo (Martínez-Gordón et al., 2022), que permite constatar que no caso de implantação de um parque eólico *offshore*⁵⁶ na região do Mar do Norte, onde os interconectores HVAC radiais são preferidos aos HVDC, devido ao fator custo-benefício e proximidade da costa, não obstante de que, tendo presente um intervalo de 80 a 120 km, o modelo HVDC adequa-se com o uso de uma rede *offshore*⁵⁷ e beneficia em termos competitivos.

Mantendo o raciocínio elencado anteriormente, o relatório enumera três cenários distintos, concluindo que tanto a distância como a capacidade de produção, têm impactos significativos nos tipos de correntes necessários, comprovando-se a viabilidade do modelo HVDC e a necessidade de um eletrolisador, num cenário como o ilustrado no relatório, de 20 GW de produção a 300 km de distância da costa. Os interconectores, sejam eles compostos por CA ou CC, permitem a ligação entre nações e caracterizam-se por serem linhas elétricas transfronteiriças que permitem o intercâmbio de eletricidade entre mercados, assegurando uma maior segurança no seu abastecimento. Numa perspetiva de bem-estar socioeconómico, estes não podem ser menosprezados pois, efetivamente, permitem uma otimização do despacho geral do sistema elétrico nos mercados que estejam conectados (Models, n.d.), tornando-os uma variável de peso, na averiguação de custos e análise de impacto social.

Em segundo lugar, a utilização de um eletrolisador caracteriza-se por ser um dos grandes trunfos de projeto desta natureza. O mesmo pressupõe a disponibilidade de água desmineralizada, ou seja, a necessidade de uso de um processo de dessalinização e embora seja uma tecnologia de rápido desenvolvimento, os impactos alusivos aos seus custos geram algum grau de incerteza, uma vez que os custos de um eletrolisador detêm um grande impacto no potencial económico das ilhas energéticas e desenvolvimento na produção de H2 (North Sea Energy, 2020). Desta forma, em questões relativas ao preço referente do H2 verde, o mesmo apresenta-se bastante lucrativo.

De acordo com a comunidade científica, o H2 verde produzido via eletrólise é considerado puro, tornando-o adequado para servir de transportador de energia ou potencial combustível para o setor da mobilidade. A sua posição no mercado, espera-se que, mesmo valendo de

⁵⁶ OWPP - *offshore wind power plant* - Parque eólico *offshore*

⁵⁷ NGO - *North Sea offshore grid* - Rede *offshore* do Mar do Norte

aumentos de preço, o H2 verde se mantenha competitivo face a variações de preço praticado, não obstante de que a presença do hidrogénio cinzento no mercado, poderá ter impactos negativos na competitividade do H2 verde. A transmissão de H2 passará pelo uso de pipelines, que apresentam dois cenários possíveis: um reaproveitamento de pipelines existentes, caracterizando-se por ser mais rentável ao invés de construção de novos, ou, a criação de novos pipelines que garantem menos riscos operacionais, pois a sua criação é projetada especificamente para o fim pretendido (NSWPH, 2022). A redução no custo capital do eletrólise, poderá resultar numa redução de até 16% nos custos de H2, podendo este valor atingir os 11%, face a aumentos de eficiência a rondar os 75% (Thommessen et al., 2021). Torna-se relevante referir que os valores acima, estão dependentes tanto da procura do mercado futuro como do desenvolvimento tecnológico.

As condições de viabilidade de um projeto de envergadura semelhante ao analisado, impacta inúmeras questões elencadas ao longo da presente investigação, acarretando tanto impactos positivos como negativos. Torna-se importante lembrar que outrora foi mencionado que o Mar do Norte é palco de muitas outras atividades, nomeadamente de conexões de cabo, que limitam as capacidades máximas de produção da área (Durakovic et al., 2023). As localizações escolhidas, para possíveis integrações de *hubs* eólicos com características semelhantes às pretendidas pelo consórcio NSWPH, terão de ser muito bem delineadas e mensuradas. À data da presente dissertação, a escolha da mesma encontra-se em aberto, contudo, fazendo uma análise detalhada do *paper*⁵⁸, o mais recente até à data da escrita da dissertação, este identifica os corredores norte-sul e este-oeste, onde se encontra localizada a zona de Dogger Bank, como as ramificações prediletas para uma potencial integração de *hubs* eólicos *offshore*.

⁵⁸ (NSWPH, 2022)

Tabela 1. Integração do conceito Hub-And-Spoke (adaptado de North Sea Wind Power Hub Consortium, 2019)

Características <i>Hub-and-Spoke</i>	Benefícios	Comparação com mercado atual
Garante uma aceleração económica e oportuna da energia eólica offshore	Aumento do uso da energia eólica offshore para alcance de metas climáticas a longo prazo	A abordagem atual não permite aumento e integração da energia eólica offshore na mesma medida. A utilização aumenta as possibilidades de fazê-lo
	Aumento económico da energia eólica offshore	Mais rentável devido ao menor custo, combinando conexões e interconectores, com base numa coordenação a nível local e internacional, garantindo a minimização de necessidade de reforços da rede <i>onshore</i>
Sendo um conceito modular, oferece maior flexibilidade de adaptação a cada projeto específico	A modularidade permite uma adaptabilidade de cada projeto às necessidades específicas do local	Contém uma ampla gama de opções de projeto disponíveis em escala, tipo de fundação e configuração e otimização para alavancar sinergias com setores de uso final
As interconexões e o acoplamento setorial maximizam a integração eólica offshore e as sinergias entre setores de energia	As interconexões e acoplamentos setoriais, garantem a manutenção da segurança do abastecimento e combinações de setores energéticos	Este conceito garante integração de partes crescentes de energias renováveis com: <ul style="list-style-type: none"> - Aumentos dos níveis de interconexões; - Redução dos preços de eletricidade; - Combinação entre offshore eólico e gás renovável com produção de combustível;

1.4.3.3. Integração do *Hub* num modelo de governança e governação - enfoque no contexto dinamarquês

Perante um projeto tão complexo e vasto, como o proposto pelo consórcio, é de esperar que o seu desenvolvimento encontre barreiras significativas, não só a nível de custos ou infraestruturas, exposto anteriormente, como também ao nível da sua governação e governança. Ao longo da investigação, questões alusivas aos tipos de governação foram sendo abordadas e relacionadas, consciencializando sempre o leitor para a sua existência e importância. Posto isto, neste subcapítulo serão tidos em consideração os tipos de governação e formas de governança e suas integrações num contexto jurídico, que face à conjuntura atual, promovem mudanças no desenvolvimento de novas medidas presentes na Agenda europeia e projetos de ordem semelhante ao estudado, que impactam mudanças no *status quo* da sociedade europeia, acabando por sua vez, por evoluir numa ordem global e ambiental.

Atualmente não existe uma estrutura de governação ou governança comprovadas, nem para uma rede offshore integrada na região do Mar do Norte, nem para um planeamento geral da expansão do setor energético europeu (Gorenstein Dedecca et al., 2018). Assim, torna-se fundamental para a presente investigação, nomeadamente para o caso de estudo das ilhas artificiais dinamarquesas, fazer uma extração de informação de artigos científicos e estudos relativos ao consórcio NSWPH, de forma a averiguar impactos da governança e governação a um nível local e regional. Fazendo uma averiguação do relatório (Models, n.d.), divulgado pelo consórcio NSWPH, o mesmo considera que o modelo de governança atribuído ao projeto, prescreve formalmente a atribuição de responsabilidades às partes interessadas nas fases referentes ao planeamento, desenvolvimento e operação dos ativos (parques eólicos offshore, subestação e fundação offshore, cabos de transmissão e subestação *onshore*).

O projeto pretende incluir, no desenvolvimento de parques eólico offshore e infraestrutura necessária, intervenientes como órgãos governamentais nacionais, desenvolvedores de parques eólicos offshore e infraestrutura, proprietários de infraestrutura e operadores de infraestrutura. Muito comumente na Europa, algumas destas funções ficam a cargo das TSO's nacionais. Nos três países fundadores do consórcio, as TSO's nacionais financiam os custos de todas as três fases do projeto mediante capital e dívida interna ou externa, com a recuperação desse investimento a acontecer, numa fase de construção do projeto sob um regulamento baseado em incentivos. A regulamentação baseada em incentivos, permitirá que o fator de eficiência incentive as TSO's na mitigação de custos e torne todo o processo mais eficiente e eficaz, ou seja, os custos de transmissão e eletricidade das TSO's dinamarquesas, alemãs e holandesas, poderão ser recuperados através de tarifas ou taxa inseridas na fatura da energia. Excetuando pelas tarifas, as TSO's também receberão compensações por parte

do mercado em caso de desequilíbrios no portfolio, receitas de congestionamento ou de leilão, que possam ser vendidas nas interligações (NSWPH, n.d.).

Na complexidade de projetos de natureza eólica ditos normais (ou seja, parques eólicos offshore), o *paper* acima (Models, n.d.), salienta que a integração de um *hub-and-spoke* vem adicionar alguns obstáculos ao projeto em questão. A integração de um *hub* para novas capacidades de interconexão, acrescenta, numa primeira fase, necessidade de novos operadores na rede de transporte. Relativamente a uma segunda fase, a inclusão de uma abordagem integrada entre eletricidade e H2, introduz não só ativos adicionais (transmissão de H2, armazenamento de energia e eletrolisadores), como também possíveis novas infraestruturas, nomeadamente de *pipelines*.

As disparidades nos modelos de governança poderão ter um peso acrescido na atribuição de funções e responsabilidades, conduzindo a um desentendimento na implantação do projeto. A definição do tipo de abordagem é fulcral para a escolha de intervenientes e conexões a serem desenvolvidas. Alguns dos países envolvidos no consórcio, como Alemanha, Países Baixos ou Dinamarca, favorecem uma abordagem centralizada, onde os órgãos governamentais nacionais detêm um papel crítico no planeamento e pré desenvolvimento da conexão à rede. Noutros países, como o Reino Unido, a responsabilidade do desenvolvimento da conexão da rede à costa fica a cargo dos responsáveis comerciais.⁵⁹

Os interconectores também aqui, têm um papel essencial, uma vez que, como abordado anteriormente, os mesmos detêm, principalmente na Europa, um impacto significativo nos modelos de governança. Os dois tipos de modelos, presentes em solo europeu, são o modelo totalmente regulamentado, onde os ativos de interconexão dependem de uma rede regulada e o modelo comercial, onde a receita parte do mercado por meio de rendas de congestionamento (Models, n.d.). Ambos os modelos contemplam um benefício do bem-estar social, no entanto distinguem-se pelo facto do segundo modelo visar em igual grau a maximização do investimento privado por meio de cobrança de rendas de congestionamento.

Focando unicamente na Dinamarca, a mesma representa um caso de estudo deveras interessante e específico, optando por uma abordagem mais híbrida. No ano de 2020, como retratado acima, o país fazia uso de um modelo centralizado, onde toda a responsabilidade ficava a cargo da Agência dinamarquesa de energia (DEA) em cooperação com a TSO. Em 2018, um acordo político levou à adoção de uma nova abordagem de descentralização, onde um novo interveniente, o desenvolvedor do parque eólico offshore, foi introduzido no processo, responsabilizando-se pela conexão à rede costeira e primeira subestação *onshore* (Models, n.d.). Este novo modelo aplicado, deve-se sobretudo à reestruturação, que será

⁵⁹ Para complemento desta informação, cf. a fig. presente no (Anexo C) - (NSWPH, 2022)

abordada em capítulos posteriores, pretendida pela Dinamarca para a implementação das ilhas artificiais dinamarquesas. Note-se que, para o desenvolvimento das ilhas energéticas, o modelo aplicado será numa perspetiva de parceria público-privada (PPP), onde o Estado torna-se o proprietário maioritário das ilhas e as empresas privadas participarão no desenvolvimento dos ativos das mesmas (COWI, 2019).

Assim, face a novas reestruturações, as estruturas dinamarquesas adquirem uma maior adaptabilidade para projetos *hub-and-spoke*, uma vez que todo o ecossistema interno, sobretudo devido a acordos políticos, se encontra preparado para a integração de projetos híbridos (NSWPH, n.d.). Os regulamentos associados a projetos de ordem regional, como é o caso do NSWPH, deverão ter por base regulamentos relevantes para o nivelamento do campo de jogo entre todos os envolvidos, assim como uma harmonização da gestão do congestionamento e cobrança pelo uso do sistema aplicada aos operadores de parques eólicos (Konstantelos et al., 2017).

Perante um contexto jurídico constituído por tratados, regulamentos e diretivas internacionais e europeias, estabelecem-se alicerces que fornecem direitos e obrigações da Dinamarca e restantes nações envolvidas, como estados costeiros nas áreas identificadas para implementação de projetos de ordem semelhante ao NSWPH. Assim, elaborou-se uma síntese própria, adaptada do relatório (COWI, 2019) alusivo ao planeamento dinamarquês e referente a tratados, regulamentos e diretivas internacionais e europeias. As diretivas são ordenadas em seguida, a partir do modo como se podem encadear umas às outras⁶⁰:

Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM)

Mediante o projeto NSWPH, justifica-se elencar os seguintes artigos, referentes a ZEE:

- Art 56º - Direitos e jurisdição e deveres do Estado costeiro na ZEE;
- Art 60º - Ilhas artificiais, instalações e estruturas na ZEE;

Em síntese, o Estado costeiro tem direitos de soberania para efeitos de exploração e aproveitamento, conservação e gestão dos recursos naturais, vivos e não vivos, inclusive dos subsolos. A sua jurisdição compreende estabelecimento e uso de ilhas artificiais e outras estruturas, bem como o dever de preservação e proteção do meio marinho;

Convenção Espoo

⁶⁰ A legislação nacional dinamarquesa aplicável e regulamentação direta ou indiretamente daí derivada será abordada num próximo capítulo, de modo a ser mais facilmente relacionável com as condicionantes e oportunidades que coloca aos projetos.

De acordo com esta Convenção, os Estados devem cooperar entre si, notificando e consultando todos os grandes projetos que possam ter impactos ambientais além-fronteiras. Dada a complexidade e o número de fronteiras envolvidas, é de esperar que a Convenção se adeque ao projeto NSWPH.

Política de segurança energética da UE

Encontra-se sob a orientação de três objetivos centrais:

- Energia acessível a preços competitivos;
- Ambientalmente sustentável;
- Assegurada a todos;

Perante a comunicação REPowerEU, a aposta atual passa por uma diversificação do fornecimento de energia da UE, aumento da economia e aceleração da eficiência e transição energética.

Ordenamento do Espaço Marítimo Europeu

Com base na diretiva (2015/89/UE), o objetivo passa pela promoção do crescimento sustentável das atividades marítimas. Aumentos do ordenamento do território, como é o caso das extensões das plataformas continentais propostas pelas NU, contribuem vivamente para a importância de políticas, que visam a integração da energia eólica com outras atividades marítimas e requisitos ambientais.

Proteção Marítima Europeia

Mediante a Diretiva-Quadro de Estratégia Marinha da UE (MSFD)(2008/56/EC), a mesma adotou uma posição de proteção e gestão do ecossistema marinho, a fim de manter o Bom estado ambiental das águas marinhas.

Todos os Estados integrantes do NSWPH encontram-se partes contratantes da Convenção OSPAR e comprometeram-se a progredir e desenvolver uma rede ecologicamente coerente de áreas marinhas protegidas (denominadas por MPA)⁶¹, estabelecida na Convenção.

A Diretiva Quadro da Água

⁶¹ MPA - *Marine Protected Areas*

A Diretiva Quadro da Água (2000/60/CE), estabelece um quadro de proteção/melhoria de todas as águas (superficiais, subterrâneas e costeiras). Sendo o NSWPH um projeto essencialmente offshore, o mesmo não deixa de albergar partes *onshore*, que deverão estar ao cuidado da diretiva.

Conservação da Natureza - contexto da UE

Num contexto legislativo da UE para avaliação ambiental de projetos ou planos, as diretivas visam proporcionar um elevado nível de proteção do ambiente e contribuir para a integração de considerações ambientais nos mesmos.

Posto isto, tendo em consideração o projeto NSWPH, existem algumas diretivas que devem ser aplicadas nos planos nacionais dos países integrantes:

- **Diretiva 2001/42/CE**, também denominada de Diretiva AAE - aplica-se a planos e programas públicos, nomeadamente os ligados ao setor energético. Esta diretiva encontra-se presente na legislação nacional dos países incluídos no consórcio.

- **Diretiva 2014/52/UE**, também denominada de Diretiva de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) - aplica-se sobretudo a projetos, envolvendo orientações específicas para projetos alusivos à energia, particularmente em questões transfronteiriças.

- **Avaliação Apropriada (AA)** - necessária em qualquer projeto ou plano suscetíveis a ter impactos adversos na integridade de um Sítio Europeu, estando a mesma alusiva a outras diretivas como, a **Diretiva dos Habitats (92/43/CEE)**, relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens e a **Diretiva de Aves (2009/147/CE)**, regulando também a harmonização dos dispositivos de proteção da vida selvagem e conservação da natureza. Ambas as diretivas se baseiam em princípios constantes da Convenção de Berna.

- No âmbito de garantir um estado de conservação favorável, elencado em algumas das diretivas anteriores, surge o Natura2000. Visando o Mar do Norte em capítulos prévios, constatou-se que o mesmo combina não só áreas Natura2000, como zonas de múltiplas atividades. A avaliação de potenciais impactos em sítios Natura 2000, contribuirá para a identificação de medidas, de forma a prevenir ou mitigar impactos e possíveis alternativas.

O envolvimento de um conceito *hub-and-spoke*, segundo o consórcio, visará uma abordagem modular de um novo modelo de governança, em que investimentos antecipados permitem a construção em etapas de vários parques eólicos offshore e a integração de diferentes infraestruturas de energia (eólica, gás e interconexão) no desenvolvimento de um sistema eólico mais sustentável. O *paper* (Models, n.d.), contempla uma possível nova abordagem no modelo de governança proposto para o projeto, caracterizado como híbrido, contudo é importante frisar que o mesmo deverá ser capaz de abordar a compatibilização e

planeamento de redes multiterminais separadamente de linhas integradas como proposto pelo artigo (Gorenstein Dedecca et al., 2018) e assim assegurar uma estrutura de governança adequada ao contexto do Mar do Norte e conseqüente contexto europeu.

Tendo em consideração a necessária distinção entre o conceito de governança e governação e tendo já sido abordado a sua distinção teórica, há necessidade agora de abordar ambos os conceitos separadamente. Os regulamentos associados a projetos de ordem regional, como é o caso do NSWPH, deverão ter por base regulamentos relevantes para o nivelamento do campo de jogo entre todos os envolvidos, assim como uma harmonização da gestão do congestionamento e cobrança pelo uso do sistema aplicada aos operadores de parques eólicos (Konstantelos et al., 2017).

Desta forma, torna-se essencial a averiguação de impactos da governação no projeto em questão, mediante um estudo das entidades envolvidas e uma análise de possíveis obstáculos a ter em conta. O projeto NSWPH propõe um desenvolvimento da transmissão offshore e produção de energia eólica no Mar do Norte. Caracterizando-se como uma rede offshore integrada na região, esta opera como um sistema multinível e multiagente, que requerem uma abordagem a nível de governação nas tomadas de decisão. Tal interpretação foi considerada, tendo por base a definição atribuída por (Bevir, 2011), que define governação como uma combinação de instituições heterárquicas (não hierárquica) e hierárquicas (formais ou informais), que conduzem às tomadas de decisão para um sistema multinível e multiagente em rede. A colocação de um *hub* (infraestrutura) numa ZEE, permite que as partes interessadas regulares efetuem as suas funções e detenham responsabilidades, de forma a recuperarem os custos associados por meio das estruturas existentes na zona (NSWPH, n.d.). Face à existência de outros modelos e interconexões na área, nomeadamente referentes ao gás natural e armazenamento de energia, o reaproveitamento dessas infraestruturas, torna-se uma possível opção a ser estudada pelo consórcio. É importante frisar que em momentos anteriores da investigação, salientou-se o papel da governação multiusos, que pode correlacionar-se com a situação acima descrita

O desenvolvimento económico, responsabilidade ambiental e progresso social, foram alguns dos parâmetros enunciados que caracterizam a definição de governação multiusos. A coexistência de setores e uso das mesmas infraestruturas, alavancam aquilo que pode caracterizar-se uma boa prática de governação, visando um reaproveitamento de modelos intersectoriais e evitando a sobrelotação de uma área onde coexistem diversas atividades cingidas aquele espaço⁶².

⁶² Torna-se importante referir que, com base no paper (Models, n.d.) , o reaproveitamento de modelos existentes é uma opção, contudo este não deixa de salientar que as complexidades de um projeto *hub-and-spoke* são únicas e exigem um design cuidadoso e específico.

A Dinamarca tem desenvolvido esforços concretos para assumir-se como um exemplo específico no âmbito deste paradigma. Perante a ambição na obtenção de uma usina conversora de energia para gás natural no *hub*, a TSO's dinamarquesa (Energinet) pretende obter uma licença para a conexão e utilização de redes existentes (COWI, 2019), permitindo uma multifuncionalidade da própria infraestrutura.

A governação marinha e governação multiescalar, por sua vez, também têm ganho uma preponderância acrescida em projetos de natureza offshore, nomeadamente em questões alusivas ao ecossistema marinho. O envolvimento de vários intervenientes, a diferentes níveis e o estado subdesenvolvido de avaliações de impacto ambiental, contribuem para uma importância acrescida da governação marinha na viabilização de projetos offshore e a necessidade de gestão racional de recursos, na sua coexistência com outras atividades (ex.: turismo, pescas, etc), como tinha sido referido em capítulos anteriores.

1.4.3.4. Impactos ecológicos

No seguimento do raciocínio anterior e face aos impactos ambientais alusivos à energia eólica offshore, mencionadas em capítulos anteriores, procedeu-se à análise de impactos ecológicos inerentes ao projeto NSWPH. Perante diretivas da UE e convenções internacionais, um dos grandes desafios que projetos semelhantes ao NSWPH enfrentam é o impacto que os mesmos têm no ecossistema. Como foi sendo elencado ao longo da dissertação, uma boa estrutura jurídica, tanto interna como externa, aliada às boas práticas de governação, ajudam a catapultar a viabilidade de projetos de ordem semelhante, permitindo um monitoramento do meio ambiente aquático e garantia do bem-estar das condições marinhas, não pondo em causa nem a prática de outras atividades na área, nem a sustentabilidade do Oceano, preservando o estado de conservação do mesmo.

Posto isto, considerando os elementos elencados, continua a justificar-se a opção estratégica inicialmente determinada. Dada a complexidade do projeto, que visa albergar diferentes ZEE na zona do Mar do Norte, tornando a área de estudo vasta, procurou-se cingir a análise de impactos ecológicos à área de Dogger Bank, enquadrada anteriormente. O estudo desta área servirá de complemento para o caso de estudo das ilhas artificiais dinamarquesas, nomeadamente na análise de questões de aplicabilidade do projeto mediante impactos ambientais e uso das mesmas infraestruturas, concebidas numa base de multifuncionalidade.

A conseqüente análise de impactos ambientais na área de Dogger Bank é centrada na ZEE dinamarquesa, dada a sua relação direta com o caso de estudo das ilhas artificiais dinamarquesas. Como já retratado anteriormente, a área de Dogger Bank caracteriza-se por

ser o maior banco de areia do Mar do Norte, detentora de especificidades únicas, seja pelas condições climáticas favoráveis à produção de energia eólica offshore ou pela existência de diversas atividades na zona. Na sua presença em solo dinamarquês, a mesma estende-se ao longo de 1400 km² de área.

Olhando para a ZEE dinamarquesa, apesar de conter áreas designadas da rede Natura 2000, nenhuma delas se situa dentro da Dogger Bank, podendo-se afirmar que existem poucas designações ecológicas. Além disso, é deveras importante salientar para o facto da existência de plataformas petrolíferas e de gás natural, que por si só constituem riscos previsíveis para o ecossistema marinho. Neste âmbito, a estrutura dinamarquesa pretende fazer uma avaliação adequada às condições ambientais, mediante leis, regulamentos e autoridades competentes, de forma a neutralizar efeitos nocivos significativos que possam surgir com a implementação de projetos como o NSWPH (COWI, 2019). Apesar de, como já referido anteriormente, a análise do contexto jurídico dinamarquês ser só abordada a posteriori, justifica-se salientar que a mesma terá de considerar a falta de proteção legal alusiva à inexistência de designação oficial na parte dinamarquesa de Dogger Bank e o desenvolvimento de projetos em áreas de proteção ambiental, principalmente as avaliadas de tipo *habitat* 1110, designadas à escala nacional dinamarquesa, como estando em condições ecológicas desfavoráveis (Bank, 2017). Uma vez que a Dinamarca não detém nenhum mapeamento realizado fora das áreas Natura 2000, põe-se em causa até que ponto, a parte dinamarquesa da Dogger Bank não se caracteriza como de *habitat* 1110.

Uma segunda vertente desta questão será o equacionamento da modelação da área designada Natura 2000. Esta área não se encontra dentro das delimitações da Dogger Bank ao contrário dos outros países do consórcio, que apresentam uma rede Natura 2000 inserida nesse mesmo espaço. A reconsideração do modelo implica a necessidade de uma recolha de informação ecológica específica local e por sua vez um monitoramento extra, na implementação de projetos na área, salvaguardando o meio ambiente. De um ponto de vista ecossistémico, a área é composta por um centro de biodiversidade focada sobretudo nas aves, toninhas e outros tipos de peixes, presentes nas encostas dos bancos de areia. A presença de fitoplâncton na zona, serve de base para a biomassa nos níveis mais elevados da cadeia alimentar e zonas de desova de peixes, contribuindo para a riqueza marinha presente na área (Bank, 2017).

Apesar desta enorme diversidade biológica, a exploração de recursos, nomeadamente a pesqueira (industrial), não colocou em risco o equilíbrio deste ecossistema. Este facto coloca um desafio significativo à introdução de uma nova forma de intervenção na zona, designadamente de um ponto de vista político, atendendo ao potencial impacto negativo na opinião pública. Isto, naturalmente, para além da gravidade do problema ecológico que iria

causar uma tal intervenção. Adicionalmente, há que ter em consideração o impacto sobre as comunidades pesqueiras.

A título de resumo final será de grande utilidade contrastar as tabelas que constam no artigo (HaskoningDHV, 2017), adaptando-as ao contexto dos possíveis impactos do projeto NSWPH nos *habitats* naturais na área de Dogger Bank.

Habitat/Espécies	Fase de Construção	Fase de Operação
Coluna de água	Turvação da coluna de água, que poderá conduzir a uma diminuição da produção primária e consequente impacto na cadeia alimentar	-
Bancos de areia	Perturbação e perdas de habitat	Perdas e mudanças do habitat
Mamíferos marinhos	Ruído subaquático	Possível atração para as ilhas devido à alta abundância de alimentos
Aves marinhas	Perturbações causadas pelas embarcações	Possível atração das mesmas para as ilhas devido à alta abundância de alimentos, área de nidificação e descanso
Peixes	Perturbação e perdas de habitat e consequente impacto negativo em ovos e larvas de peixe	Aumento da disponibilidade de alimentos conduz a uma maior presença de biomassa e de peixes
Bentos	Perturbação e perdas de habitat de espécies de substrato mole	Maior biodiversidade e biomassa de espécies de substrato duro, ou seja, espécies invasoras

Tabela 2. Possíveis impactos de um hub energético no ecossistema marinho (adaptado de HaskoningDHV, 2017)

Com base na tabela acima, pode-se constatar que a implementação de uma ilha energética, ou simplesmente de um parque eólico, causam impactos negativos e mudanças abruptas no plano holístico do ecossistema. Face à diversidade de habitats/espécies, torna-se fulcral a determinação de impactos e formulação de medidas de mitigação, que permitam a coexistência destas com o desenvolvimento de projetos eólicos, nomeadamente, de uma

ilha energética. A monitorização extra que advém da presença de uma rede Natura 2000 na área de inserção do projeto, conduz a uma maior complexidade na viabilidade do mesmo, contudo, garante uma salvaguarda acrescida na proteção do meio ambiente.

Sendo o único país do consórcio que não detém uma rede Natura 2000 na sua parte de Dogger Bank, contribuindo para uma falta de legislação e proteção local, a Dinamarca representa um obstáculo em termos ambientais, na viabilização do projeto NSWPH na área de Dogger Bank. A escolha da área de Dogger Bank para a nossa investigação contribui, de um modo específico, para o melhor entendimento, não só na avaliação de parâmetros a ter em conta na implementação de um projeto offshore eólico numa determinada área, como também para um conhecimento geral da diversidade marinha no Mar do Norte.

Capítulo II

Revisão de Literatura

2.1. Metodologia

A redação deste estudo partiu de um desenvolvimento com base num método misto, integrando técnicas de análise de informação quantitativa, qualitativa e comparativa. O método misto, segundo (Paranhos et al., 2016), procura suportar ou assegurar a configuração inicial da unidade de desenho da pesquisa, evitando uma fragmentação e transformação em desenhos de pesquisas em paralelo. Trata-se de um método que permite gerar informações complexas e complementares que favorecem a possibilidade de uma interpretação abrangente e vasta acerca de um assunto de uma determinada investigação. A triangulação alusiva à aplicação de diferentes técnicas inerentes ao método misto, pode ser entendida como uma conexão de ligações entre resultados obtidos por diferentes métodos, com vista a uma maior e melhor interpretação da matéria em causa (Duarte, n.d.).

A recolha de dados quantitativos, qualitativos e comparativos, foi efetuada de forma articulada, resultando também num processo de complementaridade, permitindo uma articulação funcional entre ambos os métodos e posterior levantamento de conteúdos alusivos ao tema a investigar. Com base numa análise qualitativa, procurou-se obter uma recolha fidedigna e vasta de fontes primárias e secundárias, compostas por documentos normativos (tratados e acordos, seguidos de decretos-leis e regulamentações) e artigos científicos, que complementassem a revisão de literatura da dissertação em causa e contribuíssem com valor acrescentado na análise do estudo de caso. Desta forma, optou-se por uma revisão de literatura que ajudou a construir o estado da arte sobre tópico e seguidamente pela elaboração de um estudo de caso. A função da análise comparativa permitiu um cruzamento dos dados obtidos anteriormente e começar a esboçar algumas conclusões possíveis, deduzidas a partir do estudo de caso.

Para descrever e enquadrar o papel da energia eólica offshore, sobretudo num panorama europeu, analisou-se o seu desenvolvimento e modelação ao longo dos anos. O estudo de fontes primárias, providas de agências e instituições, como a IRENA ou a ONU, permitiram o seu enquadramento, mediante a recolha de dados estatísticos quantitativos alusivos aos níveis de capacidade e produção da energia eólica nos últimos 4 anos. Para tal, foram usados procedimentos de estatística descritiva, para produzir gráficos, utilizando números e médias, a partir do sistema de folha de cálculo (*Microsoft Excel*). No âmbito da criação de uma sequência lógica de dados, os dados quantitativos procedem aos dados qualitativos analiticamente, com base na literatura científica recolhida, de forma a garantir a solidificação do desenho de pesquisa.

Perante o surgimento de cenários instáveis na conjuntura atual global, inseridos na baliza temporal anteriormente indicada, fez-se uma análise da Agenda Europeia, procurando contextualizar o papel da energia eólica offshore e projetos, nacionais e regionais, agregados à mesma. Daí, prosseguiu-se com desenvolvimento de conceitos base e parâmetros alusivos a projetos eólicos de caráter offshore, averiguando suas vertentes económicas, sociais e ambientais, dando um enfoque especial ao papel da Dinamarca no meio circundante envolvido. Neste campo, também a literatura cinzenta teve um papel fulcral. Os *sítes* oficiais das organizações envolvidas nos projetos, assim como dos governos nacionais, contribuíram, com base nos relatórios por eles divulgados, com informações e dados essenciais para o enquadramento tanto da energia eólica offshore europeia, como da integração e implementação de projetos no quadro geopolítico e ecológico europeu, sobretudo focado no contexto dinamarquês.

O estudo de caso tem como objetivo apresentar evidência, com base empírica, das ilhas artificiais eólicas como uma possível solução sustentável de abrangência futura, podendo a sua criação ter um papel inovador na transição verde proposta pela União Europeia. Face à instabilidade geopolítica e ambiental, projetos desta natureza, poderão alavancar uma série de ações que moldarão o status quo da sociedade, numa altura que indicia uma necessidade de mudança. O cenário em que se desenrola o estudo de caso, tem um caráter exemplar no contexto de estudo proposto, particularmente porque compreende as principais variáveis da equação das políticas energética.

Em acréscimo, o uso de uma entrevista semiestruturada (guião de perguntas abertas), permitiu uma melhor compreensão e atribuição de significados aos factos em análise. A escolha do entrevistado foi intencional e deliberadamente escolhida, com base na sua formação académica e experiência profissional, mediante os planos estruturais a serem tidos em conta na implementação de um projeto de impacto transnacional, nomeadamente nos domínios geopolíticos, económico-sociais e ambientais.

2.2. Operacionalização Conceptual

O enquadramento teórico começou por uma reflexão acerca do volume 2 do livro *Comprehensive Renewable Energy, Eight Volume Set*, uma colaboração entre os investigadores, M Kapsali e JK Kaldellis da Universidade de Ciências Aplicadas do Pireus (Instituto tecnológico de educação de Pireus), Atenas, Grécia. Este livro foi vencedor do Prémio PROSE 2012, ano da sua publicação, para melhor referência multi-volume em Ciência *Association of American Publishers*, sendo, na altura, o único trabalho publicado na área das energias renováveis. O livro encontra-se organizado de acordo com os temas mais importantes da área, contendo os seguintes volumes: energia solar fotovoltaica; energia

eólica; sistemas solares térmicos; células de combustível e hidrogénio; produção de biomassa e biocombustível; energia híbrida; energia geotérmica e energia oceânica.

Para a presente investigação, o volume relacionado com as energias eólicas, nomeadamente o capítulo referente às *Offshore Wind Power Basics*⁶³ é deveras interessante, tendo em conta o enquadramento histórico, desenvolvimento do setor e questões futuras que pretendemos abordar. O capítulo começa por na sua introdução, por fazer uma comparação entre as instalações *onshore* e *offshore*, afirmando:

"Em comparação com as instalações terrestres, a energia eólica offshore tem maior potencial de recursos (a velocidade do vento tende a aumentar significativamente com a distância da terra) e efeitos ambientais mínimos, mas as condições marinhas (clima, ventos, ondas e correntes marítimas) representam desafios consideráveis para o desenvolvimento do projeto..."

Esta afirmação por parte dos autores, permite-nos antever, desde uma fase inicial, alguns obstáculos que se colocam aos projetos eólicos offshore, mas, igualmente como a distância à costa constitui uma mais-valia considerável a ter em linha de conta. Os subcapítulos relativos à *background* e atividade do setor da energia eólica offshore, permitem-nos começar a enquadrar a Dinamarca, não só no contexto histórico do setor, "*O primeiro parque eólico offshore foi comissionado em 1991 na Dinamarca e construído pela empresa de serviços públicos SEAS.*", como no desenvolvimento da sua atividade ao longo dos anos até 2010 (máximo da baliza temporal estudada no artigo).

Seguindo o raciocínio anteriormente exposto acerca do futuro do setor, os subcapítulos referentes às considerações económicas, impactos ambientais e tendências futuras, desenvolverão questões referidas, tanto no artigo (Kapsali & Kaldellis, 2012) como no artigo Bilgili⁶⁴ e associados. Estas questões serão também tidas em conta na avaliação de viabilidade e produtividade do setor eólico e posteriormente na associação às ilhas artificiais dinamarquesas, ajudando na possível verificação do cumprimento de requisitos atuais e futuros de implementação e desenvolvimento das mesmas.

Relativamente ao enquadramento histórico das *offshore wind power* no panorama atual, este foi introduzido na nossa dissertação tendo por base artigos científicos que nos permitiram delimitar a baliza temporal para os últimos 4 anos. A delimitação da mesma foi avaliada tendo em conta as mudanças que ocorreram na conjuntura sociopolítica e económica a nível europeu e global. Questões como o Covid-19, agravamento das alterações climáticas, a

⁶³ Kapsali, M., & Kaldellis, J. K. (2012). Offshore wind power basics. In *Comprehensive Renewable Energy* (Vol. 2). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-087872-0.00217-1>

⁶⁴ Bilgili, M., Yasar, A., & Simsek, E. (2011). Offshore wind power development in Europe and its comparison with onshore counterpart. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2), 905–915. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.006>

fragilidade do Ocidente face a novas ameaças e consequente aumento da inflação têm impactos diretos nas energias renováveis e serão considerados com base em artigos científicos e artigos publicados em órgãos de comunicação social de grande impacto. A abordagem apresentada no artigo (Kuzemko et al., 2022)⁶⁵ dá-nos uma visão holística e atual e permite-nos, não só avaliar as implicações do conflito armado entre Rússia e Ucrânia (2022) na transição energética europeia, como criar elos de ligação com estas questões, expondo desafios que a Europa, particularmente a Dinamarca, terão de enfrentar a curto prazo. Posto isto, o estudo refere que até agora as respostas por parte da UE reforçam umnexo energético-segurança-clima, enunciando que dois dos três pilares da estratégia REPowerEU⁶⁶, proposto pela UE, são focados na aceleração da economia e energia limpa com bases sustentáveis, tentando mitigar as fragilidades e dependências de outras fontes energéticas. O documento referente à estratégia energética europeia será, posteriormente, estudado em maior detalhe enquadrado no estudo de caso. Com base na conjuntura atual, é importante salientar o compromisso assumido por alguns países europeus, nomeadamente a Dinamarca, em atingir 100% de eletricidade renovável até 2035.

A questão do hidrogénio é um tema que ao longo da nossa dissertação será abordada, tendo por base o empenho da União Europeia e Dinamarca em desenvolver novas infraestruturas, instalações de armazenamento e capacidades portuárias, nos quais se integram a criação das ilhas artificiais dinamarquesas.

Os autores descrevem a política energética como um “trilema energético”, estruturado numa base de três elementos-chave: a segurança energética, sustentabilidade ambiental e equidade energética, com a possível integração da justiça social. Este “trilema” pode indiciar um elo entre as questões referidas anteriormente. Tanto a questão do Covid-19, como a questão da crise do petróleo de 1970 são referidas no artigo, dando ênfase a duas crises que tiveram grandes impactos económicos, nomeadamente no que se refere a fenómenos inflacionários. O presente artigo vem corroborar informação presente noutra artigo anteriormente estudado Bilgili afirmando que:

“...na garantia da independência energética, durante as crises de segurança energética dos anos de 1970, também sustentou um renascimento nuclear e um “boom” na eficiência energética...”

⁶⁵ Kuzemko, C., Blondeel, M., Dupont, C., & Brisbois, M. C. (2022). Russia's war on Ukraine, European energy policy responses & implications for sustainable transformations. *Energy Research & Social Science*, 93, 102842. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2022.102842>

⁶⁶ European Commission. (2022a). *EU External Energy Engagement 18052022*.

É ainda de notar o paralelismo que o mesmo faz com a crise dos anos 2000, constatando que esta levou “...a uma reformulação das energias renováveis como uma fonte explicitamente doméstica de energia...”.

A mesma comparação pode ser feita com a realidade atual na Europa, onde a inflação está a ser vivida de uma forma algo semelhante à da década de 70. Desta forma, para auscultar a tendência atual referente a esta posição, os seguintes artigos publicados em órgãos de comunicação social de grande impacto ajudarão a clarificar estas afirmações. A oscilação de preços dos combustíveis fósseis, no presente ano, tem conduzido ao aumento da inflação a nível global, agravado com a questão do conflito armado presente na Europa. Desta forma, segundo a revista *Fast Company Middle East*⁶⁷, esta oscilação está diretamente ligada ao embargo imposto pela *OPEC*, que limita o acesso a estes combustíveis, obrigando nações industrializadas a construir reservas estratégicas em caso de interrupções no fornecimento no futuro. Já a revista *Forbes*⁶⁸ apresenta-nos os resultados obtidos no seu estudo, por meio da mesma metodologia aplicada na crise da década de 1970, concluindo que a taxa de inflação atual (2022) pode ser comparada à da crise de 1973.

Outro fator, anteriormente identificado, que contribuiu para o aumento da inflação, foi a questão do Covid-19. Segundo o artigo de Li⁶⁹, o surto ocorrido no final de 2019, teve um papel negativo nas energias renováveis. O mesmo refere que as diretrizes de distanciamento social e as medidas de bloqueio causaram interrupções nas cadeias de abastecimento, o que levou a um aumento dos riscos de comissionamento e investimento em projetos de energias renováveis. O estudo propõe uma nova perspetiva de impactos indiretos, ou seja, das condições macroeconómicas do Covid-19 no desenvolvimento destas energias na União Europeia.

O efeito de transbordamento económico é o principal impacto indireto identificado pelo estudo, causado pela desaceleração económica na UE e criando disrupções que terão impactos noutras cadeias comerciais globais, comprovando a repercussão do mesmo no consumo de energias renováveis. No que diz respeito ao setor eólico, o artigo, refere o encerramento de fábricas de turbinas eólicas causado pelas ruturas nas cadeias de produção e falta de financiamento no mercado. A Dinamarca, apesar de, como o artigo refere “...alcançou um sucesso notável na produção de energia renovável”, não passou

⁶⁷ (*Is the 1973 Oil Crisis Back? How Will It Impact the Middle East? - Fast Company Middle East | The Future of Tech, Business and Innovation.*, n.d.)

⁶⁸ (*Today's Inflation Is Comparable To The 1973 Oil Crisis*, n.d.)

⁶⁹ Li, R., Zhang, F., & Wang, Q. (2022). How does the EU's COVID-19 economic recession impact the renewable energy of other countries? The spillover effect. *Energy Strategy Reviews*, 40. <https://doi.org/10.1016/J.ESR.2022.100825>

despercebida ao impacto do surto, ficando com as metas de energia renovável propostas, em causa. Estas metas serão avaliadas mais detalhadamente no decorrer da nossa investigação.

O artigo (Shah et al., 2021a)⁷⁰ trata de retratar esse mesmo impacto, afirmando que, tendo por base métodos de estimativas não lineares, a produção de eletricidade renovável dinamarquesa foi afetada negativamente pelo “*lockdown*”, faltas de apoios no setor, mortes diárias devidas ao surto e declínio da produção líquida por parte das turbinas eólicas, fazendo com que a produção bruta dinamarquesa fosse a mais baixa pela primeira vez desde o ano 2000. A dependência excessiva de fontes específicas de energia por parte da Dinamarca são, segundo o estudo, um fator prejudicial em eventos de crise e que em nada ajudaram no combate aos impactos anteriormente expostos. Este artigo irá, posteriormente, contribuir com mais informações importantes relativas à contextualização do setor energético dinamarquês e à sua associação ao caso de estudo.

Desta forma, o estudo vem acrescentar valor na perceção de situação atual das energias renováveis, nomeadamente no setor eólico, face aos efeitos inflacionários trazidos seja pelo Covid-19, pela oscilação de preços de combustível fóssil, ou instabilidade sociopolítica vivida na Europa. Relativamente aos conceitos base referentes a todo o panorama das *Offshore Wind Power*, tivemos em consideração alguns termos técnicos aplicados por instituições e empresas que exercem atividade na área, nomeadamente a WindEurope⁷¹, Northseawindpowerhub⁷², UN⁷³, Energinet⁷⁴, contribuíram para um melhor entendimento de conceitos fulcrais do setor em questão e apresentaram relações diretas com a integração das mesmas no caso de estudo.

O livro *The Future of Ocean Governance and Capacity Development*⁷⁵, que serve de homenagem à denominada, “Mãe dos Oceanos”, Elisabeth Mann Borgese, abarca temas que serão abordados no decorrer da presente investigação, como por exemplo artigos referentes à energia oceânica e Lei dos oceanos e princípios de governação do Oceano.

⁷⁰ Shah, M. I., Kirikkaleli, D., & Adedoyin, F. F. (2021). Regime switching effect of COVID-19 pandemic on renewable electricity generation in Denmark. *Renewable Energy*, 175, 797–806. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.028>

⁷¹ *Wind Energy Basics* | WindEurope. (n.d.-a). Retrieved October 18, 2022, from <https://windeurope.org/about-wind/wind-basics/>

⁷² *Key concepts* | North Sea Wind Power Hub. (n.d.). Retrieved October 31, 2022, from <https://northseawindpowerhub.eu/key-concepts>

⁷³ *What is renewable energy?* | United Nations. (n.d.). Retrieved October 31, 2022, from <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-renewable-energy>

⁷⁴ *ENERGY ISLANDS IN DENMARK* | Energinet. (n.d.). Retrieved October 31, 2022, from <https://en.energinet.dk/Infrastructure-Projects/Energy-Islands>

⁷⁵ Werle, D., & Brooks, M. R. (2019b). The Future of Ocean Governance and Capacity Development. In *The Future of Ocean Governance and Capacity Development* (Issue September). https://doi.org/10.1163/9789004380271_002

O enquadramento deste volume elucida-nos para um melhor entendimento das definições de governação do Oceano, nomeadamente quando referentes à governação multiusos e governação multiescalar. A contribuição de artigos presentes na literatura corrente como Espinosa⁷⁶, e a sua relação com o volume acima apresentado, permite acrescentar valor à presente investigação, dispondo de diferentes perspetivas nas mais diversas áreas, possibilitando uma redação de pontos de vista coerentes e construtivos, que contribuirão para o desenvolvimento de conclusões finais. Artigos de base jurídica e Convenções internacionais, nomeadamente a CNUDM, foram utilizados na delimitação conceptual relativa às ilhas artificiais e plataformas continentais, particularmente europeias.

Num primeiro balanço dos índices de produtividade da energia eólica offshore presente na UE, efetuou-se uma análise conjunta de dados apresentados pela Associação Europeia de Energia Eólica⁷⁷ e pela *WindEurope*. Ambos apresentam uma síntese dos níveis de capacidade e consumo das energias renováveis nos últimos anos. De forma a dispor de informação atual e minuciosa respetiva aos níveis de capacidade e produção de energia eólica, *onshore* e *offshore* para cada região e / ou país, nomeadamente referente à Dinamarca, recorreu-se à análise de dados respetivos à Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA)⁷⁸. Posto isto, e mantendo a delimitação temporal, anteriormente definida no enquadramento histórico (últimos 4 anos), foram concebidos dois gráficos resumo de realização pessoal com base em dados estatísticos fornecidos pelo IRENA. O estudo da viabilidade referente à energia eólica offshore, partiu de uma primeira abordagem ao livro de (Kapsali & Kaldellis, 2012), anteriormente referenciado no enquadramento teórico, que apresenta alguns dos obstáculos a serem tidos em conta na implementação deste tipo de modelo eólico.

A análise de variáveis respetivas ao estudo da viabilidade, para melhor entendimento do leitor, foi repartida nos seguintes subtemas: *offshore vs onshore*, custo-benefício, *hubs* eólicos *offshore*, alterações climáticas e por última energia eólica e o seu impacto ambiental. A comparação *onshore vs offshore*, nomeadamente vantagens e desvantagens destes modelos, são abordadas pelo estudo, assim como questões alusivas ao grau de incerteza presente no modelo *offshore*. O estudo realizado por (Wang et al., 2019) serviu de complemento

⁷⁶ Espinosa-Romero, M. J., Rodriguez, L. F., Weaver, A. H., Villanueva-Aznar, C., & Torre, J. (2014). The changing role of NGOs in Mexican small-scale fisheries: From environmental conservation to multi-scale governance. *Marine Policy*, 50(PA), 290–299. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.07.005>

⁷⁷ Weiss, P. S. (2007). Aiming high. *ACS Nano*, 1(5), 377. <https://doi.org/10.1021/nn700402d>

⁷⁸ IRENA – International Renewable Energy Agency. (n.d.). Retrieved December 3, 2022, from <https://www.irena.org/>

ao anterior, focando em questões mais técnicas alusivas aos GEE⁷⁹ emitidos pelas offshore, quando comparadas às onshore. Desta forma, o complemento de ambos os estudos, contribuiu para obtenção de uma ideia mais concreta da base técnica do modelo offshore, salientando pontos fortes e fracos deste.

Sendo um modelo que abarca mudanças tanto a nível logístico como a nível tecnológico, a questão relativa ao custo-benefício não pode ser deixada de parte. Como tal, o estudo levado a cabo por (Nikitas et al., 2020) alerta para essa componente, referindo que os custos associados á implementação além da costa, têm de ser tidos conta. Um investimento capital acarreta inúmeros custos que tornam o modelo offshore mais dispendioso num plano inicial de implementação. Em acréscimo a estes custos, o artigo (Mathew, 2017) acautela outros custos, inerentes à manutenção de parques eólicos, pós construção. Os hubs eólicos, por conseguinte, apresentam ser uma das apostas futuras para dinamização da eficiência de parques eólicos offshore, redução de custos, aposta no renovável. Desta forma, o estudo orientado por Zhang⁸⁰, articulado com outros autores como Singlítico⁸¹ e Loisel⁸², disponibilizam uma análise completa do desenvolvimento da tecnologia PTX e possível produção de H₂, mediante a utilização de hubs eólicos, face às metas impostas pela UE⁸³, alusivo a este assunto em particular.

Relativamente a aspetos ecológicos alusivos à energia eólica offshore, averiguou-se duas vertentes dos mesmos, procurando contrastar os impactos de ambos e possíveis reestruturações que causem ao setor eólico, nomeadamente ao offshore. Numa primeira vertente, um estudo⁸⁴ levado a cabo por investigadores do Instituto de Geofísica da Universidade de Bergen, Noruega, elabora uma análise acerca das mudanças climáticas e aumentos demográficos e como estes podem impactar nas produções atuais e futuras na área do Mar do Norte e Báltico, constatando que há uma necessidade incontornável de legislação

⁷⁹ GEE - gases de efeito de estufa

⁸⁰ Zhang, H., Tomasgard, A., Knudsen, B. R., Svendsen, H. G., Bakker, S. J., & Grossmann, I. E. (2022). Modelling and analysis of offshore energy hubs. *Energy*, 261(PA), 125219. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125219>

⁸¹ Singlítico, A., Østergaard, J., & Chatzivasileiadis, S. (2021). Onshore, offshore or in-turbine electrolysis? Techno-economic overview of alternative integration designs for green hydrogen production into Offshore Wind Power Hubs. *Renewable and Sustainable Energy Transition*, 1, 100005. <https://doi.org/10.1016/J.RSET.2021.100005>

⁸² Loisel, R., Baranger, L., Chemouri, N., Spinu, S., & Pardo, S. (2015). Economic evaluation of hybrid offshore wind power and hydrogen storage system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(21), 6727–6739. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.03.117>

⁸³ EU Monitor. (2020). Communication COM/2020/301: A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. *Communication From the Commission To the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, 53(9). <https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vla6qbjzcok1>

⁸⁴ Barstad, I., Sorteberg, A., & Mesquita, M. dos S. (2012). Present and future offshore wind power potential in northern Europe based on downscaled global climate runs with adjusted SST and sea ice cover. *Renewable Energy*, 44, 398–405. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.02.008>

na priorização das energias renováveis, como também verificado por Ren⁸⁵. Na segunda vertente, apurou-se os impactos ambientais que as energias eólicas detêm no ecossistema. O documentário “*La face cachée des énergies vertes*” (“O lado negro das energias verdes”)⁸⁶, baseado no livro “*The war of rare metals*”, numa produção de Jean-Louis Perez e Guillaume Pitron, proporciona uma visão bastante clara dos impactos negativos que as energias renováveis têm sobre o ambiente. Os metais raros e a reciclagem são dois parâmetros bastante discutidos no documentário, salientando a sua presença e necessidade nas turbinas eólicas. A pegada ecológica causada pela falta de implementação em infraestruturas de reciclagem / recuperação na reutilização dos metais raros é o principal impacto negativo apontado pelo documentário, no que concerne às energias eólicas. Todavia, segundo o artigo científico de Dorigato⁸⁷, o mesmo afirma que as técnicas de reciclagem e reutilização de infraestruturas eólicas são possíveis, contudo estão dependentes do investimento em novas tecnologias, de forma a cobrir todos os segmentos necessários para uma prática sustentável e de menores emissões, tornando a energia eólica mais fidedigna e segura a longo prazo.

A análise do consórcio denominado de *North Sea Wind Power Hub* (NSWPH) foi a base do desenvolvimento do quinto subcapítulo do primeiro capítulo. A consulta dos sites oficiais, relatórios alusivos à implementação do projeto e literatura científica referente ao projeto em questão, permitiram redigir um quadro completo acerca das fases de implementação do projeto e seu enquadramento futuro, num contexto regional de alta instabilidade. O enquadramento do Mar do Norte permitiu, com base no artigo de Jansen⁸⁸, salientar a importância da região para a produção eólica offshore, tornando-a propícia à implementação de projetos como o do consórcio. Face às instabilidades geopolíticas atuais, a região ganha preponderância, uma vez que, para além da sua localização em solo europeu, detém a seu redor alguns dos maiores produtores de energia eólica, sobretudo offshore, do mundo, onde podemos incluir a Dinamarca.

Desta forma, este subcapítulo focou-se essencialmente na análise detalhada do projeto proposto pelo consórcio, procurando seguir o mesmo raciocínio da análise efetuada à

⁸⁵ Ren, D. (2010). Effects of global warming on wind energy availability. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 2(5), 1–6. <https://doi.org/10.1063/1.3486072>

⁸⁶ Jean, P., & Pitron Guillaume. (2020). (3) *O Lado Negro das Energias Verdes - YouTube*. <https://www.youtube.com/watch?v=stxkY2JelZO>

⁸⁷ Dorigato, A. (2021). Recycling of thermosetting composites for wind blade application. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 4(2), 116–132. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2021.02.002>

⁸⁸ Jansen, M., Duffy, C., Green, T. C., & Staffell, I. (2022). Island in the Sea: The prospects and impacts of an offshore wind power hub in the North Sea. *Advances in Applied Energy*, 6(August 2021), 100090. <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2022.100090>

viabilidade das energias eólicas offshore, justificando-se averiguar parâmetros que permitam uma análise completa e comparável com tópicos abordados previamente. Sendo o Mar do Norte uma área vasta e complexa, optou-se por cingir a zona de estudo do projeto à área de Dogger Bank. A mesma permitiu uma análise mais detalhada dos parâmetros de viabilidade, nomeadamente ambiental, dado aos estudos que suportam as suas condições, efetuados por entidades competentes.

Por fim, o consórcio forneceu dados atualizados, que juntamente com outros relatórios nacionais dinamarqueses, permitiu obter dados, tanto estatísticos como qualitativos, acurados sobre os planos prévios, atuais e futuros do projeto, sendo estes os seguintes:

- Future, G. E., & Insights, K. (2022). *North Sea Wind Power Hub Programme Unlocking the North Sea as a Green Powerplant An ambitious next step for the North Sea*. www.northseawindpowerhub.eu.
- HaskoningDHV, R. (2017). *Gap analysis ecological monitoring Dogger Bank*. July.
- Models, G. (n.d.). *Governance Models for Hub-and-Spoke Projects*. 1–23.
- North Sea Energy. (2020). *North Sea Energy III Offshore Energy Islands*
- NSWPH. (n.d.). *Economic and Financial framework for electrical infrastructure*.
- North Sea Wind Power Hub Consortium. (2019). *Concept Paper 4: Towards Spatial Planning of North Sea Offshore Wind*. February, 1–10.
- COWI. (2019). *DANISH PLANNING AND PERMITTING REGIMES FOR EEZ SECTOR*.

2.3. Estudo de caso: caso das ilhas artificiais dinamarquesas

No que concerne ao terceiro capítulo da investigação em questão, este focou-se no estudo de caso que permitiu o desenvolvimento da presente dissertação: o caso das ilhas artificiais dinamarquesas. Caracterizando-se por ser um projeto novo, ambicioso e adaptável aos tempos que correm, o mesmo tem como foco, a produção e armazenamento de energia eólica, numa fase inicial, onde o Estado dinamarquês, conta com uma participação ativa, procurando aliar a produção eólica *offshore* com objetivos sustentáveis presentes na Agenda Europeia e assim colmatar alguns obstáculos geopolíticos e ecológicos que a Dinamarca, juntamente com a Europa, enfrenta.

Numa primeira fase, o estudo da delimitação geográfica da região dinamarquesa, partiu do contributo do documento de (Marcussen et al., 2015), que por meio de tratados e legislações nacionais e regionais, permitiu a inclusão da proposta apresentada pelo ECS⁸⁹

⁸⁹ ECS - Projeto de Extensão da Plataforma Continental

dinamarquesa ⁹⁰⁹¹ às Nações Unidas, para aumentos da Plataforma Continental. A demarcação territorial dinamarquesa, contribuiu para um melhor entendimento de possíveis pretensões da Dinamarca, relativamente a projetos e planos futuros, seja numa ótica nacional, regional ou global. Detendo uma vasta ZEE, composta por regiões como a Gronelândia e Ilhas Faroé, o estudo do enquadramento geográfico dinamarquês adquire características únicas, por meio do envolvimento de regiões, como o Ártico, Mar do Norte e Mar Báltico, palco de recursos minerais inexplorados e fulcrais nas aspirações geopolíticas e económicas futuras de algumas potências mundiais, que poderão moldar as próprias pretensões propostas para as ilhas artificiais.

A análise do setor energético dinamarquês partiu do balanço efetuado pela Agência Internacional de Energia (IEA) alusivo às políticas energéticas dinamarquesas, entre os anos de 2002, com o *Denmark Review 2002*⁹² e 2017, com o *Denmark Review 2017*⁹³. O estudo de ambos os relatórios, permite contrastar o desenvolvimento do setor energético dinamarquês ao longo dos anos, sendo que, para a presente dissertação, procurou-se destacar a energia eólica. Ambos salientam o papel das energias renováveis no status quo da sociedade dinamarquesa, com o envolvimento de políticas energéticas mediante objetivos políticos ambientais. 15 anos separam a produção dos relatórios, contudo ambos tocam em duas áreas especiais, escolhidas pelo Estado dinamarquês, sendo estas: a integração da energia renovável variável ao sistema elétrico e tornar o setor do aquecimento mais sustentável. A aposta no *offshore* e uso de renováveis em detrimento do petróleo e gás natural no aquecimento individual, são consideradas críticas e tenderão a aumentar dadas as políticas e medidas internas e europeias. Esta mudança paradigmática salientada pelo relatório, reivindica a tendência do país ao longo dos anos, numa transição energética segura, acessível e ambientalmente sustentável.

A Dinamarca caracteriza-se por ser também um produtor de petróleo e gás natural e o seu envolvimento no setor data de 1972. Com ambos os setores a contribuírem significativamente para a receita do estado dinamarquês, depois de mais de 50 anos de investimento em grandes somas na exploração, desenvolvimento e operação dos campos de petróleo e gás natural na parte dinamarquesa do Mar do Norte, considerou-se fulcral a análise do seu impacto no sistema dinamarquês, nomeadamente na sua coexistência com projetos

⁹⁰(Executive Summary of the Partial Submission - The Northern Continental Shelf of Greenland | Enhanced Reader, n.d.)

⁹¹ (Suðuroy, n.d.)

⁹² IEA, O. &. (2003). Energy Policies of IEA Countries, 2002 Review. *Energy Policies of IEA Countries*.

⁹³ International Energy Agency. (2017). Denmark 2017 review. *International Energy Agency*, 1–207. www.iea.org

apoiados pela transição verde. Desta forma, informações presentes no site da Danish Energy Agency (DEA)⁹⁴, contributos por parte de estudos científicos como o de H. Lund⁹⁵ e R. McKenna⁹⁶ e a leitura de dados proporcionados pela agência IRENA, proporcionaram enquadramento detalhado do setor energético dinamarquês, assim como uma comparação com Portugal, que conduziu ao seu esclarecimento e integração atual, possibilitando o cruzamento de duas estratégias distintas, apesar das semelhanças a nível geográfico.

Em acréscimo, não podíamos deixar de focar em eventos recentes que moldaram a Humanidade nos últimos 4 anos. A situação pandémica teve o seu impacto no setor da eletricidade dinamarquesa e merece uma averiguação do mesmo. Como tal, remeteu-se novamente para o estudo contemplado por M. Shah “*Efeito de mudança de regime da pandemia de COVID-19 na geração de eletricidade renovável na Dinamarca*”⁹⁷, que permite essa constatação e enquadramento de forma mais aprofundada. Outro evento que não deve ser deixado de parte e merece a sua menção na presente dissertação é o papel da Rússia e China, em questões alusivas ao Ártico. Apesar de a presente investigação não aprofundar muito o tema, devido à limitação estrutural, o ponto de situação é contextualizado mediante o seu envolvimento com a Dinamarca, utilizando-se do relatório “*Danish Foreign Policy Review 2022*”⁹⁸, relativo a uma compilação de artigos académicos e ligados a ministros de relações externas, com o intuito de abordar políticas dinamarquesas internas e externas a nível regional, global e local.

Na averiguação do processo de implementação das ilhas artificiais, a consulta dos sites oficiais das entidades reguladoras Energinet e a DEA, permitiram a redação de um quadro completo acerca das fases de implementação do projeto e seu enquadramento futuro, mediante uma inserção nacional e regional. O contributo da literatura científica, como a de (Kern & Loffelsend, 2004) , possibilitou a integração do Mar Báltico, descrevendo-a como “...uma área altamente dinâmica de cooperação transfronteiriça e de rede transnacional”. Escolhido para albergar a segunda ilha artificial do projeto dinamarquês, o desenvolvimento sustentável do Mar Báltico, fornece uma cooperação internacional e intergovernamental entre Estados-nação circundantes, que poderá dinamizar o projeto dinamarquês a longo prazo. Por fim, tanto a DEA como a Energinet forneceram dados atualizados, que permitiram a obtenção de valores, tanto estatísticos como qualitativos, acurados sobre os planos prévios, atuais e

⁹⁴ *About oil and gas | Energistyrelsen.* (n.d.). Retrieved February 24, 2023, from <https://ens.dk/en/our-responsibilities/oil-gas/about-oil-and-gas>

⁹⁵ (Lund & Mathiesen, 2009)

⁹⁶ (McKenna et al., 2021)

⁹⁷ (Shah et al., 2021b)

⁹⁸ (*Danish_Foreign_Policy_Review_2022_DIIS_June_22.Pdf*, n.d.)

futuros do projeto, assim como um enquadramento geopolítico que sirva de alicerce para a tirada de conclusões finais. Assim, foram tidos em conta os seguintes relatórios, alusivos à implementação do projeto:

- (Danish Energy Agency, 2021)
- (*Invitation to Market Dialogue II Regarding the Procurement Framework For*, 2021)
- (Danish Parliament, 2021)
- (Agency, n.d.)
- (Danish Energy Agency, 2022a)
- (Danish Energy Agency, 2022c)
- (Energinet, 2022a)
- (COWI, 2021)
- (Danish Energy Authority, 2022)

Capítulo III

Caso das Ilhas artificiais dinamarquesas

3.1. Enquadramento geográfico dinamarquês

A Dinamarca, oficialmente Reino da Dinamarca, é um país nórdico da Europa setentrional, que faz fronteira, ao Norte e Leste com o mar Báltico e a Oeste com o mar do Norte. O país é composto pela grande Península da Jutlândia, com cerca de 5,8 milhões de pessoas, integrando 443 ilhas, das quais 48 são habitadas. Desde os primórdios que a Dinamarca controla as entradas e saídas do mar Báltico, por meio de três canais, conhecidos como os “Estreitos Dinamarqueses”.

O Reino da Dinamarca conta com a inclusão de outras duas partes: as Ilhas Faroé e a região da Gronelândia. Desde 1948 e 1979, que as Ilhas Faroé e a Gronelândia contam com governos autónomos, respetivamente e têm vindo a ser continuamente modernizados e atualizados, embora a política externa e defesa permaneçam sob o controlo dinamarquês, numa pareceria igualitária entre as três partes do Reino (Britannica, n.d.). Desta forma, torna-se importante salientar que estamos perante uma Nação, que historicamente engloba territórios sem continuidade geográfica, separados por mar, sendo neste momento uma monarquia parlamentar, cujo território está implantado no espaço europeu, integrando a UE.

Em momentos prévios da investigação, salientou-se o papel do Mar do Norte no quadro geopolítico regional e internacional, centro de uma produção eólica offshore sem precedentes e imprescindível no tabuleiro energético atual europeu. Contudo, outro Mar merece um foco de destaque na presente dissertação: o Mar Báltico. Palco de uma possível segunda ilha artificial energética dinamarquesa, a região do Mar Báltico, caracteriza-se como uma área altamente dinâmica na cooperação transfronteiriça, rodeada por estados-membros da UE e Rússia, albergando uma rede transnacional, crucial no *status quo* europeu, sobretudo, naquele que é o seu envolvimento na conjuntura atual energética. (Kern & Loffelsend, 2004). Além de deter uma extensa rede de *pipelines*, nomeadamente os denominados *Nord Stream 1* e *2*, fulcrais no abastecimento de gás natural à Europa, a região viu, recentemente, a Dinamarca autorizar a viabilidade do projeto *Baltic Pipe*, um gasoduto com origem na Noruega, estendendo-se à Dinamarca e posteriormente à Polónia, detendo condições para fornecer também à Suécia e Países Baixos. O mesmo encontra-se totalmente operacional, sendo um elo de ligação entre o Mar do Norte e o Mar Báltico, no transporte de gás natural, representando uma aposta paradoxal, tendo em conta a política europeia.

Feita esta digressão importante para enquadrar a questão em apreço, há que regressar agora ao cenário específico da questão em causa. Focando na região da Gronelândia, trata-se da maior ilha não continental do mundo, geograficamente localizada no continente norte-

americano e com um espectro geopolítico inserido na Europa. Apesar da caça, sobretudo a pesca, ser uma indústria que detém 10% da força de trabalho local, é nos recursos minerais, como ouro, rubis, diamantes, petróleo e terras raras, onde recaem as atenções todas (States, n.d.). Desta forma a região da Gronelândia torna-se a mais visada do Reino, devido às suas riquezas prometedoras, localizadas essencialmente na zona do Ártico.

Na presente dissertação, em momento prévios, salientou-se a importância dos metais raros no *status quo* da sociedade moderna, com o setor energético a depender cada vez mais desses mesmos minerais críticos, para o desenvolvimento de tecnologias e inovações que promovam as metas estabelecidas no Acordo de Paris de 2015 e atuais pretensões, sobretudo europeias, para o desenvolvimento do setor. A Gronelândia conta com um papel fulcral no tabuleiro geopolítico atual global e a sua presença no Reino da Dinamarca, contribui para um enquadramento de possíveis pretensões futuras por parte da Dinamarca, nos quais se inserem as ilhas artificiais energéticas. A sua integração na zona do Ártico coloca este país numa posição vantajosa de futuros usos diversos da zona, nomeadamente na exploração de recursos minerais subterrâneos, fundamentais para o desenvolvimento das energias renováveis.

A China, atualmente, detém cerca de 60% dos metais raros terrestres a nível global, sendo de longe o maior produtor e exportador deste tipo de minerais, garantindo-lhe uma posição de *main player* no tabuleiro geopolítico e geoeconómico internacional. Segundo Nuttall⁹⁹, existe um interesse especial, por parte da China e dos Estados Unidos, em aproveitar os recursos presentes na Gronelândia, como terras raras, áreas de mercado ou localização geoestratégica. Com o governo gronelandês empenhado em desenvolver estratégias que promovam uma postura pró-mineração do país, a sua posição difere do da Dinamarca, na vinculação de compromissos, nomeadamente alusivos a restrições referentes às emissões de CO₂, que impediriam o desenvolvimento de minas. O envolvimento de outras nações e o seu interesse na região da Gronelândia, é agravado com as mudanças climáticas, uma vez que estas têm vindo a contribuir para o degelo da região. Alguns analistas acabam mesmo por classificar o papel atual das mudanças climáticas como um “multiplicador de ameaças”, dada à forma como este afeta a estabilidade geopolítica e segurança globais (Sovacool et al., 2023).

Perante este cenário parece-nos fundamental referir o seguinte: em primeiro lugar, salientar, novamente, o papel preponderante dos recursos minerais no mundo atual, não apenas num ponto de vista económico, em que a sua escassez terrestre implica, inevitavelmente, uma inflexão estratégica para a exploração de áreas sensíveis e atualmente protegidas (CNUDM), mas ricas neste tipo de recursos. Em segundo lugar, referir a

⁹⁹ (Nuttall, 2021)

demarcação do Estado gronelandês face à Dinamarca, no que toca à estratégia ecológica em termos de opções energéticas, uma vez que prioriza uma motivação económica em prol da ecossistémica. Em terceiro, salientar um *player* importante e incontornável no que toca à exploração terras raras, particularmente na vertente da mineração: a China. O conflito de interesses que advém da convergência de ambas as posições, tanto da China como da Gronelândia, podem promover uma situação de potencial rutura que conduziria a um prejuízo acentuado no atual esforço ecológico, particularmente na área das energias renováveis.

Assim, olhando para este panorama, tanto a questão ambiental, como económica, adquirem contornos geopolíticos e estratégicos a médio/longo prazo, podendo moldar as pretensões dinamarquesas, relativamente a projetos e planos futuros, uma vez que a Gronelândia e, por conseguinte, o Ártico, se inserem dentro dos contornos anteriormente expostos e garantem à Dinamarca e UE, uma posição vantajosa no tabuleiro internacional. A articulação entre o território nacional dinamarquês, o mar Báltico, o mar do Norte e o continente europeu aliado com as questões do Ártico, apresentam-se um aspeto essencial para o interesse estratégico da Dinamarca, fulcrais nas aspirações geopolíticas e económicas futuras de algumas potências mundiais, que poderão moldar as próprias pretensões propostas para as ilhas artificiais. Em acréscimo a este paradigma, justifica-se correlacionar os argumentos anteriormente expostos, com a proposta de extensão da Plataforma Continental pretendida pela Dinamarca, tendo por base todos os alicerces definidos na CNUDM. Torna-se importante relembrar o leitor, que a definição de plataforma continental, se encontra desenvolvida no capítulo referente aos conceitos base. O seu estudo não será analisado ao detalhe nesta investigação, dada à limitação estrutural da presente dissertação, contudo a sua integração permite uma contextualização de futura área de implementação eólica, bem como caracterização geopolítica atual e futura.

O Reino da Dinamarca assinou a CNUDM no dia 16 de Novembro de 1982, vindo a ratificá-la no mesmo dia de 2004, com a entrada em vigor a concretizar-se no dia 16 de Dezembro do mesmo ano. Como constatado previamente, de acordo com os termos presentes no Anexo II, parte VI, artigo 76º, alínea 4, a extensão da Plataforma Continental prevista pela CNUDM, visa aumentar o território marítimo, onde:

“(...) o Estado costeiro deve estabelecer o bordo exterior da margem continental, quando essa margem se estender além das 200 milhas marítimas das linhas a partir das quais se mede a largura do mar territorial (...)”

À semelhança de outras nações, o Reino da Dinamarca criou em 2002, o Projeto da Extensão da Plataforma Continental, ou ECS, numa colaboração entre o ministério Real da Ciência, Tecnologia e Inovação da Dinamarca e os respetivos governos autónomos da região

da Gronelândia e Ilhas Faroé, de forma a submeter um plano detalhado acerca dos limites externos da plataforma à Comissão dos Limites da Plataforma Continental (CLCS) (Marcussen et al., 2015). Durante os anos de 2009 - 2014, a ECS realizou cerca de cinco submissões parciais nas várias regiões inseridas no Reino da Dinamarca e em 2016 a delegação oficial fez apresentar à CLCS, reivindicações relativas à Plataforma Continental ao largo da costa da Gronelândia (*DENMARK*, n.d.). A existência de sobreposições alusivas às submissões apresentadas, contribuem para uma necessidade de alinhamento interno e externo por parte do Reino, com a consolidação de pactos e acordos bilaterais fronteiriços. A extensão da plataforma está igualmente relacionada com a questão do Ártico, um foco geoestratégico, para países como o Canadá, Noruega, Estados Unidos e Rússia.

Dado o contexto apresentado anteriormente, à semelhança da China, também a Rússia adquire contornos de destaque. A sobreposição de submissões dinamarquesas com as russas, acrescentam dificuldades no plano dinamarquês para aumentos de território. A Rússia, considerada uma potência energética de incidência global, estabelece alguns dos seus eixos de atuação e objetivos geoestratégicos, na potencialização das penínsulas de Yamal e Gydan e abertura da passagem *Northern Sea Route*, presentes no Ártico. A recente consolidação e reforço de acordos de gás natural, entre a China e Rússia, alavancados no ano de 2022, em nada contribui para a atual instabilidade geopolítica global (Caetano de Sousa, 2023, pg. 59)

Com ambas as potências energéticas a visarem o Ártico, num futuro próximo, tanto a posição dinamarquesa alusiva às ilhas artificiais, como os seus planos para a região do Ártico, poderão ficar comprometidas, seja de um ponto de vista energético, com a agravante dos gasodutos *North Stream*¹⁰⁰ presentes no Mar Báltico, seja numa ótica de sustentabilidade ambiental. A importância da extensão da Plataforma Continental dinamarquesa, alerta para um aumento do território marítimo, que poderá impactar benefícios para a energia eólica offshore, uma vez que, a sua concretização conduzirá a um aumento de área liberta, para a implementação de projetos eólicos, nomeadamente das ilhas artificiais. Contudo, este aumento, conduz igualmente para a obtenção de áreas do Ártico, que como foi apresentado previamente, dispõem de reservas únicas de recursos minerais.

Em apoio a esta leitura, tem cabimento citar a entrevista que se conduziu, conforme referido na revisão da literatura, na qual o entrevistado descreve, de forma holística, o setor energético com uma nova Era industrial e tecnológica, baseada no *clean/green*, tendo as energias renováveis no seu *core*, como complemento à transição verde. O mesmo considera

¹⁰⁰ A menção aos gasodutos *North Stream* é relevante por se estarem a revelar um fator chave no âmbito das vulnerabilidades do sistema, o que fica particularmente demonstrado com a sabotagem dos mesmos, ocorrida em Setembro de 2022.

difícil, distinguir as diversas valências, subjacentes às energias renováveis, indexando essas mais valias, ao cumprimento de estratégias (europeias), fundadas no princípio político, social e jurídico. As presentes dificuldades da UE, nomeadamente na vertente da limitação espacial, que são particularmente evidentes no caso de atividades como a pesca e turismo, aliados à vertente ecológica, estando a boa governação destes, dependentes de permissões de múltiplos Estados, que pode ser problemático.

3.2. Contextualização do setor energético na Dinamarca

Como constatado previamente no enquadramento histórico das energias eólicas *offshore*, a Dinamarca tem contruído, nos últimos 40 anos, um suprimento de energia de origem doméstica, apostando nas energias renováveis e adquirindo-as como fontes primárias do setor. O país tem demonstrado que o consumo de energia e emissões de CO₂, podem ser colmatadas, com base num crescimento económico significativo e um alto padrão de vida, que faz da Dinamarca um dos países mais sustentáveis do mundo. Segundo os valores apresentados no Relatório de Desenvolvimento Sustentável¹⁰¹, levado a cabo pela OCDE no ano de 2022, a Dinamarca ocupa atualmente o 2º posto, com uma pontuação de 85.6, alusivos aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) padronizados pela NU.

O desejo de alcançar uma sociedade descarbonizada, que contribua para o cumprimento de metas propostas no Acordo de Paris, é consistente com os esforços, que países como a Dinamarca têm feito nas últimas décadas para mitigar a libertação de CO₂ para a atmosfera, dentro de portas. Com os setores da energia e transporte (sistema energético) a corresponderem com cerca de três quartos das emissões atuais de gases de efeito de estufa, existe uma necessidade do sistema se integrar com outros setores, e por sua vez interagir com os mesmos, de forma a permitir o estabelecimento de sinergias, tonando todo o processo mais eficiente, proporcional ao mercado e adequado à sociedade (Lund et al., 2022). No mesmo seguimento, as energias renováveis, juntamente com a conservação de energia e a produção combinada de calor e energia (CHP), tornam-se fatores essenciais para a implementação de objetivos, de forma a colmatar as alterações climáticas verificadas no globo. A tecnologia CHP procura maximizar a eficiência energética ao produzir eletricidade e calor a partir de uma mistura versátil de combustíveis numa instalação próxima ao local de consumo, aliviando a sobrecarga nas redes elétricas, permitindo não só o uso de infraestruturas existentes (gás, eletricidade ou calor), como a utilização ideal de energias renováveis, no formato de, por

¹⁰¹ (OECD, 2022)

exemplo H2, garantindo a sua adequabilidade para cobrir cargas residuais na rede elétrica, nomeadamente no reaproveitamento de calor para aquecimento urbano¹⁰².

O uso desta tecnologia caracteriza-se por ser uma das razões que contribuíram para que a Dinamarca reduzisse a emissões de CO2 e evitasse o desperdício energético, mantendo o consumo de combustível quase inalterado ao longo do tempo. Após a crise do petróleo na década de 1970, delineada previamente, o país decidiu expandir o sistema combinado de calor e energia (CHP), ao longo do seu território, utilizando o recém-descoberto gás natural presente no Mar do Norte, para posterior uso em CHP's descentralizadas. Em 2004, o país já se destacava como uma das nações líderes na implementação da combinação CHP, com cerca de 20% da mesma, a ser produzida a partir de energia eólica (Lund & Münster, 2006). A aposta no sistema CHP é o espelho de um dos objetivos delineados em 2017, no Novo Acordo de Energia dinamarquês para os anos de 2020-30, que focava num aumento da eletrificação dos setores de aquecimento, indústria e transporte, a fim de integrar uma maior parcela de energia renovável no sistema energético.¹⁰³ Atualmente, mais de 60% do aquecimento distrital dinamarquês é produzido com base em CHP, permitindo economizar 30% do combustível e reduzindo o consumo bruto total de energia em 11%, quando comparados com as produções separadas (método tradicional) (DEA, 2020).

Em momentos anteriores da investigação, destacou-se o papel do sistema PTX, uma tecnologia prometedora, que visa atingir sua melhor *performance*, com base numa integração térmica otimizada. A incorporação do sistema PTX com o método CHP, poderá ajudar no equilíbrio de flutuações causadas pela energia renovável volátil, permitindo a produção de energia elétrica em menos tempo. A preponderância do H2 verde em sistemas desta natureza é visível, uma vez que, atualmente, maior parte das usinas CHP, são alimentadas por este, possibilitando o abastecimento de distritos de uma forma neutra para o clima.¹⁰⁴ A integração do uso de H2 na Dinamarca, é proposto como um transportador de energia viável, em sistemas de caráter semelhante ao CHP, devido á sua versatilidade no uso, transmissão e capacidade de armazenamento de energia¹⁰⁵. Em acrescento, dado ao alto desenvolvimento do setor eólico na Dinamarca, estas mesmas características contribuem para uma descentralização do sistema de conversão de energia, muito visado pelo Estado dinamarquês no aumento da capacidade de armazenamento de grandes quantidades de energia eólica *offshore* em parques eólicos, nomeadamente nas ilhas energéticas, uma vez que, a produção eólica excedente é usada na produção H2.

¹⁰² (Cogen - Combined Heat and Power as a Key Component of Sustainable Energy Supply, n.d.)

¹⁰³ (International Energy Agency, 2017)

¹⁰⁴ (Cogen - Combined Heat and Power as a Key Component of Sustainable Energy Supply, n.d.)

¹⁰⁵ (Sørensen et al., 2004)

Segundo o artigo desenvolvido por Lund¹⁰⁶, a Dinamarca possui uma alta entrada de energia eólica equivalente a aproximadamente 50% do fornecimento de eletricidade, contudo a presença de combustíveis fósseis, como o carvão, petróleo e gás natural, no sistema, especialmente no setor do transporte, é relativamente alto, em comparação com outros setores. Assim, a agregação do sistema CHP e PTX, numa base de energia renovável, pode ajudar a mitigar o uso de combustíveis fósseis, transpondo o uso destas tecnologias, para o setor do transporte, a fim de atingir os objetivos anteriormente delineados no Novo Acordo de Energia dinamarquês para os anos de 2020-30. Desta forma, é perceptível a aposta feita pela Dinamarca, neste tipo de sistemas, uma vez que, como mencionado previamente, alguns deles poderão vir a estar presentes em projetos de caráter eólico *offshore*, como o NSWPH ou as ilhas artificiais energéticas.

As apostas sustentáveis no setor energético têm sido um foco constante do governo dinamarquês, que recentemente, no ano de 2020, aprovou a Lei do Clima, visando uma redução de 70% nos gases efeito estufa dinamarqueses até 2030 e conseqüentemente, uma sociedade totalmente descarbonizada até 2050 (Lund et al., 2022). No que concerne a esta Lei, a mesma contempla dois planos de ação, focados na energia eólica, cruciais tanto para o enquadramento futuro do setor *offshore* dinamarquês, como para o desenvolvimento da presente investigação, uma vez que abrange os seguintes tópicos: uma avaliação de expansão mútua da energia eólica *offshore* entre os países dinamarqueses e do Mar do Norte e a implementação das ilhas artificiais dinamarquesas, de produção de 10 GW até 2030.

Tudo se conjuga numa tentativa de descarbonização até 2050, com medidas internas a serem tomadas e reestruturações a serem feitas no setor energético, o Estado dinamarquês procura estar inserido nos projetos eólicos, mediante parcerias público-privadas, como salientado anteriormente, de forma atingir as metas propostas a nível interno e europeu. Contudo, o setor energético dinamarquês, nomeadamente na vertente eólica, também apresenta “*gaps*”, que moldam a sua contextualização atual e permitem tirada de algumas conclusões. Numa primeira abordagem, é importante frisar que, em momentos anteriores da dissertação, efetuou-se uma balizagem temporal de quatro anos (2018-2022), que permitiu a análise e comparação de valores de produtividade eólica *onshore* e *offshore*, entre a Dinamarca e a UE. Desta forma, justifica-se averiguar que implicações advieram da pandemia causada pelo Covid-19 e de que forma as mesmas impactaram de forma negativa na produção de eletricidade renovável, sobretudo eólica, pondo em causa, algumas das metas propostas pela Dinamarca até 2050.

¹⁰⁶ (Lund et al., 2022)

Apelidado de laboratório de soluções verdes, a Dinamarca aparentou estar excessivamente dependente de energia eólica, face a eventos de crise, como foi o caso do Covid-19, que veio expor vulnerabilidades, presentes, naquele que é considerado um *player* líder na integração de sistemas de Energia Renovável Variável (VRE). A falta de diversificação no sistema energético, nomeadamente em fontes de energia baseadas em hidrocarbonetos, como é o caso da hidrelétrica, conduzem a uma falta de capacidade de resiliência do país, para neutralizar e responder adequadamente a quaisquer choques que surjam no sistema, como é o caso do Covid-19 (Shah et al., 2021b). Por conseguinte, a forte dependência de uma só energia renovável, contribui para que a Dinamarca se encontre mal classificada em termos de segurança e equidade energética. Os gráficos apresentados no subcapítulo referente à produtividade eólica, permitem verificar o decréscimo de produção e capacidades, referentes à energia eólica, durante o ano de 2020, funcionando como um espelho dos impactos que a pandemia teve no setor. As políticas de restrição e bloqueio, impostas pelo estado dinamarquês na altura, tornaram o investimento na indústria renovável incerto, pondo em causa possíveis projetos futuros e agravando o estímulo económico que o próprio governo implementou, uma vez que, para atingir o objetivo até 2050, o governo dinamarquês gastou aproximadamente 26% do seu PIB, no combate a disrupções causadas pelo Covid-19 (Shah et al., 2021b).

Neste momento, parece ser útil ensaiar uma comparação entre dois cenários que se aproximam geograficamente, mas nos quais se aplicaram estratégias opostas. Esses cenários são o dinamarquês e o cenário português, o que imprime um interesse adicional a esta comparação, sendo este o país em que este trabalho é produzido. Relativamente às semelhanças geográficas, o facto que mais se destaca será a área territorial de ambas as nações e suas semelhanças relativas ao número total de habitantes e densidade e distribuição populacional. Nenhum dos países é um país central, mas apresentam orlas marítimas extensas e ZEE vastas, que incluem ilhas e territórios sem prolongamento terrestre.

Fazendo uma avaliação dos perfis energéticos de cada país, segundo dados retirados do IRENA¹⁰⁷¹⁰⁸, verificou-se que ambos têm feito uma aposta sólida e progressiva, ao longo da última década, no que concerne às energias renováveis, apresentando valores credíveis e dentro da média do espectável, para países inseridos na UE, e, por conseguinte, sob a alçada de uma Agenda Europeia. Neste seguimento, optou-se por averiguar três parâmetros, alusivos aos relatórios do IRENA em estudo, sendo estes: os níveis de abastecimento total de energia, os níveis de consumo de energias renováveis e diversificação nos níveis de capacidade renováveis.

¹⁰⁷ (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2022a)

¹⁰⁸ (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2022)

Relativamente ao nível de abastecimento total de energia, a Dinamarca detém um valor de abastecimento renovável superior ao de Portugal, com 38% e 26%, respetivamente, enaltecendo a aposta de ambas as nações numa transição verde. Contudo, não se pode deixar de frisar, que ambos os países apresentam valores consideráveis de uso de gás natural e petróleo, apesar de estes serem mitigados pelos aumentos no setor renovável. Na avaliação dos níveis de consumo de energia renovável, os países apresentam uma discrepância maior em relação ao primeiro parâmetro, uma vez que o foco no seu uso diverge consoante a aposta nos setores de abastecimento. Grande parte do consumo renovável dinamarquês, mais concretamente 61% do mesmo, foca-se no sistema de eletricidade, apontando o setor *household* ou também denominado de familiar, como o predefinido em termos de investimento (44%), muito por conta do clima frio que se verifica naquela região. Ainda neste seguimento, o uso do sistema CHP, exposto anteriormente, detém também aqui um papel crucial, uma vez que permite justificar a percentagem avultada de geração de calor e o investimento dinamarquês em setores que visem melhorias no aquecimento urbano. Por sua vez, Portugal apresenta um consumo renovável de 52% focado no sistema de eletricidade, sendo o setor industrial o mais visado no seu consumo, contando com 44%, enquanto a Dinamarca detém somente 22% do mesmo. Desta forma, o contraste de ambas as nações, permitem verificar planos de ações diferentes, que divergem conforme as políticas internas dos Estados, mas com um foco único: atingir a transição verde até 2050. Na análise do último parâmetro, avaliou-se a questão referente à diversificação do consumo renovável, já abordado em momentos prévios do subcapítulo e onde se concluiu que a Dinamarca dispõe de um sistema pouco variado. Neste aspeto, o cenário português apresenta-se possivelmente vantajoso, dada a aposta feita em diversas fontes de energia renovável, que permite ao país dispor de um lote mais vasto de opções energéticas e amortecer choques que surjam no sistema.

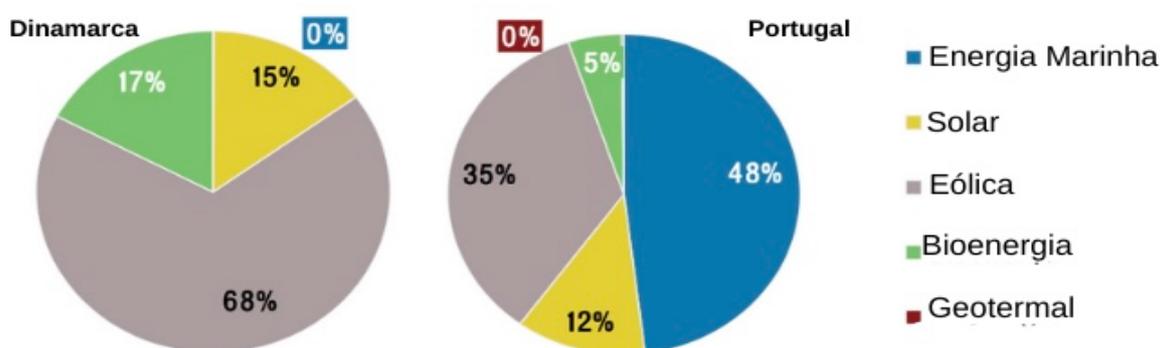


Gráfico 2. Capacidade renovável em 2021 (adaptado de IRENA Energy Profile)

Apesar de, como verificado anteriormente, a Dinamarca deter uma posição de top 3 no denominado trilema energético (segurança energética, equidade energética e sustentabilidade ambiental) e Portugal simplesmente ocupar a 23ª posição, a comparação de ambos permite visualizar duas realidades díspares em países que, apesar das semelhanças territoriais, contrastam nas políticas internas, que moldam a própria sociedade no seu desempenho ambiental.

A questão alusiva à equidade energética torna-se num dos parâmetros cruciais para um melhor entendimento dos preços recorde, dentro da UE, por parte da Dinamarca. Trata-se de um paradigma subjacente à política dinamarquesa, que se pode comprovar pela sua persistência ao longo das últimas décadas, independentemente de circunstâncias económicas específicas. Para ilustrar este argumento, podemos citar os dados alusivos à variável referente ao preço da eletricidade para consumidores, no intervalo de 2014-2020.¹⁰⁹ Desta forma, acaba por ser o cidadão a suportar o esforço económico de manter uma determinada política energética, o que poderá refletir numa consciência social particular, relativa ao problema da ecologia, que poderá representar o retorno do investimento dessa carga fiscal, uma vez que o preço base alusiva à produção e distribuição propriamente dita, acaba por ser o item mais baixo do valor total (European Commission, 2020).

Por esta via, o modelo energético dinamarquês apresenta um sistema holístico e integrado, que visa incluir todos os setores de energia da forma mais eficiente (CHP). O mesmo parte de uma base tripla, contemplando a eficiência energética, a energia renovável e a integração de sistemas¹¹⁰. O preço e a falta de diversificação no sistema energético, acabam por ser o aspeto menos positivo, tanto do ponto de vista do contribuinte, quanto da sustentabilidade do esforço ecológico, que poderá advir da necessidade de descarbonização até 2050.

Confirma este entendimento, a opinião do nosso entrevistado, ao afirmar que as problemáticas, alusivas às energias renováveis, como principal eixo de abordagem das questões: fabricação de componentes; cadeias de abastecimento (em questões de segurança, resiliência e sustentabilidade); criticidade dos materiais (que estão a subir no mercado); envolvimento conjuntural (cooperações bilaterais e uma certa vantagem da UE no setor eólico, nomeadamente *offshore*).

¹⁰⁹ Estes dados podem ser verificados em maior detalhe a partir de (*Home - Eurostat*, n.d.)

¹¹⁰ (*The Danish Energy Model | Energistyrelsen*, n.d.)

3.3. Políticas externas dinamarquesas relacionadas com a questão energética

3.3.1. Quadro legal

O presente subcapítulo, procura enquadrar a Dinamarca no quadro geopolítico, global, regional e local, nomeadamente com foco estratégico na questão energética, de forma a expor um lote de possíveis opções, que poderão estar envolvidas na agenda futura dinamarquesa, paralelamente às ilhas artificiais e que permitam antever algumas oscilações que daí advenham. Do Mar do Norte ao Mar Báltico, passando pelo Ártico, são áreas que integram centros de velhas ameaças, sobre múltiplos pontos de vista, que tendem a reaparecer com a instabilidade geopolítica atual e que colocam a Dinamarca e seus interesses, no cerne da tensão envolvente, obrigando a uma mudança estratégica, com base num reforço das políticas externas. Assim, a presente investigação baseou-se nos relatórios “*Danish Foreign Policy Review 2022*”¹¹¹ e “*Foreign and security policy strategy*”¹¹², para o desenvolvimento deste subcapítulo.

Como foi sendo elencado ao longo da presente dissertação, a Dinamarca comporta-se como um ator ativo no panorama global a todos os níveis, com uma forte presença em acordos e instituições internacionais (UE, NATO e ONU), que asseguram a promoção de valores como justiça, progresso social e segurança, mediante cooperações multilaterais, que procuram assegurar os interesses de todos os envolvidos, bem como, a preservação da Natureza. Um dos principais objetivos, enunciados nos relatórios, anteriormente expostos, passa por um fortalecimento da cooperação entre envoltentes da NATO, a nível político e militar, nomeadamente no que toca às ligações transatlânticas, que ajudam na consolidação de laços com os Estados Unidos (EUA), com quem a Dinamarca detém uma estreita relação bilateral, que segunda a mesma, deve ser protegida e expandida. A escalada militar da Rússia e o comportamento autoafirmativo da China, agravados com a instabilidade energética e as crescentes tensões resultantes da militarização do Ártico, verificados previamente, são o resultado da necessidade de uma colaboração coesa entre a UE e os EUA e da responsabilidade acrescida do Estado dinamarquês em garantir a baixa tensão no Ártico e Atlântico Norte, visto que são considerados dois polos fulcrais para o crescimento sustentável económico e social do país.

Em momentos anteriores da dissertação, deu-se ênfase à importância do papel da Gronelândia, nos objetivos futuros do Reino da Dinamarca, realçando a atual tensão entre o

¹¹¹ (*Danish_Foreign_Policy_Review_2022_DIIS_June_22.Pdf*, n.d.)

¹¹² (Danish Ministry of Foreign Affairs, 2022)

governo gronelandês e o governo dinamarquês. O estado de tensão entre os governos pode aumentar, com a mudança de relação entre EUA - Gronelândia, que, segundo Sara Olsvig, que afirma que um dos principais objetivos da Gronelândia, passa pela transição de um trilateralismo (Gronelândia, Dinamarca, EUA) para um bilateralismo (EUA, Gronelândia). Segundo a autora, esta crise diplomática, denominada pela mesma como “Uagununa nunarput”, é desencadeada em 2014, com as negociações subseqüentes à base aérea de Pituffik, mediante a concessão da mesma a uma empresa americana, ao invés de uma gronelandesa-dinamarquesa, estabelecendo o desenvolvimento de novas relações bilaterais entre a Gronelândia e EUA e um pacote de crescimento económico de 12 milhões de dólares, apresentado em 2020, para o financiamento de uma série de iniciativas norte-americanas, focadas no setor mineral, com especial atenção para os recursos minerais, do turismo e da educação, algo que surpreendeu o parlamento dinamarquês¹¹³.

A esta turbulência política, acresce a posição gronelandesa de se autoafirmar como uma região autónoma, algo previamente verificado, com a aceitabilidade de projetos de mineração a grande escala, por parte da China, considerado pela Dinamarca, como insustentável a nível de segurança e conseqüentemente das políticas externas. Numa altura em que o Ártico é visto como um epicentro geopolítico, os acordos entre a Gronelândia-EUA podem ser uma garantia de segurança geral para região, dada a militarização do domínio russo e o interesse económico chinês, contudo o envolvimento direto da Dinamarca no tabuleiro geopolítico está posto em causa, estando o seu papel dependente da aceitabilidade das exigências constitucionais gronelandesas e paradoxalmente, da coesão de todo o Reino. Desta forma, a consolidação da aliança com os EUA, torna-se um fator fundamental na coesão do Reino, assim como, na salvaguarda do Ártico e por conseguinte do Atlântico Norte, área crucial para o desenvolvimento energético europeu futuro. A integração da Dinamarca no Conselho do Ártico, contribui para que a sua presença seja ativa nas questões e cooperações relativas ao mesmo, inclusive na resolução de disputas que envolvam a demarcação no âmbito da CNUDM, que como verificado anteriormente, poderá agravar com as novas propostas de extensão da plataforma continental. A nível interno, a Dinamarca reitera, por meio do documento “*Foreign and security policy strategy*”, o fortalecimento do Reino apoiado em medidas que visem questões de políticas externas, alusivas à segurança e defesa da nação, mediante uma parceria das três partes do Reino baseada na igualdade, respeito, confiança e inclusão mútua.

A tensão política é agravada com a mudança climática e escassez de recursos naturais, constituindo uma crise de segurança, que deve ser controlada, com o fim da era dos

¹¹³ (*Danish Foreign Policy Review 2022 DIIS June 22.Pdf*, n.d.)

combustíveis fósseis. A Dinamarca tem-se empenhado na luta por uma transição verde, longe de combustíveis fósseis, procurando garantir que as ambições climáticas acordadas, são atingidas e convertidas em ações concretas. Ao longo da presente dissertação foi possível constatar que as políticas verdes dinamarquesas têm sortido efeito, não só nas emissões e ações internas, como também ao nível da literacia ambiental desenvolvida pela sociedade, tornando o país um líder na arena verde, concedendo à Dinamarca uma responsabilidade acrescida, no impulsionamento e desenvolvimento de novas estratégias e parcerias verdes. O país procura manter um consenso com a agenda europeia nas medidas a aplicar e assim acelerar a transição verde, propondo uma série de projetos, como o caso das ilhas artificiais dinamarquesas e reestruturando o próprio sistemas energético, para que o mesmo se adequa às mudanças necessárias, como tem sido visível ao longo da investigação. Neste seguimento, o impulso verificado nas exportações dinamarquesas, permitem aumentos na capacidade de financiamento em projetos verdes futuros, possibilitando cooperações estratégicas que promovam transições sustentáveis, mediante parcerias público-privadas e tecnologias, que têm vindo a ser verificadas ao longo do presente estudo.

A Convenção do Clima da ONU, o Acordo de Paris e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, bem como a sua integração no G20 e COP26, asseguram um papel ativo da Dinamarca nas tomadas de decisão pela contribuição climática e ao mesmo tempo, sendo uma das principais nações marítimas do mundo, assume a liderança marítima verde, em paralelo com outros, estabelecendo metas, que visem uma navegação neutra ao nível climático até 2050, contribuindo para um reforço da diplomacia climática marítima na Organização Marítima Internacional (IMO) (Danish Ministry of Foreign Affairs, 2022).

Segundo o entrevistado, torna-se difícil, distinguir as diversas valências, subjacentes às energias renováveis, indexando essas mais valias, ao cumprimento de estratégias (europeias), fundadas no princípio político, social e jurídico. Relativamente a estes cenários, quando inquirido sobre atenção aos fatores relacionados com vantagens e desvantagens geopolíticas, o entrevistado enumerou as seguintes: como vantagens, as energias renováveis ajudam na diversificação energética e democratização e descentralização das energias e como desvantagem, o peso não negligenciável das tensões regionais.

3.3.2. Leis dinamarquesas para a proteção ambiental

No seguimento das políticas verdes dinamarquesas, justifica-se expor ao leitor, uma série de leis e diretivas acionadas a nível interno, visando a proteção ambiental local e regional, garantindo condições adequadas para as boas práticas sustentáveis a nível ambiental, com abrangência a projetos, como as ilhas artificiais energéticas:

❖ Diretiva-Quadro da Água (2000/60/CE), implementada na Lei dinamarquesa de planeamento hídrico, juntamente com outros planos hídricos nacionais;	❖ Diretiva de Estratégia Marinha (2008/56/CE), inserida na estratégia marinha nacional (Estratégia Marinha da Dinamarca);
❖ Zonas de desenvolvimento designadas no Plano Espacial Marinho da Dinamarca, preparadas de acordo com a Lei dinamarquesa de planeamento físico marítimo - baseada na Diretiva (2014/89/UE)	❖ Lei dinamarquesa de Conservação da Natureza (Naturbeskyttelsesloven) ¹¹⁴ (secção 3, alusivo à proteção de áreas protegidas, construção e linhas de proteção) - Lei nº 951/2013
❖ Lei Dinamarquesa do Ambiente Marinho (Havmiljøloven) (descargas, eliminação e despejo) - Lei nº 116/2017	❖ Lei Dinamarquesa de Matérias-Primas (Råstofloven) (extração e utilização de matérias-primas) - Lei nº 124/2017
❖ Lei Dinamarquesa das Pescas (Fiskeriloven) (exploração dos recursos alimentares marinhos) - Lei nº 261/2019	❖ Lei Dinamarquesa de Contaminação do Solo (Jordforureningsloven) - Lei nº 1427/2009
❖ Lei Dinamarquesa dos Cursos de Água (Vandløbsloven) - Lei nº 1150/2003	❖ Área designada de interesses no planeamento de matérias-primas das regiões
❖ Áreas designadas de interesse no planeamento municipal (áreas de especial valor, mapa da Dinamarca Verde, áreas de património cultural, áreas com interesses especiais de água potável, etc.)	❖ A Lei dos Museus Dinamarqueses (diques protegidos, etc.) - Lei nº 1505/2006

Tabela 3. Informação verificada no site Ecolex

¹¹⁴ Acresce a esta estratégia, assegurar o compromisso europeu, mediante as Convenções enumeradas na pg. 49, com especial atenção à **Diretiva dos Habitats (92/43/CEE)** e a **Diretiva das Aves (2009/147/CE)**, nomeadamente nos planos propostos para áreas protegidas Natura 2000.

3.4. Processo de implementação do projeto

3.4.1. Conceptualização do projeto

Ao logo da dissertação construiu-se um quadro que permitisse uma contextualização do paradigma atual do que se refere à abordagem da energia eólica *offshore*, possibilitando a integração de projetos candidatos, na qual a Dinamarca se insere, que propõem uma mudança na conjuntura geopolítica atual, procurando promover um foco sustentável no âmbito energético e uma melhor adaptação do setor, face aos desenvolvimentos recentes que foram sendo enunciados ao longo do estudo.

O presente capítulo, visa analisar o caso de estudo que permitiu o desenvolvimento desta dissertação, as ilhas artificiais dinamarquesas, procurando avaliar parâmetros alusivos à implementação de um projeto, que aspira dar continuidade à tradição dinamarquesa no setor eólico, com a construção daquela que será a primeira ilha artificial de energia eólica do mundo. A conceptualização de um centro de energia eólica *offshore*, é uma visão almejada por muitos e que foi sendo desenvolvida ao longo da presente investigação, havendo projetos como o NSWPH, que detêm na sua base de criação, uma implementação semelhante à da dinamarquesa, com uma ilha artificial a servir de centro de conexão para parques eólicos a seu redor, formando o denominado *hub* eólico. O alto desenvolvimento e investimento dinamarquês no setor eólico ao longo de décadas, verificado anteriormente, permite ao país, valer-se de um conhecimento especializado e de uma vasta experiência, que lhe dá alguma vantagem na execução de um projeto de carácter ambicioso e complexo. Justifica-se lembrar o leitor, que a idealização da construção do primeiro sistema elétrico europeu no Mar do Norte, por via de um *hub-and-spoke*, partiu da TSO holandesa, Tennet, operadora integrante do projeto trilateral NSWPH, na qual a TSO dinamarquesa, Energinet, se encontra inserida.

Em Junho de 2019, após eleições legislativas que conduziram a uma coligação governamental no país, o novo governo comprometeu-se com a implementação de uma ilha artificial *offshore* de energia, com capacidade mínima de 10 GW até 2030. Um ano depois, no dia 22 de Junho de 2020, o parlamento dinamarquês acordou, na sua maioria, a extensão do projeto inicial para duas ilhas energéticas, com uma capacidade total de 5 GW até 2030¹¹⁵, estando esta medida inserida no Acordo Climático para a Energia e Indústria, previamente mencionado nesta investigação como Lei do Clima. O projeto conta com o envolvimento de entidades competentes como a DEA, a par com o Ministério do Clima, Energia e Utilidades e com a TSO dinamarquesa, Energinet, ambos responsáveis pelas investigações alusivas à

¹¹⁵ (ENERGY ISLANDS IN DENMARK | Energinet, n.d.)

viabilidade de possíveis locais de implementação do projeto e diálogos de mercado nele inseridos.

Relativamente à localização da implementação das ilhas energéticas, o plano prevê o estabelecimento de uma das ilhas no Mar do Norte, com uma capacidade de fornecimento eólico de 3-4 GW de energia, havendo um possível *upgrade* do seu potencial de expansão a longo prazo de 10 GW. No que concerne à segunda ilha, a sua implementação na região de Bornholm, no Mar Báltico, conta usufruir de instalações eletrotécnicas que lhe permitem, ao largo da costa, fornecer 3 GW de energia, por meio de um sistema, igualmente idêntico ao da primeira ilha e anteriormente abordado na presente investigação: o sistema *hub-and-spoke*¹¹⁶. Apesar de assentarem no mesmo conceito, a conceptualização de ambas as ilhas apresentam diferenças, uma vez que, as suas localizações, alteram o seu modo de funcionamento: enquanto a ilha energética do Mar Báltico, dada a sua proximidade da costa, irá deter em terra, os equipamentos eletrotécnicos de captação e distribuição de energia vinda das turbinas *offshore*, a ilha no Mar do Norte será uma ilha artificial construída especificamente para esse fim, detendo uma preponderância acrescida, dado o seu potencial *offshore*, na produção de energias verdes, extensão de fornecimento a outras regiões e nova conversão de eletricidade, por meio de tecnologias inovadoras, como o PTX, para uso em indústrias, que atualmente não detêm acesso a fontes renováveis de uma forma direta. A preponderância da ilha situada no Mar do Norte, fica marcada também, pela questão do envolvimento da Dinamarca no projeto NSWPH, que como referido anteriormente, propõe o mesmo conceito para a região, com abrangência a outras nações.

Como salientado em momentos prévios do estudo, a Dinamarca tem feito esforços para adequar o seu sistema de conversão de energia aos projetos em questão, com a adaptação de novas políticas internas e externas, mediante uma descentralização do próprio sistema energético, permitindo o aumento da capacidade de armazenamento eólico *offshore* e readaptando as estruturas do setor, a um possível excedente de produção, visando a longo prazo, a exportação além-fronteiras e produção de H2. A nível interno, a descentralização do setor e integração das ilhas artificiais, são acompanhados de uma parceria PPP, com o Estado a tornar-se proprietário maioritário das ilhas, em cooperação com empresas privadas, no desenvolvimento dos ativos inerentes ao projeto (COWI, 2019). Ao nível externo, a exportação além-fronteiras, irá requerer um estabelecimento de conexões com redes estrangeiras, por meio de acordos políticos, que conduzam à cooperação entre TSO's, na averiguação de condições de viabilidade dos projetos, a níveis tecnológicos, económicos e ambientais. Atualmente, a Dinamarca encontra-se em negociações na aquisição de parceiros, tendo firmado até ao momento os seguintes Acordos:

¹¹⁶ (*The Danish Energy Model | Energistyrelsen*, n.d.)

- Acordo Político na Cooperação regional conjunta entre o Ministério Federal Alemão dos Assuntos Económicos e Energia e o Ministério do Clima, Energia e Utilidades do Reino da Dinamarca pelos projetos alusivos ao Mar do Norte e mar Báltico;¹¹⁷
- Acordo Político na Cooperação conjunta entre o Ministério dos Assuntos Económicos e Política Climática do Reino dos Países Baixos e o Ministério do Clima, Energia e Utilidades do Reino da Dinamarca, alusivo ao projeto alusivo ao Mar do Norte;¹¹⁸
- Acordo Político na Cooperação conjunta entre o Ministério do Clima da Bélgica e o Ministério do Clima, Energia e Utilidades do Reino da Dinamarca, no projeto alusivo ao Mar do Norte (*ENERGY ISLANDS IN DENMARK* | *Energinet*, n.d.);
- Acordo entre a TSO dinamarquesa, Energinet e TSO alemã, 50Hertz, na inauguração do primeiro interconector híbrido do mundo, conectando ambas as nações entre si, via Mar Báltico (*ENERGY ISLANDS IN DENMARK* | *Energinet*, n.d.);
- Acordo entre a TSO dinamarquesa, Energinet e a TSO belga, Elia, na avaliação de uma interconexão elétrica à ilha artificial no Mar do Norte (*ENERGY ISLANDS IN DENMARK* | *Energinet*, n.d.);

No dia 4 de Fevereiro de 2021, a Dinamarca oficializou o Acordo parcial de preparação de propostas relativas ao enquadramento a longo prazo de um concurso e propriedade da ilha energética do Mar do Norte, no âmbito dos regulamentos alusivos à abertura de concurso na escolha de parcerias, averiguação de condições de viabilidade e cooperações inerentes à realização do projeto (Danish Parliament, 2021). A 18 de maio de 2022, deu-se a assinatura da Declaração de Esbjerg ou Ostend, por parte dos governos da Bélgica, Dinamarca, Alemanha e Países baixos, visando reforçar o estatuto do Mar do Norte, como centro geopolítico energético, propondo que o mesmo se torne numa usina de energia verde da Europa, na produção eólica *offshore* de eletricidade e H2. A declaração propõe uma consonância entre a Agenda Europeia, tomando nota da REPowerEU, exposta anteriormente, estabelecendo metas combinadas em conjunto, para a energia eólica *offshore* de pelo menos 65 GW até 2030 e de 150 GW até 2050, propondo em paralelo, uma produção de H2 a rondar os 20 GW nos próximos 10 anos (Frederiksen et al., 2022). Desta forma, a declaração procura salientar o papel dos *hubs* eólicos na geopolítica futura da Europa, garantindo que os mesmos são uma componente essencial na estratégia proposta, no alcance das metas europeias.

¹¹⁷ (THE GERMAN FEDERAL MINISTER OF ECONOMIC AFFAIRS AND ENERGY et al., n.d.)

¹¹⁸ (KINGDOM et al., 2020)

Na análise do setor energético dinamarquês, comprovou-se previamente, que este Estado, detém uma alta dependência da energia eólica, mas que apesar dos constrangimentos vividos no setor, o país tem conseguido justificar o investimento, mediante ações que visem uma transição verde acoplada a uma solidez económica, que lhes permite garantir altos padrões de sustentabilidade e continuar a investir no setor, atualmente. Os investimentos de 2,5 mil milhões de coroas dinamarquesas (DKK) em subsídios que visem melhorias na eficiência energética e de 2,9 mil milhões DKK direcionados para biogás e outros gases verdes, durante o período de 2020-2030, são representativos de uma consistência, por parte do Estado dinamarquês no plano traçado em direção á descarbonização até 2050. O projeto das ilhas artificiais, adquire contornos de viabilidade positivos face a estes investimentos, que crescem com a alocação de 800 milhões DKK anuais, a partir de 2024, na captura e armazenamento de carbono e um apoio no estabelecimento de usinas PTX com uma capacidade total de 100 MW, equivalente a uma capacidade cinco vezes superior às usinas atuais.¹¹⁹

Desta forma, olhando para o espetro dinamarquês, o projeto de criação das ilhas artificiais energéticas, detém um conjunto de fatores que têm de ser necessariamente tomados em consideração na abordagem desta questão específica e análise de condições de viabilidade:

- O primeiro fator, refere-se à vertente financeira e simultaneamente social, nomeadamente, o grande investimento efetuado pelo Estado, neste projeto, numa altura em que está altamente dependente do setor eólico para o fornecimento de energia.

- O segundo fator, trata-se do esforço político para garantir uma sustentabilidade logística e administrativa, que garanta a sustentabilidade deste investimento.

- O terceiro fator, refere-se à vertente geopolítica, traduzindo-se pelo envolvimento da Dinamarca em duas frentes, sendo o projeto em questão e o NSWPH, projetos que detêm um perfil semelhante, particularmente no que se refere à mesma postura no relacionamento transnacional, no cenário especial do Mar do Norte.

O especialista entrevistado, avança uma condição adicional: o mesmo considerou existir uma distinção, na implementação de grandes e pequenos projetos. Os grandes projetos albergam um maior comprometimento na sua aplicação, uma estratégia globalizada, muito por conta de interesses das regiões vizinhas, com implicações a nível internacional. Já os pequenos projetos, detêm um investimento mais seguro, fácil de viabilizar, com estratégias mais focadas e repercussões a nível nacional.

¹¹⁹ (Danish Ministry of Climate, Energy, 2020)

3.4.2. Viabilidade do projeto

Na avaliação dos parâmetros de viabilidade do projeto, procedeu-se à análise do custo benefício e impactos ambientais, alusivos a ambas as ilhas, com recurso ao *paper*¹²⁰ disponibilizado pela COWI¹²¹ em 2021 e outros relatórios, referentes às entidades competentes inseridos no projeto. Mantendo a estrutura delineada desde o início da presente dissertação, os parâmetros, relacionados com o custo benefício, serão avaliados com base nas seguintes variáveis: localização e fundação das ilhas energéticas, sistemas de transmissão elétrica, tecnologias e inovação, parcerias e pegada ecológica.

Como exposto anteriormente, a implementação do projeto conta com duas regiões díspares, o Mar do Norte e Mar Báltico, justificando-se proceder à análise de ambas em separado, atendendo a diferença de abordagem adotado por cada uma das iniciativas, procurando correlacionar a averiguação das mesmas, com a própria contextualização do setor eólico *offshore* e possíveis impactos que venham a ter na governação do Oceano, aferidos ao longo da dissertação.

3.4.2.1. Ilha artificial do Mar do Norte

A ilha artificial proposta para a região do Mar do Norte, trata-se de um projeto que configura deter instalações que permitam o armazenamento e posterior conversão de energia em produtos combustíveis, visando o seu uso, nos setores da indústria e transporte. Com uma capacidade inicial de 3 GW de energia eólica *offshore*, espera-se que a mesma detenha uma área total de 120.000 metros quadrados, equivalente a 18 campos de futebol, localizando-se aproximadamente a 100 km da costa dinamarquesa. Na sua configuração base, o projeto apresenta uma versão de expansão da capacidade de armazenamento, a visar os 10 GW de energia até 2040, o que acontecendo, terá repercussões no tamanho da ilha, uma vez que, estes aumentos são acompanhados de um aumento da área disposta, para a receção e transmissão energética. A implementação do projeto é ainda auxiliada, por um acréscimo no número de turbinas presentes nos parques eólicos circundantes, consistindo, numa fase inicial, em 200 turbinas eólicas, de 260 metros de altura e capacidade de produção até 62 MW cada, podendo este número alterar para 650 turbinas, com a expansão da ilha a longo prazo (COWI, 2021).

¹²⁰ (COWI, 2021)

¹²¹ A COWI trata-se de um grupo de consultoria internacional, especializado em engenharia, ciências ambientais e economia;

A localização da ilha é um ponto chave na viabilidade do projeto, uma vez que, a sua avaliação, detém um forte impacto nas questões ecológicas, referentes à proteção do ecossistema marinho. À data da realização da presente dissertação, não foram divulgados dados concretos relativos à área exata de implementação do projeto, estando estes dependentes dos resultados geotécnicos e geofísicos em curso, contudo segundo investigações preliminares efetuadas pela TSO Energinet, a área designada para a implementação da ilha, conta deter um local de projeto de 2,5 x 2,5 km, com aproximadamente 35 metros de profundidade e uma camada pré-quaternária de giz¹²² de 700 a 1000 metros de profundidade (Danish Energy Agency, 2022b). Na ilustração 1, pode-se constatar, à esquerda, a área proposta para albergar a ilha do Mar do Norte e à direita, o conceito de transmissão elétrica proposta a longo prazo.

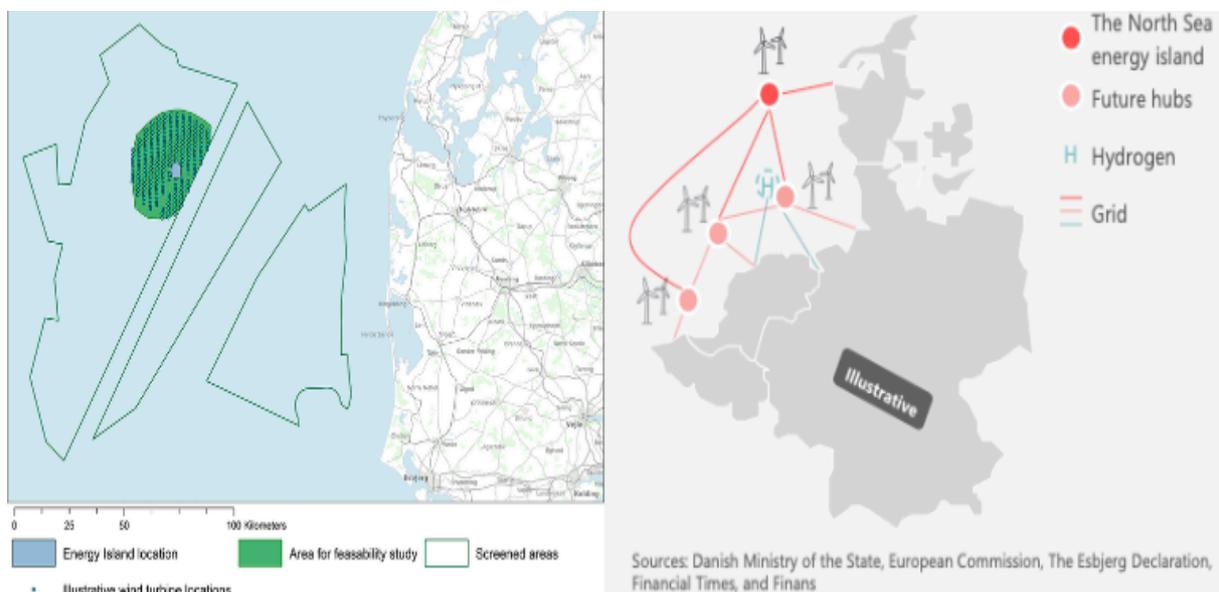


Ilustração 1. À esquerda (The Danish Energy Model | Energistyrelsen, n.d.) / À direita (Danish Energy Agency, 2022c)

A área acima projetada, conta com um fundo do mar dominado por areia, cascalho e areia grossa, proporcionando condições vantajosas na implementação de um projeto que, como verificado anteriormente, é acompanhado de uma necessidade de águas rasas e ventos fortes, já verificados na presente área, uma vez que, estes têm impactos diretos na eficiência, nomeadamente, na contabilização de custos de construção e operação do projeto em questão. Em acrescento, a proximidade com o porto de Esbjerg, sede da declaração com o mesmo nome, garante aumentos na eficiência do projeto, pelo facto de ser um dos principais

¹²² Corresponde ao giz do final da era do Maastrichtiano, formando uma plataforma carbónica na subsuperfície de Møn, presente na região da Jutlândia;

portos na construção e operação de projetos eólicos *offshore* dinamarqueses, o que permite uma maior proximidade entre os intervenientes ao longo da cadeia de abastecimento.

Num contexto mais técnico, trata-se de um projeto que engloba aspetos que têm vindo a ser abordados no decorrer da dissertação e que permitem criar um fio condutor entre projetos e características associados à energia eólica *offshore*. A DEA projeta a ilha do Mar do Norte como uma “ilha flexível”, mediante a inserção de novas tecnologias e adição de plataformas, permitindo que a mesma seja versátil, de um ponto de vista da eficiência e dos custos nela incutidos, possibilitando posteriores *upgrades* e garantindo uma adaptabilidade ao longo do tempo. Em momentos anteriores da dissertação, salientou-se a corrente HVDC, como a predileta para a implementação de projetos que envolvam uma implantação de uma NGO num intervalo de 80 a 120 km, tornando-a competitiva e viável no fator custo-benefício. O presente projeto não é exceção, uma vez que se localiza a aproximadamente 100 km da costa, propondo a colocação de módulos de conversão para HVDC, nas plataformas próximas para os primeiros 3-4 GW de vento *offshore*, com os restantes módulos de conversão HVDC, a serem colocados posteriormente, nas OWFF mais distantes (Danish Energy Agency, 2022c).

A presença de inúmeros parques eólicos *offshore* em águas dinamarquesas, na região do Mar do Norte, contribui para que a transmissão elétrica da ilha, se desenvolva por fases de expansão, adequando-se aos cenários de produção de 3 GW numa fase inicial e 10 GW a longo termo, como constatado previamente. Ambas as fases, englobam em antemão, transmissões elétricas com outros países, mediante correntes em HVDC, em consonância, com conversão CC/CA e sistemas de transmissão existentes. Os cenários de exportação, planeados até à data, são denominados de “DKNL” (Dinamarca-Países Baixos) e “DKNLDE” (Dinamarca-Países Baixos-Alemanha), cada um visando valores de exportação diferentes para cada uma das nações, mantendo-se estas ligações em quaisquer dos cenários de produção. Como tem-se constatado ao longo da investigação, o sistema PTX, apresenta-se como uma das grandes inovações tecnológicas, inseridas no projeto das ilhas energéticas, contudo, trata-se de uma tecnologia que ainda se encontra em estado de maturação. Desta forma, a sua inserção ainda está por averiguar, ainda que, os estudos alusivos ao projeto em questão, a contemplem, no cenário de expansão de produção para 10 GW, garantindo que a sua implementação, exigirá o desenvolvimento de novas infraestruturas elétricas. Assim, o relatório elaborado pela (COWI, 2021) , apresenta, perante um cenário de expansão, duas soluções possíveis, na implementação do projeto de forma centralizada ou descentralizada,

procurando garantir um equilíbrio entre os custos de fabricação, transporte e instalação nele incutidos e a sua influência no ambiente marinho (Agency, n.d.).¹²³

Os riscos associados a este cenário, são perceptíveis, mediante o envolvimento de diferentes intervenientes, que acarretam diferentes pontos de vista no que toca à preferência no método de expansão da ilha. Numa ótica de custo-benefício, uma expansão total desde o início, enfatiza uma solução benéfica na obtenção de economias de escala, permitindo uma redução de custos e aumento da flexibilidade em relação a atividades inovadoras. Contudo, a expansão modular, considerada a ideal a ser implementada, garante uma maior estabilidade na adaptabilidade do projeto a longo prazo, acompanhando o desenvolvimento do setor eólico *offshore* e a própria conjuntura geopolítica, que se molda ao longo do tempo.

Como tem vindo a ser enunciado, o projeto procura a inclusão maioritária do Estado dinamarquês, com a TSO Energinet a deter maior parte das infraestruturas instaladas na ilha e com um licitante vencedor, que atua como locador no modelo proposto, mediante um contrato de exploração, de 35-40 anos (idêntico ao ciclo de vida de uma OWF), de aluguer e pagamentos por atividades no local. Assim, a distribuição de encargos passa pela licitação a ser efetuada, uma vez que o concurso global, visa a venda de 50,1% da ilha ao Estado dinamarquês, a pagar após conclusão da construção e um aluguer, a longo prazo, do arrendamento de espaço da TSO, do qual o coproprietário privado recebe 49,9% (Danish Energy Agency, 2022c). Nos espaços alugados, cabe aos investidores privados, promotores e outras entidades relevantes, definir as áreas direcionadas para fins comerciais inovadores, no desenvolvimento e apuramento de novas tecnologias, como é o caso de sistemas PTX, operações *data center* e criação de um porto, que albergue terceiros, como navios de pesca ou autoridades marítimas. Até ao momento, segundo relatórios alusivos aos diálogos de mercado¹²⁴¹²⁵, o projeto tem-se mostrado aliciente, sobretudo, para empresas nacionais, com o consórcio VindØ e a empresa Ørsted, a destacarem-se, mediante o desenvolvimento de uma proposta de licitação final, a ser entregue até à Primavera de 2023¹²⁶, data de abertura do concurso. Em complemento, sendo a Dinamarca um dos países mais seguros para investir e financiar, com uma classificação de crédito sólida, uma moeda atrelada ao Euro, um sistema político estável e uma forte base jurídica no setor, garantem ao projeto uma segurança acrescida para investimento privados.

¹²³ O relatório em questão, serve de complemento e aborda de forma mais detalhada, aspetos técnicos, que não puderam ser expostos na presente dissertação, dada a limitação estrutural da mesma;

¹²⁴ (*Invitation to Market Dialogue II Regarding the Procurement Framework For*, 2021)

¹²⁵ (Danish Energy Agency, 2022a)

¹²⁶ Neste momento, encontramos-nos nesse ponto do calendário e ainda não foi possível encontrar dados;

No cenário analisado, um fator de risco destaca-se claramente: o envolvimento de uma entidade privada e externa, sujeita às vicissitudes de qualquer empresa privada num cenário económico relativamente instável, pode desacelerar ou mesmo pôr seriamente em causa o processo de desenvolvimento do projeto.

Como constatado previamente, o envolvimento de parcerias internacionais, garante ao projeto um papel fundamental na transição verde, muito visada nos tempos atuais, dado o fator de instabilidade climático e geopolítico, que moldam as necessidades energéticas da sociedade moderna. Desta feita, a ponderação de inclusão de impactos ecológicos nos critérios de adjudicação, tornam-se vitais na averiguação de condições de viabilidade da área proposta para implementação da ilha energética, através de investigações geofísicas e geotécnicas do local, efetuadas pela transmissora Energinet.

Procedendo a uma análise dos relatórios alusivos às investigações do fundo do mar¹²⁷ e avaliação ambiental estratégica (AAE)¹²⁸, constatou-se que relativamente aos solos estudados, não existe uma certeza definitiva na implementação, tanto da área de 3 GW como da de 10 GW, apesar de o relatório classificar os dados de cobertura como boas e avaliar o risco geral como baixo, salientando para a necessidade de se proceder à realização de investigações preliminares adicionais, no que concerne a parâmetros referentes à quantificação das propriedades geológicas, resistência de solos e investigação sísmica (Energinet, 2022b). Perante a secção 11 da Lei dinamarquesa nº 1976 de Outubro de 2021, também denominada de “Lei de Avaliação Ambiental” (*Miljøvurderingsloven*), deverá ser efetuado um escopo de ordem ambiental acerca de planos e programas antes do seu aval, garantindo a sustentabilidade do projeto em questão e o conhecimento por parte de todos os envolvidos, acerca da sua avaliação dos principais fatores ecológicos, inerentes ao mesmo. No mesmo seguimento, de acordo com a secção 32(3)(2) da “Lei de Avaliação Ambiental” dinamarquesa, as autoridades e estados afetados deverão ter a oportunidade de mediar, através de comentários e perguntas, que visem o relatório ambiental, antes que seja tomada qualquer decisão acerca do escopo. No caso específico do programa da ilha do Mar do Norte, foi decidido que, também o público, deverá ser consultado antes da tomada de decisão final, contribuindo para que, também este, esteja envolvido precocemente com a AAE (Danish Energy Authority, 2022).

Segundo o relatório alusivo à AAE, o mesmo contém uma descrição e avaliação de fatores ambientais listados na Lei dinamarquesa de Avaliação Ambiental, que deverão ser incluídos no relatório ambiental em curso e deverá abranger os seguintes impactos: diretos e

¹²⁷ (Energinet, 2022b)

¹²⁸ (Danish Energy Authority, 2022)

eventuais secundários, cumulativos¹²⁹, transfronteiriços, de curto, médio e longo prazo, permanentes ou temporários, positivos ou negativo. Desta forma, procedeu-se à realização de uma tabela própria (*Tabela 3*), baseada nos fatores elencados no relatório, especificando possíveis impactos significativos das instalações *onshore* e *offshore*, nos diversos fatores ambientais.

Impactos	<i>Onshore</i>	<i>Offshore</i>
Biodiversidade	<p>As instalações poderão impactar áreas alusivas à Natura 2000¹³⁰, perto da costa, que incluem <i>habitats</i> naturais e espécies, pelo que deverá ser efetuado um relatório de materialidade e cumpridos os requisitos do artigo nº6(3) da Diretiva <i>Habitats</i>. A Dinamarca detém um número considerável de reservas Natura 2000 perto da costa, o que alude para um cuidado acrescido</p>	<p>À semelhança das áreas Natura 2000, visadas <i>onshore</i>, o <i>offshore</i> também alberga a necessidade de uma avaliação de materialidade, cumprindo os requisitos presentes no artigo nº6(3) da Diretiva <i>Habitats</i> e Diretiva das Aves. A averiguação Natura 2000 detém um peso acrescido na implementação <i>offshore</i>, uma vez que a mesma deve mostrar se a espécie ou habitat natural contém um estado de conservação favorável dentro da área.</p>
	<p>O relatório ambiental deverá conter potenciais impactos nas espécies, presentes na área de reprodução e repouso terrestre, bem como, garantir proteção individual contra perturbações deliberadas e</p>	<p>A presença de parques eólicos <i>offshore</i>, pode impactar inúmeros impactos nas espécies marinhas, contribuindo para uma interrupção das migrações de baleias, reduções no pescado</p>

¹²⁹ Entende-se por impactos cumulativos, o resultado da combinação do projeto em questão, com outros de ordem semelhante, que estejam ou venham a ser aprovados, focando nos potenciais impactos cumulativos, que advenham da sua coexistência, nomeadamente no ordenamento de território e governação a nível local ou regional

¹³⁰ Uma vez que a Dinamarca não detém nenhum mapeamento realizado fora das áreas Natura 2000, verificado em subcapítulos anteriores, o estudo ambiental do projeto fora da área, obriga a um cuidado acrescido na averiguação de fatores presentes na zona e impactos ambientais que daí advenham.

	<p>matança, ao abrigo do artigo nº12 da Diretiva <i>Habitats</i></p>	<p>e consequente perda de fauna marinha. A manutenção das funcionalidades ecológicas das espécies protegidas, estão ao abrigo da Diretiva <i>Habitats</i> nº 12</p>
	<p>O relatório deverá albergar habitats e espécies naturais protegidos e listados, a nível terrestre alusivos à flora e fauna local, nomeadamente aves abrangidas pelas disposições gerais de proteção da Diretiva das Aves.</p>	<p>Os parques eólicos <i>offshore</i> podem criar barreiras nos fluxos migratórios e resultar em perdas diretas de aves e aumentos nos níveis de consumo de energia durante a migração. A iluminação noturna da ilha pode, inclusive, afetar as aves.</p> <p>As instalações abrangidas pelo projeto poderão ter impactos na outra fauna e flora marinha, uma vez que, existirão trabalhos de escavação e abertura de valas de cabo, que causarão suspensão de sedimentos e libertação de nutrientes xenobióticas, essenciais para a sobrevivência de alguns animais.</p>
<p>População</p>	<p>Na fase de construção <i>onshore</i>, irá proceder-se á colocação de cabos terrestres subterrâneos e obras, que resultarão em perturbações relativas ao ruído aplicado. Deverá ser tida em conta a distância de áreas residenciais.</p>	<p>A presença de guindastes de 150m de altura, na fase de construção, limite inferior de altitude para o tráfego aéreo, contribui para a necessidade de relatar regras e requisitos para a marcação e aprovação das autoridades aeronáuticas. Acresce, na fase de operação, os semáforos de tráfego aéreo.</p>

		<p>A existência de mais parques eólicos e oleodutos na área, conduzirá a mudanças nas condições de navegação e sua segurança. Existe a possibilidade de um aumento do risco de colisões em geral. Acresce também a necessidade da capacidade de resposta em caso de emergência ambiental.</p>
	<p>A presença de subestações e cabos terrestres, resultarão em restrições no acesso a essas áreas, podendo afetar atividades recreativas como o turismo e ter impactos a nível paisagístico.</p>	<p>A Dinamarca detém valores limite, para o ruído das turbinas eólicas, contudo é importante frisar que as mesmas emitem ruído, inclusive de baixa frequência, podendo afetar a saúde humana. O tamanho das turbinas, deterá um peso enorme na averiguação do ruído.</p>
<p>Ar e Fatores Climáticos</p>	<p>Em toda a fase de construção e operação do projeto, serão libertadas partículas para a atmosfera e gases de efeito de estufa. A sua redução e a transição verde, presente na agenda dinamarquesa, deverão constar num relato alusivos às condições do ar e clima existentes em instalações terrestres.</p>	<p>O aumento do número de embarcações, por conta da construção da ilha, aumentará a libertação de partículas para a atmosfera, contudo, durante a fase de operação, com a produção de transportadores de energia, como o H2, permitirá a redução dos gases efeito de estufa e uso de combustíveis fósseis</p>
<p>Bens Materiais</p>	<p>A utilização de zonas terrestres para extração de matérias-primas, agricultura, infraestruturas, acrescem a possíveis impactos, que dependerão inteiramente das instalações abrangidas pelo plano.</p>	<p>A localização do projeto, poderá ter impacto na possibilidade de extração de matérias-primas do fundo do mar, no futuro.</p>

	O estabelecimento de equipamentos e instalações costeiras podem representar um risco acrescido na perda de bens materiais, devido ao risco de erosão e inundações.	A coexistência de atividades deve ser considerada no relatório, uma vez que a construção da ilha e oleodutos, poderão restringir o acesso a áreas de pescas e danificar os recursos pesqueiros, com a destruição do ecossistema local e regional.
Património cultural e arqueológico	A avaliação de potenciais impactos no património cultural e arqueológico , de natureza <i>onshore</i> , torna-se relevante, uma vez que, certas áreas contêm património dito especial, de valor inigualável. (ex. igrejas, paisagens etc).	A arqueologia marinha está dependente da localização específica da ilha. Detendo a Dinamarca uma ZEE muito vasta, torna-se importante incluir a mesma no relatório, uma vez, que pode afetar naufrágios, assentamentos anteriores de carácter arqueológico e cultural.

Tabela 4. Possíveis impactos das instalações onshore e offshore nos diversos fatores ambientais para as ilhas artificiais energéticas

Para melhor situar o leitor no atual ponto de evolução deste projeto, proporcionando uma previsão das etapas a realizar, foi incluído em anexo (*ANEXO D*) o documento produzido pela COWI e divulgado em Janeiro de 2021.

3.4.2.2. Ilha artificial do Mar Báltico

A ilha energética proposta para a região do Mar Báltico, à semelhança da anterior, trata-se de um projeto que configura deter instalações que permitam o armazenamento e posterior conversão de energia em produtos combustíveis, perto do litoral, visando o seu uso nos setores da indústria e transporte. A ilha dinamarquesa de Bornholm, foi a escolhida para albergar o projeto da segunda ilha artificial dinamarquesa, contando produzir, até 2030, 3 GW de energia, provinda de turbinas eólicas *offshore*, colocadas entre 15 e 45 km da costa da ilha, situada a este do continente dinamarquês, sul da Suécia, nordeste da Alemanha e norte da Polónia.

Procurando tornar-se na primeira ilha energética do mundo, a sua localização no Mar Báltico é seu expoente máximo, dado ao possível isolamento do fornecimento de eletricidade

com outras redes elétricas, garantindo uma base de dados mais precisa e o seu envolvimento numa área altamente dinâmica em cooperações transfronteiriças e em redes transnacionais. Ao longo dos anos, a própria ilha tem apostado num desenvolvimento sustentável, recebendo prémios e distinções, como o prémio de Energia Sustentável da UE (EUSEW16) e o RESponsible Island da UE, distinção que envolveu a comunidade regional. Atualmente, a ilha detém um aquecimento distrital e produção de eletricidade 100% renovável, mediante o uso de diversas fontes de energia como a eólica, solar e biogás, com as mesmas a cobrir 60% do consumo, com o restante a ser abastecido pela Suécia. A instalação de parques eólicos *offshore* ao largo da costa de Bornholm, permitirá o abastecimento de 3.3 milhões de lares dinamarqueses, cobrindo 100% do consumo local da região e possibilitando uma distribuição energética a países vizinhos.¹³¹ Recentemente, o Conselho de Promoção de Negócios da Dinamarca, anunciou um investimento de 27,2 milhões DKK na ilha de Bornholm, com o intuito de criar as condições necessárias, para que a região se torne num centro nacional de conhecimento no desenvolvimento de tecnologia, inovação e sustentabilidade acerca das energias verdes, nomeadamente, no desenvolvimento de oportunidades de negócio em relação à ilha energética da presente dissertação, à exploração de uma possível instalação do sistema PTX na região e da conceção de um modelo amplo de colaborações exteriores.¹³²

Em acréscimo, o projeto em questão, beneficia ainda da Declaração do Báltico para Energia Eólica *Offshore*, que invoca um papel acrescido que poderá advir da implementação do mesmo, uma vez, que a Declaração destaca a necessidade de um aumento da capacidade eólica *offshore* até 2050, alertando para a importância do Mar Báltico nesse sentido, pelo facto do Mar deter um potencial *offshore* de cerca de 93 GW e somente aproveitar 2.2 GW. Deste modo, os Estados integrantes da Declaração (Dinamarca, Estónia, Finlândia, Alemanha, Lituânia, Polónia, Letónia e Suécia), criaram uma área de trabalho específica, dentro do grupo de alto nível do plano de interconexão do mercado de energia do Báltico (BEMIP), focado em realçar a importância de uma abordagem cooperativa e regional, com o intuito de atingir os níveis de capacidade propostos para o futuro europeu.

A localização concreta, para a instalação de infraestruturas alusivas ao projeto, continua em fase de estudos, contudo, foram disponibilizadas ilustrações, que permitem designar áreas de possível implementação, dado que, já existem parques eólicos na região, que poderão ser inseridos no projeto. Desta forma, a *Ilustração 2*, dá conta da área proposta para a expansão e estudo de viabilidade suplementar, de parques eólicos *offshore*, denominados de Bornholm I e Bornholm II, que se estendem até à fronteira marítima com a Suécia e Alemanha, interligados por corredores de cabos submarinos com possível ligação ao território alemão.

¹³¹ (*Bornholm Is a Green Energy Island* -, n.d.)

¹³² (*Nyheder Bornholm Bliver Nationalt Center for Grøn Energi*, n.d.)

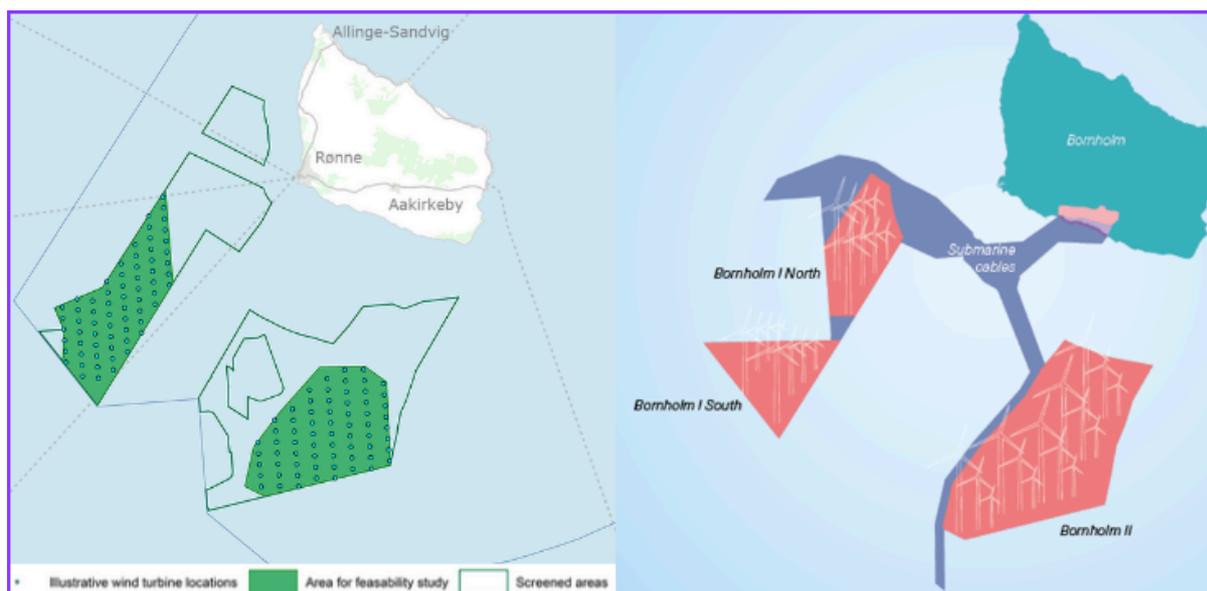


Ilustração 2. Fonte: (The Danish Energy Model | Energistyrelsen, n.d.)

Segundo dados divulgados pela Energinet, perspectiva-se que o projeto seja analisado mediante duas alternativas distintas na alocação de interconexões, podendo a sua instalação focar-se a nível local, com uma interconexão somente dinamarquesa, ou a nível regional, por meio de uma interconexão entre Dinamarca e Alemanha, suportado pelo acordo entre a Energinet e a 50Hertz, anteriormente referido. Os custos de construção de elementos relativos à infraestrutura elétrica da ilha, apontam para um investimento a rondar os 17 mil milhões DKK, contudo, este valor poderá sofrer alterações consoante a alternativa escolhida. Também o benefício líquido do projeto, está dependente da alternativa a implementar, principalmente, em virtude, da alternativa ao nível regional, que se especula que possa alcançar um benefício de 9 dígitos em comparação ao nível local (rondando os 20 mil milhões DKK), não obstante, da alternativa local, comportar uma incerteza considerável, no que toca ao benefício económico específico, derivado das suposições inerentes à especulação do mercado, nomeadamente nos volumes da oferta e da procura (Energinet, 2022a).

Num plano mais técnico, o projeto integra conceitos de transmissão, centrados em componentes principais, como transformadores, sistemas de alta tensão, estações conversoras CA/HVDC e cabos submarinos e terrestres, garantindo que as instalações implementadas sirvam os seguintes propósitos: receção e armazenamento de energia provinda das turbinas eólicas, transmissão dessa mesma energia para terra e auxílio nas cooperações entre países, no comércio de eletricidade mesmo quando não existe produção eólica. Desta forma, perspectiva-se que as conexões HVDC, se realizem de forma modular ou

bipolar, estando a sua integração e modelo dependentes, mais uma vez, da escolha entre a alternativa local (DK) ou regional (DK + DE) (COWI, 2021).

Perante uma alternativa DK, a mesma propõe uma conexão de 3 GW na ilha energética de Bornholm para a ilha dinamarquesa de Zelândia, havendo a necessidade do estabelecimento de cabos submarinos de Bornholm para Køge Bug, cabos subterrâneos na Zelândia e uma estação conversora, com conexão de alta tensão de 400 kV em Hovegård e Solhøj.

No que concerne à alternativa (DK + DE), a mesma consiste numa nova subestação situada em Bornholm e outra na Zelândia, onde os parques eólicos *offshore*, situados ao longo da ilha, poderão ser conectados à rede de transmissão interna e externa, com uma conexão de 2 GW para a Alemanha, por meio da cooperação estabelecida com a TSO 50Hertz. A subestação presente na Zelândia, usufrui de uma estação conversora de 400 kV perto de Solhøj, conectada à rede elétrica, por meio das linhas já existentes, entre as subestações de Ishøj, Bjæverskov e Hovegård, garantindo uma vasta conexão em território dinamarquês e dispensando a criação de novas redes elétricas. Estas ligações à ilha de Bornholm, serão garantidas, mediante 209 km de cabos submarinos HVDC, de formato bipolar, com capacidade total de 1,2 GW e por cabos subterrâneos HVDC, de 5 km de extensão, instalados a sul de Rønne até à nova estação conversora, de valor de produção igual à anterior, situada em Aakirkeby. A estação instalada em Bornholm deterá um terminal HVDC, com conexão AC, como backup, fazendo uso de um sistema ponto a ponto, permitindo a conexão de múltiplas plantas HVDC, conectadas por AC. Em acréscimo, além da transmissão interna, propõe-se uma ligação externa de 2 GW à Alemanha, através de 3 km de cabos subterrâneos presentes em Bornholm, 63 km de cabos submarinos até 200 milhas ZEE dinamarquesa, com uma extensão acrescida de 67 km em águas alemãs e um cabo subterrâneo na Alemanha (Energinet, 2022a).

Ambas as alternativas são contabilizadas tecnologias inovadoras, que serão o foco principal das estações conversoras, uma vez que se pretende que as mesmas suportem um consumo ou produção de eletricidade em grande escala, possibilitando a integração deste género de tecnologias, fulcrais para os objetivos dinamarqueses e europeus a longo prazo (COWI, 2021). Desta forma, assim como a ilha artificial do Mar do Norte, também a ilha energética de Bornholm, faz da sua ambição a conversão de energia *offshore* noutras formas de energia, por intermédio do estabelecimento do sistema PTX, que deverá ser projetado por uma entidade privada, mediante um concurso de concessão para a ilha energética. De um ponto de vista económico, a alternativa (DK + DE) apresenta-se a mais viável, dado que alberga o mercado de eletricidade de duas nações, existindo um investimento e operação de ambas as partes, garantindo de antemão, um benefício económico em valores absolutos, que

terá maior facilidade em exceder os custos inerentes à construção e operação do projeto. Além disso, a questão relativa à transição verde ganha preponderância, na escolha desta alternativa, na medida em que, o consumo da energia verde, por parte dos países envolvidos, irá colmatar o consumo atual de energia fóssil, em setores ligados, direta ou indiretamente, ao consumo de eletricidade, dada à tecnologia que propõe implementar na ilha. No mesmo seguimento, segundo dados disponibilizados pela Energinet, uma exportação de energia para outros países, representaria ganhos comerciais a nível europeu superiores aos ganhos comerciais dinamarqueses isolados, dada à maior capacidade de vendas internacionais. Contudo, torna-se importante salientar que nem todos os países, a nível europeu, sairiam beneficiados com esta parceria dano-alemã, particularmente a Suécia, Noruega e França, que perderiam poder de mercado na região, com esta nova proposta (Energinet, 2022a).

Outra questão, de importante análise, alusiva à cooperação dano-alemã é a relativa aos preços de eletricidade, que beneficiam de uma redução, algo que a comprovar-se, possibilita a mitigação de um dos pontos sensíveis do sistema elétrico dinamarquês, comprovado previamente.

À semelhança da ilha artificial proposta para o Mar do Norte, também a ilha energética de Bornholm, estará ao abrigo da Lei dinamarquesa AAE, mediante a avaliação de impactos: diretos e eventuais secundários, cumulativos, transfronteiriços, de curto, médio e longo prazo, permanentes ou temporários, positivos ou negativos, que detenham um papel crucial na tomada de decisão acerca do escopo final. A *Tabela 3*, apresentada anteriormente, servirá de recurso, também na avaliação de impactos ambientais na área do Mar Báltico, dada a homogenia dos parâmetros a averiguar, como pode ser verificado no documento alusivo às investigações preliminares efetuados no local (DEA, 2022). Acresce ao projeto em questão, uma atenção reforçada nos impactos a nível *onshore*, dada a sua aproximação à ilha de Bornholm, algo que não acontece na outra ilha artificial. A avaliação de materialidade das áreas Natura 2000, também necessitam de uma atenção acrescida, uma vez que estas se encontram presentes perto da costa, pelo que deverão estar incorporadas na mesma.

De um ponto de vista da construção e operação da ilha, perspetiva-se que, apesar de limitadas, a implementação do projeto conduza a potenciais reduções nas emissões de carbono, principalmente, na alternativa (DK + DE), que envolve a substituição da produção elétrica fóssil presente no continente europeu, pela conexão direta da ilha energética de Bornholm para a Alemanha, contribuindo para a redução dos níveis totais de carbono na Europa.

Adicionalmente, é relevante mencionar que as diferenças na nossa abordagem destas situações, apresentam variações que refletem diferentes estratégias de gestão destes projetos, que por sua vez, refletem políticas diferentes, referentes à própria área energética.

Para complementar esta informação, remetemos o leitor para as tabelas dispostas em anexo (*Anexo E e F*) da Energinet, produzido a 29 de Março de 2022, alusivos ao cronograma e riscos associados a um modelo de alternativa (DK + DE), ou seja, regional.

Capítulo IV

Discussão de resultados

Após a abordagem feita, agora é o momento de sintetizar alguns dos resultados, submetendo-os em dois blocos essenciais: questão técnica/tecnológica e a questão geopolítica, tendo sempre em vista o princípio da boa governação.

No que se refere à parte técnica/tecnológica, há a destacar a contingência histórica, onde as energias renováveis são um complemento numa transição, que acompanha um alto desenvolvimento do setor energético, que irá ser aprofundado mais a adiante. O tempo de vida limitado das infraestruturas eólicas, sobretudo a nível *offshore*, determina um menor retorno do investimento a curto prazo, não obstante de ser possível recuperar dessa desvantagem a longo prazo. Acresce a esta vulnerabilidade, o agravamento das alterações climáticas, que têm um impacto direto na própria infraestrutura, condições de acesso e imprevisibilidade da sua evolução, que detêm custos acrescidos, difíceis de prever e que dificultam uma aposta em alto mar. Ainda referindo aspetos menos positivos e abrangendo todas as configurações desta opção energética, a extração de matérias-primas, atualmente indispensáveis ao fabrico de componentes essenciais das infraestruturas eólicas, contribuem para o agravamento da pegada ecológica, pese embora, a existência de tentativas pontuais de reutilização de alguns componentes, além de tentativas de resolver o problema da sua reciclagem. Tendo em especial consideração o estudo de caso, que é abordado, verificou-se que todas as questões enumeradas se tornam evidentes, ao ponto de poder condicionar, significativamente, o futuro do investimento. A constatação desta “ameaça”, contrasta com as grandes expectativas que o projeto anuncia, o que indicia que nem sempre se considera na devida proporção as vantagens e desvantagens deste género de projeto.

De um ponto de vista positivo, a localização garante uma maior produtividade e potencial maior capacidade de armazenamento, embora neste item, seja necessário ter em conta o cenário geopolítico, fator que iremos abordar mais abaixo. A pegada ecológica é, à partida, menor e o custo-benefício, em termos de LCOE é mais vantajoso, sendo mais favorável em termos económicos. Apesar da verificação destes aspetos positivos, num quadro geral, o estudo de caso abordado, permitiu verificar a existência de riscos, significativos, que põem em causa este panorama: o número elevado de variáveis, implicadas na obtenção destes benefícios, incrementam os riscos destes não se verificarem, devido a alterações imprevisíveis, do cenário que está desenhado à partida.

Alargando a um contexto mais vasto, ou seja, tecnológico, o fator que se afigura prioritário referir é o grau de incerteza relativo a se atingir o patamar de desenvolvimento, que se pressupõe, vir a ser atingido a curto e médio prazo, que não está neste momento garantido. A implementação de sistemas *hub-and-spoke*, PTX ou o uso de cabos HVDC, são alguns

exemplos, presentes em projetos similares ao estudo de caso, tal como se verifica neste, que estão dependentes tanto do desenvolvimento tecnológico, como de opções políticas e cooperação a nível internacional, regional (europeu) ou nacional. Remetendo novamente para o estudo de caso, nesta vertente, constata-se que estes sistemas são fulcrais para o desenvolvimento futuro das ilhas artificiais dinamarquesas e para as próprias pretensões europeias neste setor, uma vez que são pilares essenciais na futura produção de H2 verde, previsto ser produzido a partir destas fontes, nomeadamente nas ilhas energéticas. As eficiências de alguns destes sistemas, nomeadamente do *hub-and-spoke*, estão dependentes dos níveis de produção para serem viáveis comparativamente ao tradicional sistema ponto-a-ponto, ou seja, no caso específico das ilhas artificiais, para que a implementação deste sistema, nas mesmas, seja viável e económica, é necessário que o projeto seja focado, numa fase inicial, para uma produção de 10 GW, algo que não confirma até à data, focando somente numa fase inicial, numa produção 3 GW.

Por outro lado, será uma vantagem para o projeto, se estas condições se verificarem, dado que, até 2050, pretende-se ter uma sociedade abastecida, não com os atuais 17%, mas com 48% de eletricidade produzida, a partir do renovável. A futura produção da *commodity* H2, fulcral para as aspirações da União Europeia na obtenção da neutralidade carbónica até 2050, representa um ponto forte a favor do projeto dinamarquês, dada a urgência na implementação de processos e projetos, que garantam a sua obtenção e uso no dia-a-dia.

No que concerne à parte geopolítica, justifica-se uma divisão em duas vertentes, sendo elas, o âmbito regional e o âmbito nacional, uma vez que se verificam diferentes condições nos dois cenários. A metodologia utilizada na averiguação destas questões, privilegia os aspetos mais fundamentais em cada um dos casos, independentemente da sua natureza: no âmbito regional, referir aspetos direcionados para a vertente da governação marítima e no âmbito nacional, focar os aspetos, alusivos à conjuntura política interna.

O panorama focado no âmbito regional, faz uma leitura do envolvimento da energia eólica *offshore* e da Dinamarca, mediante o estudo de caso, em duas áreas altamente dinâmicas em cooperações transfronteiriças e redes transacionais: o Mar do Norte e o Mar Báltico. Sendo dois polos voláteis, mas distintos, ao nível geopolítico, ambos representam oportunidades e obstáculos para o setor energético e para o próprio estudo de caso. O Mar do Norte, que representa, atualmente, 77% da capacidade *offshore* europeia, tem no seu envolvente, uma segurança que não é partilhada de igual forma pelo Mar Báltico, garantindo condições únicas, para uma contínua aposta na região, mediante o aparecimento de projetos como o NSWPH ou as ilhas artificiais dinamarquesas. A já existência de cooperações bilaterais entre nações e de infraestruturas na área, são representativas da segurança, anteriormente mencionada, contudo, através do estudo do consórcio NSWPH, foi possível

constatar que nem tudo é linear. O seu estudo comprovou a existência de discrepâncias, envolvendo a dimensão, sobretudo política, alusiva ao pagamento de partes do projeto, que poderão contribuir para o aparecimento de disparidades entre os países envolvidos, uma vez que existiriam países a saírem beneficiados, criando um suposto clima de tensão entre todos os implicados. Estando perante um projeto de modelo pan-europeu, o aparecimento destes aspetos menos positivos, são representativos de obstáculos que poderão advir, da envolvimento e cooperação entre nações em projetos desta natureza. Dada a similaridade do projeto NSWPH com as ilhas energéticas, tanto a nível técnico como a nível geopolítico, o mesmo comporta uma série de avaliações, que deverão ser tidas em linha de conta, servindo de aviso para o futuro da sua implementação. De um ponto de vista positivo, o envolvimento da Dinamarca em ambos os projetos, garante ao país a sua possível integração em duas frentes: a inserção do projeto dinamarquês em paralelo com o NSWPH, que traria possíveis facilidades na implementação do mesmo, separação de custos e garantia de acordos, não obstante dos obstáculos enunciados anteriormente, ou, o seu envolvimento no projeto a solo, que garante ao país uma maior autonomia, em relação à capacidade de decisão sobre o mesmo, apesar de esta opção, não evitar a integração futura de outras nações e uso partilhado de infraestruturas. Perante esta realidade, constata-se uma importância acrescida acerca dos conceitos de governação abordados, a multiescalar e multiusos, que deterão um papel fulcral no alinhamento estratégico futuro, tanto do setor energético, como no estudo de caso, mediante as suas interações com outros setores, atividades e comunidades, sejam elas ao nível local, regional ou internacional. A aplicabilidade destas duas formas de gestão, garantirá, em diferentes cenários, a proteção e preservação de áreas sensíveis, mediante a implementação de cooperações e métodos, que visem o desenvolvimento partilhado, em todos parâmetros, incluindo económico/financeiros, ambientais e sociais. A presença de diversos *stakeholders* e níveis de atuação, constituem uma relação direta com a governação, mediante uma renegociação, que como demonstrado no caso de estudo, exige um estabelecimento de um acordo, entre todas as forças políticas e sociais, que se constituem acionistas/partes interessadas, na medida em que, comprometem-se a viabilizar um projeto de longa duração, sem o comprometer. No caso específico da Dinamarca, a conformidade entre políticas nacionais e da UE, representam um vetor de investimento e uma opção estratégica estruturante.

No mesmo seguimento, a averiguação da componente ecológica do NSWPH, nomeadamente da área de Dogger Bank, permitiu a comparação dos relatórios ambientais efetuados por ambos os projetos e constatação da existência de similaridades nas áreas de implementação, uma vez que, a averiguação de Dogger Bank, foi proposta para ambos os projetos.

Olhando para a conjuntura envolvente ao Mar Báltico, a mesma fornece uma cooperação internacional e intergovernamental entre Estados-nação circundantes, contudo a instabilidade vivida na região, representa obstáculos na implementação de projetos relativos ao setor eólico *offshore*, na zona. A presença de várias infraestruturas na área, nomeadamente, *pipelines* essenciais na distribuição de gás natural, provindo da Rússia, no abastecimento à Europa, colocam a região no centro de uma tensão geopolítica, agravada com os atuais acontecimentos ocorridos no Nord Stream e pelo confronto armado na Ucrânia. Perante a implementação de uma das ilhas na região, o estudo do seu enquadramento no Mar Báltico, permitiu a constatação de alguns planos da Dinamarca, a curto e médio prazo, na obtenção de vantagens competitivas no setor energético e possível “ameaça” ao projeto do estudo de caso. A recente implementação do Baltic Pipe, constitui um obstáculo às ilhas energéticas, uma vez que, o elo de ligação criado entre o Mar do Norte e o Mar Báltico, no transporte de gás natural, financiado pela Dinamarca, Noruega e Polónia, representa uma aposta paradoxal, nas estratégias definidas pela Europa e Dinamarca. De um ponto de vista positivo, a escolha da ilha de Bornholm, mediante os estudos apurados, constitui uma boa escolha para a implementação do projeto, uma vez que irá albergar uma série de investimentos focados nas mais diversas áreas da sustentabilidade energética e ambiental, muito por conta das políticas sustentáveis aplicadas na ilha, nomeadamente no envolvimento da sociedade local, nas boas práticas de governação. A região do Mar Báltico, poderá constituir outros obstáculos à implementação do objeto do estudo de caso, especialmente no contexto da segurança energética, contudo, a limitação estrutural da investigação, limita a possibilidade de tirar esta conclusão, com absoluta certeza.

Relativamente ao âmbito nacional, o ponto que se afigura prioritário destacar é a falta de diversificação no setor energético dinamarquês e a forma como este impacta no preço incutido ao consumidor e conseqüente dependência sobre o mesmo. Tendo efetuado um alto investimento, nos últimos 40 anos, no setor eólico, a Dinamarca detém, atualmente, preços recordes, dentro da UE, representando um paradigma subjacente à política dinamarquesa, que se pode comprovar pela sua persistência ao longo das últimas décadas, independentemente de circunstâncias económicas específicas. Seria de esperar que o investimento ao longo dos últimos anos, sortisse efeitos práticos no preço final a pagar por um consumo de energia, maioritariamente fornecido por turbinas eólicas, uma vez que, comparativamente a outras nações, nomeadamente com Portugal, país utilizado na comparação efetuada, a Dinamarca conta com um setor energético pouco diversificado, com o setor eólico a representar 68% da produção renovável, estando os outros 32% repartidos pelas energias solar e bioenergia. A falta de diversificação noutras fontes energéticas renováveis e a taxa avultada a ser paga pelo consumidor, poderão ser o espelho de uma

aposta ainda por averiguar e que detém impactos diretos, na aprovação e aplicação do estudo de caso, uma vez que, foram efetuadas, a pedido do Estado dinamarquês, reestruturações no setor energético, que garantem o seu envolvimento maioritário no projeto, mediante parcerias público-privadas. Apesar destes pontos menos positivos, olhando para o quadro geral, o mesmo permite constatar que os altos investimento efetuados, acompanham as boas práticas sustentáveis, garantindo até à data efeitos práticos no ambiente e na sociedade dinamarquesa, na medida em que, apesar de acabar por ser o cidadão a suportar o esforço económico de manter uma determinada política energética, refletindo numa consciência social particular, relativa ao problema da ecologia. Esta noção ecológica, presente na sociedade dinamarquesa, poderá representar o retorno do investimento dessa carga fiscal, dado que o preço base alusivo à produção e distribuição propriamente dita, acaba por ser o item mais baixo do valor total.

Outro ponto que se apresenta fulcral na conjuntura geopolítica interna, são as possíveis metas estratégicas a longo prazo e instabilidade estrutural e conjuntural do Reino, que a acontecerem, afiguram-se críticas no estudo de caso abordado. As recentes tensões verificadas entre o governo gronelandês e o governo dinamarquês, constituem obstáculos, que dificultam a posição futura dinamarquesa no quadro geopolítico, nomeadamente no que diz respeito ao setor energético. O agravamento das relações diplomáticas entre a Gronelândia e a Dinamarca, por conta da posição gronelandesa, relativamente à exploração de recursos minerais por parte da China e participação externa na região, colocam a Dinamarca numa posição desfavorável e de dependência, em relação à aceitabilidade das exigências constitucionais gronelandesas. A Gronelândia detém um papel crucial na dimensão geográfica do Reino, fornecendo uma ZEE bastante vasta, sendo a única região do Reino, que concede à Dinamarca acesso à zona do Ártico. Posto isto, será de prever que a mesma opte por tentar chegar a uma concordância com Estado gronelandês, procurando fortalecer as relações bilaterais com os EUA, numa altura em que existe uma militarização do domínio russo e um interesse económico chinês na região, que poderão impactar dificuldades acrescidas nas relações internas do Reino.

Perante esta instabilidade conjuntural do Reino, torna-se de difícil análise, se este clima de tensão, terá implicações no futuro das ilhas artificiais e se caso aconteça, de que forma irá impactar no mesmo. Apesar do projeto não estar proposto para nenhuma zona próxima da região da Gronelândia, dependendo dos envolvidos, o financiamento do mesmo, poderá ou não, ser posto em causa, se houver uma possível desintegração do Reino. Por outro lado, a possível aceitabilidade das novas propostas de extensão da Plataforma Continental, poderão ser benéficas para a implementação do projeto das ilhas, ou outros, uma vez que garante mais área de exploração e implementação, contudo a demora da confirmação das submissões por parte da ONU, poderá complicar esta previsão.

No decurso da investigação, houve oportunidade de entrevistar um especialista na área, Sr. Coronel Eduardo Caetano de Sousa¹³³, que pode lançar uma luz adicional às questões abordadas, particularmente no quadro geopolítico. É importante referir antecipadamente, que este especialista, não concorda com o entendimento atualmente mais generalizado de geopolítica, aplicável à discussão do setor em questão, propondo em alternativa, uma nova geopolítica, que reequaciona as forças entre Estados e interesses. Contudo, tendo em conta que os fatores que determinam essa mudança no entendimento deste conceito, são ainda incipientes para efeitos práticos, permitindo que a definição atual, seja ainda funcional.

De uma forma geral, a entrevista, veio confirmar a pertinência das linhas de abordagem seguidas, sublinhando, no entanto, o facto de, neste momento, ser necessário um grau de cautela considerável, na consideração das variáveis a ter em conta no processo de equacionamento do problema das energias renováveis e, conseqüentemente, na questão das ilhas artificiais dinamarquesas, por via da imprevisibilidade particular do cenário atual.

¹³³ Coronel tirocinado do exército, mestre em Relações Internacionais pela Universidade Lusíada e atual membro da direção do Centro de Estudos EuroDefense - Portugal, Eurodefense / 9 de Fevereiro

Conclusão

Em plena crise energética, as ilhas artificiais dinamarquesas, propostas como uma solução futura na geopolítica europeia, apresentam-se como uma tendência verde para mudar o paradigma de gestão energética, nomeadamente, no que concerne à independência energética europeia.

As questões base colocadas nesta dissertação foram: uma questão geral fundamental: Qual o contributo das ilhas artificiais dinamarquesas no futuro da Europa? e duas questões mais específicas: Qual o processo de implementação das ilhas artificiais dinamarquesas e o seu possível impacto no status quo dinamarquês? / O que diferencia o projeto de criação das ilhas artificiais dinamarquesas de outras iniciativas do setor eólico em solo europeu?

Relativamente à primeira questão geral, conclui-se que o contributo das ilhas artificiais dinamarquesas apresenta-se mais uma solução possível para a imprevisibilidade do futuro energético e geopolítico europeu, que revela vulnerabilidades, mediante os vários fatores interligados, que o limitam numa avaliação prévia do sucesso ou insucesso. No entanto, é necessário considerar, forçosamente, que não há opções claramente mais viáveis, em cima da mesa, tornando o projeto defensável, neste momento. A crescente aposta, verificada na energia eólica *offshore*, nos últimos anos e as novas estratégias europeias, com o comunicado REPowerEU, garantem algum conforto para o seu desenvolvimento futuro, mediante o aparecimento de projetos, que assegurem o cumprimento de metas até 2050. O projeto das ilhas artificiais dinamarquesas, aparenta ser competitivo ao nível de custos e uma solução eficiente, desde que, sejam atingidos os valores críticos de produção, de mais de 10 GW conectados a um *hub*, para que se comprove tal viabilidade. O valor agregado do aumento da interconexão com outras nações, aparenta trazer vantagens, não só a nível local, como a nível regional, alavancando uma transição verde, crucial para as aspirações futuras europeias. A integração das ilhas nas regiões do Mar Báltico e Mar do Norte, representa um passo positivo para a Europa, dada a instabilidade atual, contudo os seus efeitos não serão sentidos de igual forma pelos intervenientes, havendo países que saem beneficiados, algo, igualmente comprovado em projetos similares. Acresce a esta questão, o facto de ser um projeto altamente dependente da tecnologia e da inovação, uma vez que a sua implementação, está a ser desenvolvida, com base numa proposta ainda por averiguar e que não garante certezas, até ao momento.

Na resposta à primeira questão específica, conclui-se que projeto das ilhas artificiais, representa uma aposta, a longo prazo, do Estado dinamarquês, que procura dar continuidade ao desenvolvimento efetuado ao longo das últimas décadas, na energia eólica. A

implementação deste projeto, representa para a Dinamarca, uma garantia do seu marco no setor, não só de um ponto de vista técnico, com uma iniciativa pioneira, mas também de um ponto de vista geopolítico, permitindo ao país, tornar-se um *player* fundamental na geopolítica internacional, em assuntos alusivos ao setor energético europeu. A implementação das ilhas, mediante a integração de outros países, garante à Dinamarca uma maior segurança na aplicabilidade das mesmas, havendo um suporte e partilha de custos de ambas as partes. A nível interno, as ilhas energéticas, traçam um caminho, que facilita a colmatação de alguns *gaps* existentes no sistema energético dinamarquês, particularmente, no que diz respeito ao preço de energia praticado e a sua integração com o sistema CHP, contribuindo para um aumento da eletrificação dos setores de aquecimento, indústria e transporte, a fim de integrar uma maior parcela de energia renovável no sistema energético. A integração do uso de H2 com o sistema CHP, contribui para uma descentralização do sistema de conversão de energia, muito visado pelo Estado dinamarquês, nos aumentos de capacidade de armazenamento de energia eólica *offshore*, uma vez que, o excedente de produção eólico é usado para produção de H2 nas ilhas, contribuindo para uma posterior distribuição ou até mesmo exportação desta *commoditie*. Pode-se concluir ainda, que a falta de diversificação do sistema energético dinamarquês, é representativo de um alto investimento no setor eólico, ainda por averiguar, sendo as ilhas artificiais, uma possível solução, na colmatação deste paradigma.

Por fim, na resposta à segunda questão específica, pôde-se concluir que, as ilhas artificiais dinamarquesas integram um lote de vários projetos, propostos na mesma medida. As similaridades com projetos de caráter regional, como é o caso do NSWPH, são consideráveis, havendo uma possível integração futura de ambos, contudo, a configuração e planeamento do projeto, ainda não está concluído, o que dificulta uma previsão certa. A mais relevante idiossincrasia desta iniciativa, passa pelo seu poder de transformação verificado e aplicado pelo Estado dinamarquês, no planeamento do projeto no status quo nacional, algo não verificado noutras iniciativas similares. A particularidade da política interna dinamarquesa e a sua conformidade com orientações, propostas pelas UE, constitui aqui um ponto fulcral no seu caráter exemplar, uma vez que a mesma, não detém uma dependência efetiva de políticas externas de outras nações.

Respondendo às questões colocadas, o passo seguinte desta investigação, seria averiguar se as conclusões ensaiadas aqui, podem ser extrapoladas para projetos semelhantes. A existência de outras tecnologias eólicas, nomeadamente de turbinas flutuantes, são uma realidade e poderão servir de estudo, para futuras análises, uma vez que, dadas as limitações de extensão do trabalho, não foi possível fazê-lo. O processo de cooptação de entrevistados, revelou-se particularmente difícil e limitado, não tendo obtido

respostas em tempo útil, o que não permitiu, a recolha de maior diversidade de dados, conforme se pretendia. Houve tentativas de contacto com empresas que operam no caso de estudo da presente dissertação (DEA e Energinet), mas dado o carácter confidencial dos dados relativos à questão em apresso, não foi possível ter acesso a uma entrevista.

Fontes

Fontes Normativas

Acordo de Paris, 2015 - (Delbeke et al., 2019) Unfccc. (2015). “*Adoption of the Paris Agreement.*” art. 4. <https://doi.org/10.17580/gzh.2021.07.02>

Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) - Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) - Direção Regional de Políticas Marítimas - Portal. (n.d.). Retrieved December 8, 2022, from <https://portal.azores.gov.pt/web/drpm/-/conven%C3%A7%C3%A3o-das-na%C3%A7%C3%B5es-unidas-sobre-o-direito-do-mar-cnudm->

Fontes de Jurisprudência

Acordo Climático dinamarquês para a Energia e Indústria, 2020 - Danish Ministry of Climate, Energy, and U. (2020). *Danish Climate Agreement for Energy and Industry 2020. June 2020, 2020–2022.*

Acordo parcial de proposta relativa à preparação de um concurso e propriedade da ilha de energia no Mar do Norte - Danish Parliament. (2021). *Tender-preparing partial agreement regarding the long-term framework of a call for tenders and ownership of the energy island in the North Sea* (Vol. 2021, Issue September).

Legislação e tratados no que respeita à delimitação territorial e submissões para aumentos da Plataforma Continental - DENMARK. (n.d.). Retrieved February 23, 2023, from <https://www.un.org/depts/los/LEGISLATIONANDTREATIES/STATEFILES/DNK.htm>

Comunicação do Parlamento Europeu acerca do hidrogénio, enquanto estratégia para o futuro da Europa - EU Monitor. (2020). Communication COM/2020/301: A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. *Communication From the Commission To the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, 53(9). <https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vla6qbjzcok1>

Relatório do Parlamento Europeu no combate à mitigação dos impactos da Covid-19 - European Commission. (2020). *Report from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions.*

Comunicação REPowerEU, 18 de Março de 2022 - European Commission. (2022). *EU external energy engagement in a changing world.*

Declaração de Esbjerg - Frederiksen, M., Rutte, M., De Croo, A., & Scholz, O. (2022). *THE ESBJERG DECLARATION on The North Sea as a Green Power Plant of Europe.*

Memorando de entendimento adicional entre Dinamarca e Países Baixos sobre a cooperação em infraestruturas de energia offshore - KINGDOM, T. M. O. E. A. A. C. P. O. T., NETHERLANDS, THE MINISTER OF CLIMATE, E. A. U. O., & DENMARK, T. K. O. (2020). *ADDITIONAL MEMORANDUM OF UNDERSTANDING (MoU) ON COOPERATION ON OFFSHORE ENERGY INFRASTRUCTURE.*

Carta de intenções entre o Reino da Dinamarca e Alemanha na cooperação na análise conjunta e híbrida offshore de projetos de energia renovável, 2023 - THE GERMAN FEDERAL MINISTER OF ECONOMIC AFFAIRS AND ENERGY, THE MINISTER OF CLIMATE, E. A. U. O., & DENMARK, T. K. O. (n.d.). *COOPERATION ON JOINTLY ANALYZING JOINT AND HYBRID OFFSHORE RENEWABLE ENERGY PROJECTS BETWEEN THE COUNTRIES.*

Bibliografia

- About oil and gas | Energistyrelsen.* (n.d.). Retrieved February 24, 2023, from <https://ens.dk/en/our-responsibilities/oil-gas/about-oil-and-gas>
- Adger, W. N., Brown, K., & Tompkins, E. L. (2005). The political economy of cross-scale networks in resource co-management. *Ecology and Society*, 10(2). <https://doi.org/10.5751/ES-01465-100209>
- Agency, D. E. (n.d.). *Summary of the main findings from the market dialogue on the procurement framework for the commercial co-ownership of the Energy Island in the North Sea. April 2021*, 1–5.
- Bank, D. (2017). *Report Analysis of Constraints in. November.*
- Barstad, I., Sorteberg, A., & Mesquita, M. dos S. (2012). Present and future offshore wind power potential in northern Europe based on downscaled global climate runs with adjusted SST and sea ice cover. *Renewable Energy*, 44, 398–405. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.02.008>
- Berkes, F. (2010). Linkages and multilevel systems for matching governance and ecology: Lessons from roving bandits. *Bulletin of Marine Science*, 86(2), 235–250.
- Bevir, M. (2011). *Governance as theory, practise and dilemma. The SAGE Handbook of Governance.* <https://pt.scribd.com/document/531518924/The-SAGE-Handbook-of-Governance#>
- Bilgili, M., Yasar, A., & Simsek, E. (2011). Offshore wind power development in Europe and its comparison with onshore counterpart. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(2), 905–915. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.006>
- Bloemer, J. (2007). PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen Article information : *Journal of Statistical Software*, 18(2), 3–6.
- Bórawski, P., Beldycka-Bórawska, A., Jankowski, K. J., Dubis, B., & Dunn, J. W. (2020). Development of wind energy market in the European Union. *Renewable Energy*, 161, 691–700. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.081>
- Bringezu, S., Potočník, J., Schandl, H., Lu, Y., Ramaswami, A., Swilling, M., & Suh, S. (2016). Multi-scale governance of sustainable natural resource use-Challenges and opportunities for monitoring and institutional development at the national and global level. *Sustainability (Switzerland)*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/su8080778>
- Britannica. (n.d.). *Kingdom of Denmark.* Retrieved February 28, 2023, from <https://www.britannica.com/place/Denmark/Plant-and-animal-life>
- Buttler, A., & Spliethoff, H. (2018). Current status of water electrolysis for energy storage, grid balancing and sector coupling via power-to-gas and power-to-liquids: A review.

- Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(September), 2440–2454.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.003>
- Cash, D. W., & Moser, S. C. (2000). Linking global and local scales: Designing dynamic assessment and management processes. *Global Environmental Change*, 10(2), 109–120. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(00\)00017-0](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(00)00017-0)
- Cogen - Combined heat and power as a key component of sustainable energy supply*. (n.d.). Retrieved March 17, 2023, from <https://www.cogeneurope.eu/newsroom/chp-news/combined-heat-and-power-as-a-key-component-of-sustainable-energy-supply>
- CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O DIREITO DO MAR E ACORDO RELATIVO À APLICAÇÃO DA PARTE XI DA CONVENÇÃO. (n.d.).
- COWI. (2019). *DANISH PLANNING AND PERMITTING REGIMES FOR EEZ SECTOR*.
- COWI. (2021). *Cost benefit analyse og klimaaftryk af energier i Nordsøen og Østersøen*. 1–114.
- Curado, J. M. (n.d.). *ESTRUTURAS DE GOVERNAÇÃO*.
- Danish Energy Agency. (2021). *Invitation to market dialogue on the procurement framework for the Energy Island in the North Sea*. <https://en-press.ens.dk/news/invitation-to-market-dialogue-on-the-procurement-framework-for-the-energy-island-in-the-north-sea-422681>
- Danish Energy Agency. (2022a). *Invitation to Second Market Dialogue - CCUS Fund*. 1–9. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/CCS/note_regarding_second_round_of_market_dialogue_-_07.03.2022.pdf
- Danish Energy Agency. (2022b). *Invitation to second market dialogue - CCUS Fund*. 1–9. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/CCS/note_regarding_second_round_of_market_dialogue_-_07.03.2022.pdf
- Danish Energy Agency. (2022c). *The Energy Island in the North Sea Teaser for potential investors*. November.
- Danish Energy Authority. (2022). *Scoping opinion for the strategic environmental report for the draft Plan for Programme North Sea Energy Island*.
- DEA. (2020). *Combined Heat and Power: a Progressive Way To Cogenerate Heat and Power*. Danish Energy Agency. 1–2. <https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/chp.pdf>
- Dorigato, A. (2021). Recycling of thermosetting composites for wind blade application. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 4(2), 116–132. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2021.02.002>
- Duarte, T. (n.d.). *A possibilidade da investigação a 3: reflexões sobre triangulação (metodológica)*.

- Durakovic, G., del Granado, P. C., & Tomasgard, A. (2023). Powering Europe with North Sea offshore wind: The impact of hydrogen investments on grid infrastructure and power prices. *Energy*, 263, 125654. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125654>
- Energinet. (2022). Ground conditions risk assesment. In *SBMA* (Issue October). <https://doi.org/10.1201/9781003079217-6>
- ENERGY ISLANDS IN DENMARK* | *Energinet*. (n.d.). Retrieved October 31, 2022, from <https://en.energinet.dk/Infrastructure-Projects/Energy-Islands>
- ENTSO-E*. (n.d.). Retrieved January 17, 2023, from <https://www.entsoe.eu/>
- Espinosa-Romero, M. J., Rodriguez, L. F., Weaver, A. H., Villanueva-Aznar, C., & Torre, J. (2014). The changing role of NGOs in Mexican small-scale fisheries: From environmental conservation to multi-scale governance. *Marine Policy*, 50(PA), 290–299. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.07.005>
- Executive Summary of the Partial Submission - The Northern Continental Shelf of Greenland* | *Enhanced Reader*. (n.d.).
- Fischer, K., & Mouritzen, H. (2020). Danish Foreign Policy Review. In *The Oxford Handbook of Spanish Politics*. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198826934.013.39>
- Future, G. E., & Insights, K. (2022). *North Sea Wind Power Hub Programme Unlocking the North Sea as a Green Powerplant An ambitious next step for the North Sea*. www.northseawindpowerhub.eu.
- Gacutan, J., Pınarbaşı, K., Agbaglah, M., Bradley, C., Galparsoro, I., Murillas, A., Adewumi, I., Praphotjanaporn, T., Bordt, M., Findlay, K., Lantz, C., & Milligan, B. M. (2022). The emerging intersection between marine spatial planning and ocean accounting: A global review and case studies. *Marine Policy*, 140(April). <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105055>
- Gea-Bermúdez, J., Pade, L. L., Koivisto, M. J., & Ravn, H. (2020). Optimal generation and transmission development of the North Sea region: Impact of grid architecture and planning horizon. *Energy*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116512>
- Geidl, M., Koepfel, G., Favre-Perrod, P., Klöckl, B., Andersson, G., & Fröhlich, K. (2007). Energy hubs for the future. *IEEE Power and Energy Magazine*, 5(1), 24–30. <https://doi.org/10.1109/MPAE.2007.264850>
- Ghaib, K., & Ben-Fares, F.-Z. (2017). *Power-to-Methane: A state-of-the-art review*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.004>
- Gorenstein Dedecca, J., Lumbreras, S., Ramos, A., Hakvoort, R. A., & Herder, P. M. (2018). Expansion planning of the North Sea offshore grid: Simulation of integrated governance constraints. *Energy Economics*, 72, 376–392. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.04.037>

- Governança e governação - Ciberdúvidas da Língua Portuguesa*. (n.d.). Retrieved January 31, 2023, from <https://ciberduvidas.iscte-iul.pt/consultorio/perguntas/governanca-e-governacao/32687>
- HaskoningDHV, R. (2017). *Gap analysis ecological monitoring Dogger Bank*. July.
- History of wind power - U.S. Energy Information Administration (EIA)*. (n.d.). Retrieved October 18, 2022, from <https://www.eia.gov/energyexplained/wind/history-of-wind-power.php>
- Home - Eurostat*. (n.d.). Retrieved April 2, 2023, from <https://ec.europa.eu/eurostat>
- IEA, O. &. (2003). Energy Policies of IEA Countries, 2002 Review. *Energy Policies of IEA Countries*.
- Ince, A. C., Colpan, C. O., Hagen, A., & Serincan, M. F. (2021). Modeling and simulation of Power-to-X systems: A review. *Fuel*, 304(January), 121354. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121354>
- International Energy Agency. (2017). Denmark 2017 review. *International Energy Agency*, 1–207. www.iea.org
- International Renewable Energy Agency. (2021). Renewable Capacity Highlights. *Irena*, April, 11 April.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022a). *Energy Profile - Denmark*. 1–4. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/Europe/Denmark_Europe_RE_SP.pdf
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022b). *Energy Profile - Portugal*. https://www.irena.org/IRENADocuments/Statistical_Profiles/Oceania/Australia_Oceania_RE_SP.pdf
- Invitation to Market Dialogue II Regarding the procurement framework for*. (2021). September, 1–40.
- IRENA – International Renewable Energy Agency. (n.d.). Retrieved December 3, 2022, from <https://www.irena.org/>
- Is the 1973 oil crisis back? How will it impact the Middle East? - Fast Company Middle East | The future of tech, business and innovation*. (n.d.). Retrieved October 24, 2022, from <https://fastcompany.com/impact/is-the-1973-oil-crisis-back-how-will-it-impact-the-middle-east/>
- Jansen, M., Duffy, C., Green, T. C., & Staffell, I. (2022). Island in the Sea: The prospects and impacts of an offshore wind power hub in the North Sea. *Advances in Applied Energy*, 6(August 2021), 100090. <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2022.100090>
- Jean, P., & Piltronn Guillaume. (2020). (3) *O Lado Negro das Energias Verdes - YouTube*. <https://www.youtube.com/watch?v=stxkY2JelZ0>

- Kapsali, M., & Kaldellis, J. K. (2012). Offshore wind power basics. In *Comprehensive Renewable Energy* (Vol. 2). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-087872-0.00217-1>
- Kern, K., & Löffelsend, T. (2004). *Governance Beyond the Nation-State: Transnationalization and Europeanization of the Baltic Sea Region*. 9(5), 451–467.
- Key concepts | North Sea Wind Power Hub. (n.d.). Retrieved October 31, 2022, from <https://northseawindpowerhub.eu/key-concepts>
- Konstantelos, I., Pudjianto, D., Strbac, G., de Decker, J., Joseph, P., Flament, A., Kreutzkamp, P., Genoese, F., Rehfeldt, L., Wallasch, A. K., Gerdes, G., Jafar, M., Yang, Y., Tidemand, N., Jansen, J., Nieuwenhout, F., van der Welle, A., & Veum, K. (2017). Integrated North Sea grids: The costs, the benefits and their distribution between countries. *Energy Policy*, 101(June 2016), 28–41. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.024>
- Kuzemko, C., Blondeel, M., Dupont, C., & Brisbois, M. C. (2022). Russia's war on Ukraine, European energy policy responses & implications for sustainable transformations. *Energy Research & Social Science*, 93, 102842. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2022.102842>
- L, R., D, F., G, B., & C., W. (2019). *Offshore wind in Europe - key trends and statistics 2019*.
- Li, H., & Guedes Soares, C. (2022). Assessment of failure rates and reliability of floating offshore wind turbines. *Reliability Engineering and System Safety*, 228(December 2021). <https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108777>
- Li, R., Zhang, F., & Wang, Q. (2022). How does the EU's COVID-19 economic recession impact the renewable energy of other countries? The spillover effect. *Energy Strategy Reviews*, 40. <https://doi.org/10.1016/J.ESR.2022.100825>
- Loisel, R., Baranger, L., Chemouri, N., Spinu, S., & Pardo, S. (2015). Economic evaluation of hybrid off-shore wind power and hydrogen storage system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(21), 6727–6739. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.03.117>
- Lund, H., & Mathiesen, B. v. (2009). Energy system analysis of 100% renewable energy systems-The case of Denmark in years 2030 and 2050. *Energy*, 34(5), 524–531. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.04.003>
- Lund, H., & Münster, E. (2006). Integrated energy systems and local energy markets. *Energy Policy*, 34(10), 1152–1160. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.10.004>
- Lund, H., Thellufsen, J. Z., Sorknæs, P., Mathiesen, B. V., Chang, M., Madsen, P. T., Kany, M. S., & Skov, I. R. (2022). Smart energy Denmark. A consistent and detailed strategy for a fully decarbonized society. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168(December 2021). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112777>

- Marcussen, C., Mørk, F., Funck, T., Weng, W. L., & Pedersen, M. (2015). The continental shelf project of the kingdom of Denmark – Status and issues. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, 33(JUNE), 41–44. <https://doi.org/10.34194/geusb.v33.4485>
- Martínez-Gordón, R., Gusatu, L., Morales-España, G., Sijm, J., & Faaij, A. (2022). Benefits of an integrated power and hydrogen offshore grid in a net-zero North Sea energy system. *Advances in Applied Energy*, 7(June). <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2022.100097>
- Mathew, S. (2017). Wind Energy Wind Energy. *13th German Wind Energy Conference*, 10(October), 1–158. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-804448-3/00004-9>
- McKenna, R., D'Andrea, M., & González, M. G. (2021). Analysing long-term opportunities for offshore energy system integration in the Danish North Sea. *Advances in Applied Energy*, 4(June), 100067. <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2021.100067>
- Models, G. (n.d.). *Governance Models for Hub-and-Spoke Projects*. 1–23.
- Nady, S., Fadil, H. el, Koundi, M., Hamed, A., & Giri, F. (2022). Power to X Systems: STATE-OF-THE-ART (PTX). *IFAC-PapersOnLine*, 55(12), 300–305. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.07.328>
- Nations, U., of Economic, D., Affairs, S., & Division, P. (n.d.). *World Population Prospects 2022 World Population Prospects 2022 Summary of Results*.
- Nikitas, G., Bhattacharya, S., & Vimalan, N. (2020). Wind energy. In *Future Energy: Improved, Sustainable and Clean Options for Our Planet*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102886-5.00016-5>
- North Sea Energy. (2020). *North Sea Energy III Offshore Energy Islands*.
- North Sea Wind Power Hub Consortium. (2019). *Concept Paper 4: Towards Spatial Planning of North Sea Offshore Wind*. February, 1–10.
- North Sea Wind Power Hub Consortium. (2021). *Towards the First hub-and-spoke project*.
- Nova Cidadania. (2014). *Governança e Governação*. 43–49.
- NSWPH. (n.d.). *Economic and Financial framework for electrical infrastructure*.
- NSWPH. (2022). *Hubs and spokes – viable beyond theory*.
- Nuttall, M. (2021). Greenland and the geopolitics of critical minerals. *One Earth*, 4(12), 1674–1675. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.12.001>
- Oceano ou oceanos | *EconomiaAzul*. (n.d.). Retrieved December 1, 2022, from <https://www.economiaazul.pt/oceano-ou-oceanos>
- OECD. (2022). Denmark. In *Crisis to Sustainable Development*.
- Our energy, our future How offshore wind will help Europe go carbon-neutral*. (n.d.).

- Paranhos, R., Britto Figueiredo Filho, D., Carvalho Rocha, E. da, Alexandre Silva Júnior, J. da, & Freitas, D. (2016). 15. *Uma introdução aos métodos mistos*. 18, 384–411. <https://doi.org/10.1590/15174522-018004221>
- Parliament, E. (2020). *A new Circular Economy Action Plan*.
- Pastor Escuredo, D. (2021). Multiscale Governance. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3935336>
- Przedzimirska, J., Zaucha, J., Calado, H., Lukic, I., Bocci, M., Ramieri, E., Varona, M. C., Barbanti, A., Depellegrin, D., de Sousa Vergílio, M., Schultz-Zehden, A., Onyango, V., Papaioannou, E., Buck, B. H., Krause, G., Felix Schupp, M., Läkamp, R., Szeffler, K., Michałek, M., ... Lazić, M. (2021). Multi-use of the sea as a sustainable development instrument in five eu sea basins. *Sustainability (Switzerland)*, 13(15), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su13158159>
- Pyc, D. (2016). Global Ocean Governance. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10(1), 159–162. <https://doi.org/10.12716/1001.10.01.18>
- Ren, D. (2010). Effects of global warming on wind energy availability. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 2(5), 1–6. <https://doi.org/10.1063/1.3486072>
- Royal Haskoning DHV. (2017). *Offshore Wind Dogger Bank*. 11. <https://northseawindpowerhub.eu/wp-content/uploads/2017/10/Wind-Capacity-Study.pdf>
- Sands P. (2012). *Principles of International Environmental Law*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Schiller, M. (2018). *Abteilung für Wirtschafts- und Conceiving governance : a state of the art and analytical model for research on immigrant integration*. 1–17.
- Shah, M. I., Kirikkaleli, D., & Adedoyin, F. F. (2021a). Regime switching effect of COVID-19 pandemic on renewable electricity generation in Denmark. *Renewable Energy*, 175, 797–806. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.028>
- Shah, M. I., Kirikkaleli, D., & Adedoyin, F. F. (2021b). Regime switching effect of COVID-19 pandemic on renewable electricity generation in Denmark. *Renewable Energy*, 175, 797–806. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.028>
- Singlitico, A., Østergaard, J., & Chatzivasileiadis, S. (2021). Onshore, offshore or in-turbine electrolysis? Techno-economic overview of alternative integration designs for green hydrogen production into Offshore Wind Power Hubs. *Renewable and Sustainable Energy Transition*, 1, 100005. <https://doi.org/10.1016/J.RSET.2021.100005>
- Sommer, V., & Walther, G. (2021). Recycling and recovery infrastructures for glass and carbon fiber reinforced plastic waste from wind energy industry: A European case

- study. *Waste Management*, 121, 265–275.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.12.021>
- Sørensen, B., Petersen, A. H., Juhl, C., Ravn, H., Søndergren, C., Simonsen, P., Jørgensen, K., Nielsen, L. H., Larsen, H. V., Morthorst, P. E., Schleisner, L., Sørensen, F., & Pedersen, T. E. (2004). Hydrogen as an energy carrier: Scenarios for future use of hydrogen in the Danish energy system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 29(1), 23–32. [https://doi.org/10.1016/S0360-3199\(03\)00049-1](https://doi.org/10.1016/S0360-3199(03)00049-1)
- Sovacool, B. K., Baum, C., & Low, S. (2023). The next climate war? Statecraft, security, and weaponization in the geopolitics of a low-carbon future. *Energy Strategy Reviews*, 45(November 2022), 101031. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101031>
- States, A. (n.d.). *The Kingdom of Denmark | Arctic Council*. Retrieved February 28, 2023, from <https://arctic-council.org/about/states/denmark/>
- Stuiver, M., Soma, K., Koundouri, P., van den Burg, S., Gerritsen, A., Harkamp, T., Dalsgaard, N., Zagonari, F., Guanche, R., Schouten, J. J., Hommes, S., Giannouli, A., Söderqvist, T., Rosen, L., Garção, R., Norrman, J., Röckmann, C., de Bel, M., Zanuttigh, B., ... Møhlenberg, F. (2016). The governance of multi-use platforms at sea for energy production and aquaculture: Challenges for policy makers in European Seas. *Sustainability (Switzerland)*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/su8040333>
- Suðuroy, H. (n.d.). *The Continental Shelf North of the Faroe Islands*.
- Swamy, S. K., Saraswati, N., & Warnaar, P. (2019). *NSWPH-Benefit study for potential locations of an offshore hub-island*. 17. <https://northseawindpowerhub.eu/wp-content/uploads/2019/07/NSWPH-Benefit-study-for-potential-locations-of-an-offshore-hub-island-1.pdf>
- Tennet. (n.d.). *North Sea Wind Power Hub*. Retrieved January 5, 2023, from <https://northseawindpowerhub.eu/>
- The Danish Energy Model | Energistyrelsen*. (n.d.). Retrieved March 13, 2023, from <https://ens.dk/en/our-responsibilities/global-cooperation/danish-energy-model>
- The Real Nature of Artificial Islands, Installation and Structures from Perspective of Law of the Sea. (2018). *Asia-Pacific Journal of Law, Politics and Administration*, 2(1). <https://doi.org/10.21742/ajlpa.2018.2.1.03>
- The World's Largest Offshore Wind Farm - Dogger Bank Wind Farm*. (n.d.). Retrieved October 13, 2022, from <https://doggerbank.com/>
- Thommessen, C., Otto, M., Nigbur, F., Roes, J., & Heinzl, A. (2021). Techno-economic system analysis of an offshore energy hub with an outlook on electrofuel applications. *Smart Energy*, 3, 100027. <https://doi.org/10.1016/j.segy.2021.100027>

- Today's Inflation Is Comparable To The 1973 Oil Crisis.* (n.d.). Retrieved October 24, 2022, from <https://www.forbes.com/sites/annemarienkott/2022/02/03/todays-inflation-is-comparable-to-the-1973--oil-crisis/?sh=4840c6095251>
- Tosatto, A., Martínez Beseler, X., Østergaard, J., Pinson, P., & Chatzivasileiadis, S. (n.d.). *North Sea Energy Islands: Impact on National Markets and Grids.* Retrieved November 18, 2022, from <https://github.com/antosat/Europea>
- Wang, S., Wang, S., & Liu, J. (2019). Life-cycle green-house gas emissions of onshore and offshore wind turbines. *Journal of Cleaner Production*, 210, 804–810. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.031>
- Weiss, P. S. (2007). Aiming high. *ACS Nano*, 1(5), 377. <https://doi.org/10.1021/nn700402d>
- Werle, D., & Brooks, M. R. (2019a). The Future of Ocean Governance and Capacity Development. In *The Future of Ocean Governance and Capacity Development* (Issue July 2020). https://doi.org/10.1163/9789004380271_002
- Werle, D., & Brooks, M. R. (2019b). The Future of Ocean Governance and Capacity Development. In *The Future of Ocean Governance and Capacity Development* (Issue September). https://doi.org/10.1163/9789004380271_002
- What is renewable energy? | United Nations.* (n.d.). Retrieved October 31, 2022, from <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-renewable-energy>
- Wind @ Www.Irena.Org.* (n.d.). <https://www.irena.org/wind>
- Wind Energy Basics | WindEurope.* (n.d.). Retrieved October 18, 2022, from <https://windeurope.org/about-wind/wind-basics/>
- Wind energy today | WindEurope.* (n.d.). Retrieved November 17, 2022, from <https://windeurope.org/about-wind/wind-energy-today/>
- Wind farms: How they work, types, and advantages | Repsol.* (n.d.). Retrieved November 1, 2022, from <https://www.repsol.com/en/energy-and-innovation/energy-and-the-future/energy-transition/wind-farms/index.cshtml>
- WindEurope - the voice of the wind energy industry.* (n.d.). Retrieved November 8, 2022, from <https://windeurope.org/>
- Zhang, H., Tomsgard, A., Knudsen, B. R., Svendsen, H. G., Bakker, S. J., & Grossmann, I. E. (2022). Modelling and analysis of offshore energy hubs. *Energy*, 261(PA), 125219. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125219>

Anexos

Anexo A - Gráfico que reflete possíveis disparidades que poderão advir da integração de um *hub*, nos mercados e redes do Mar do Norte.

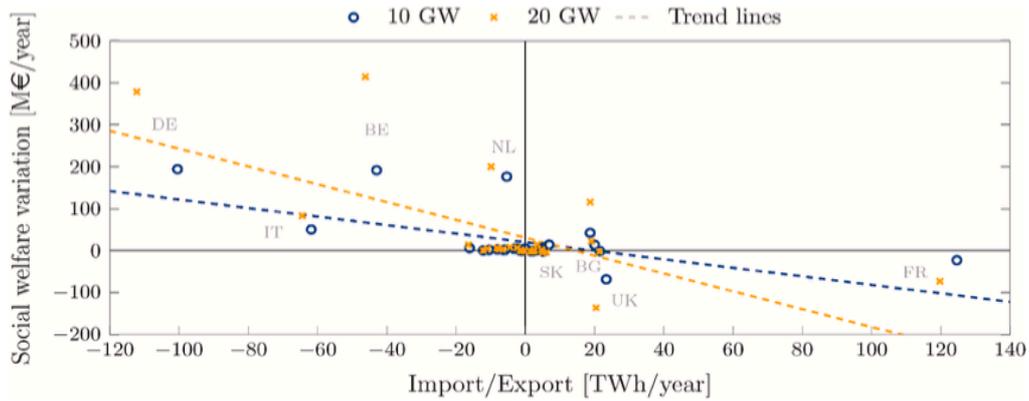


Fig. 10. Relation between import/export and social welfare variation for all price zones. Positive x coordinates refer to exports, while negative ones to imports.

Fonte 1: (Tosatto et al., n.d.)

Anexo B - Ilustração de uma possível integração de *hubs* no Mar do Norte, via HVDC

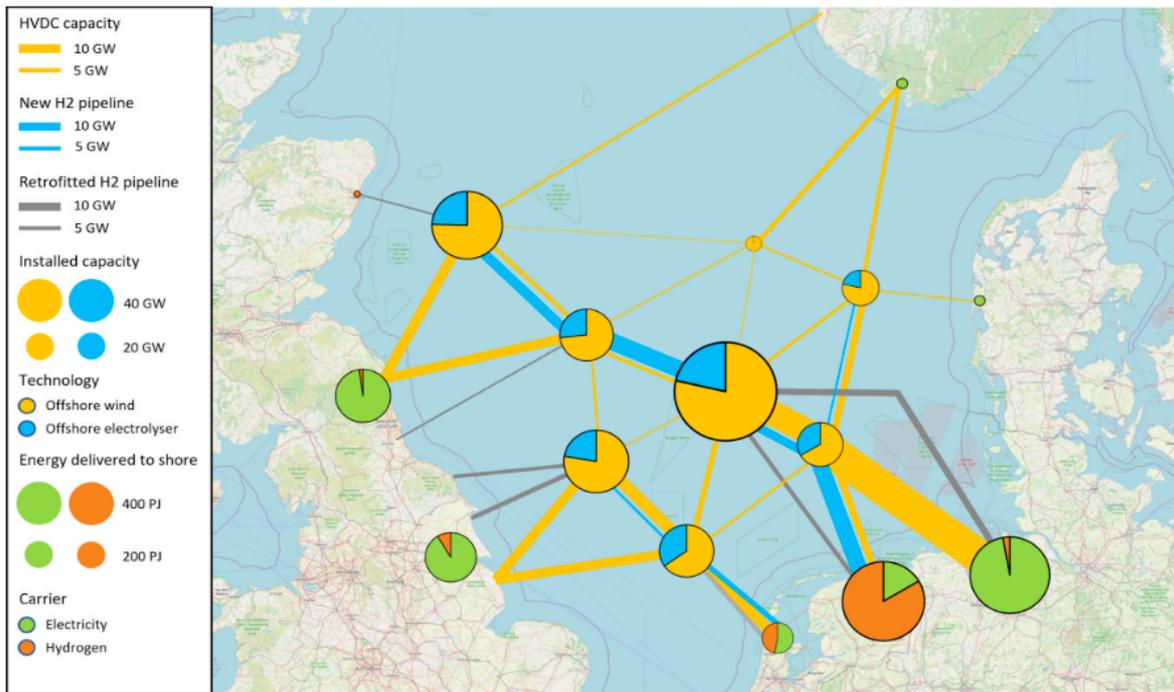


Fig. 17. Optimal investments in HVDC interconnectors and OWPP capacity and in electrolysers and hydrogen pipelines in H2.

Fonte 2: (Martínez-Gordón et al., 2022)

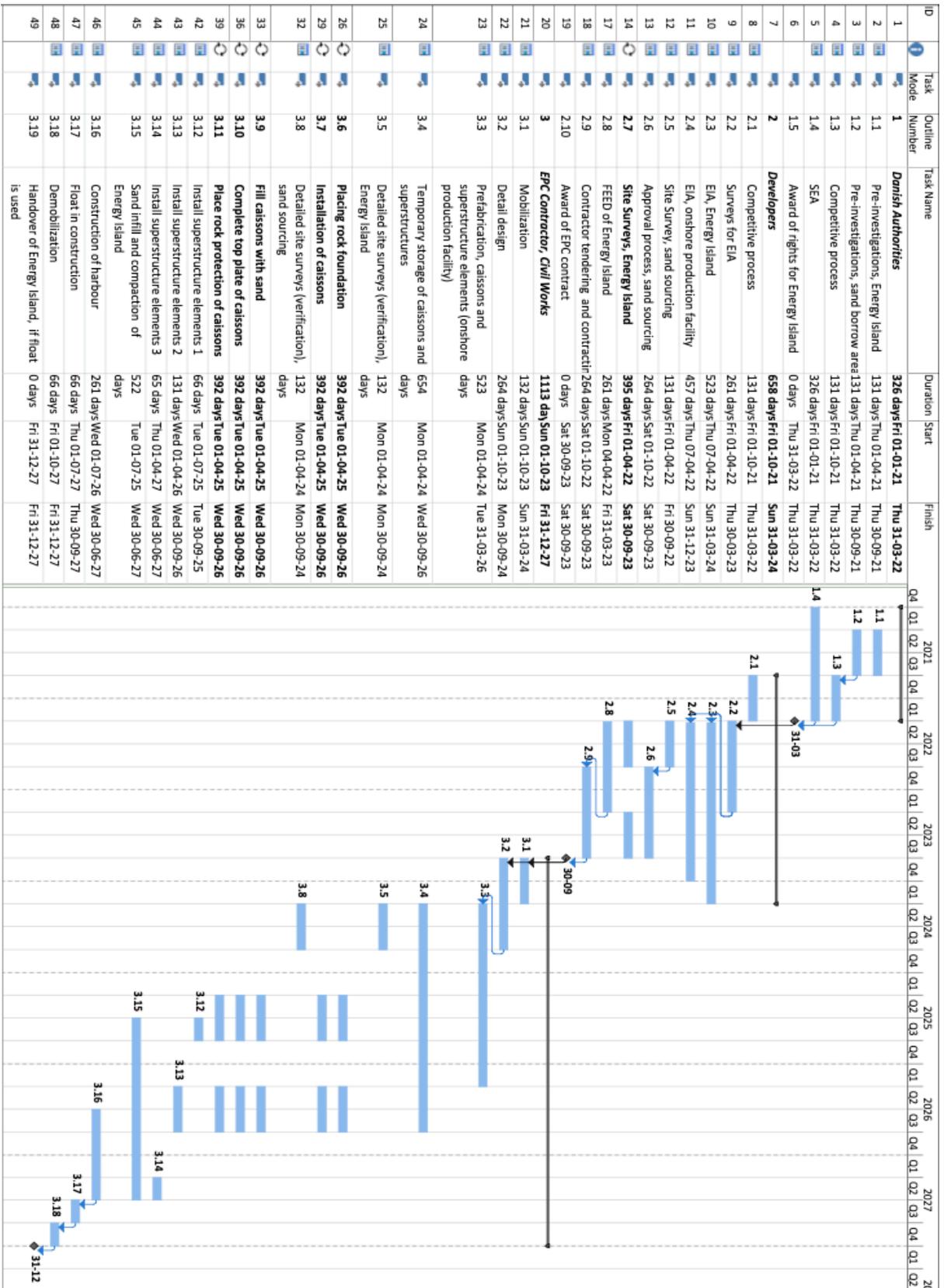
Anexo C - Modelos de governança centralizada e descentralizada nos países inseridos no projeto

Figure 2: Overview of centralised and decentralised governance models and their application in countries of interest^{4,5}

	Planning		Ownership			System operation	
	System planning	Inter array cables or pipelines	Offshore substation	Offshore converter station	Transmission cables or pipelines	Onshore substation	System operation
Centralised 🇳🇱	TSO	OWF developer	TSO	TSO	TSO	TSO	TSO
🇩🇰	TSO	OWF developer	TSO	TSO	TSO	TSO	TSO
🇩🇪	TSO	OWF developer	OWF developer	TSO	TSO	TSO	TSO
Decentralised 🇬🇧	TSO	OWF developer	OWF developer > OFTO	OWF developer > OFTO	OWF developer > OFTO	TSO	TSO
🇩🇰	TSO	OWF developer	OWF developer	OWF developer	OWF developer	OWF developer	TSO

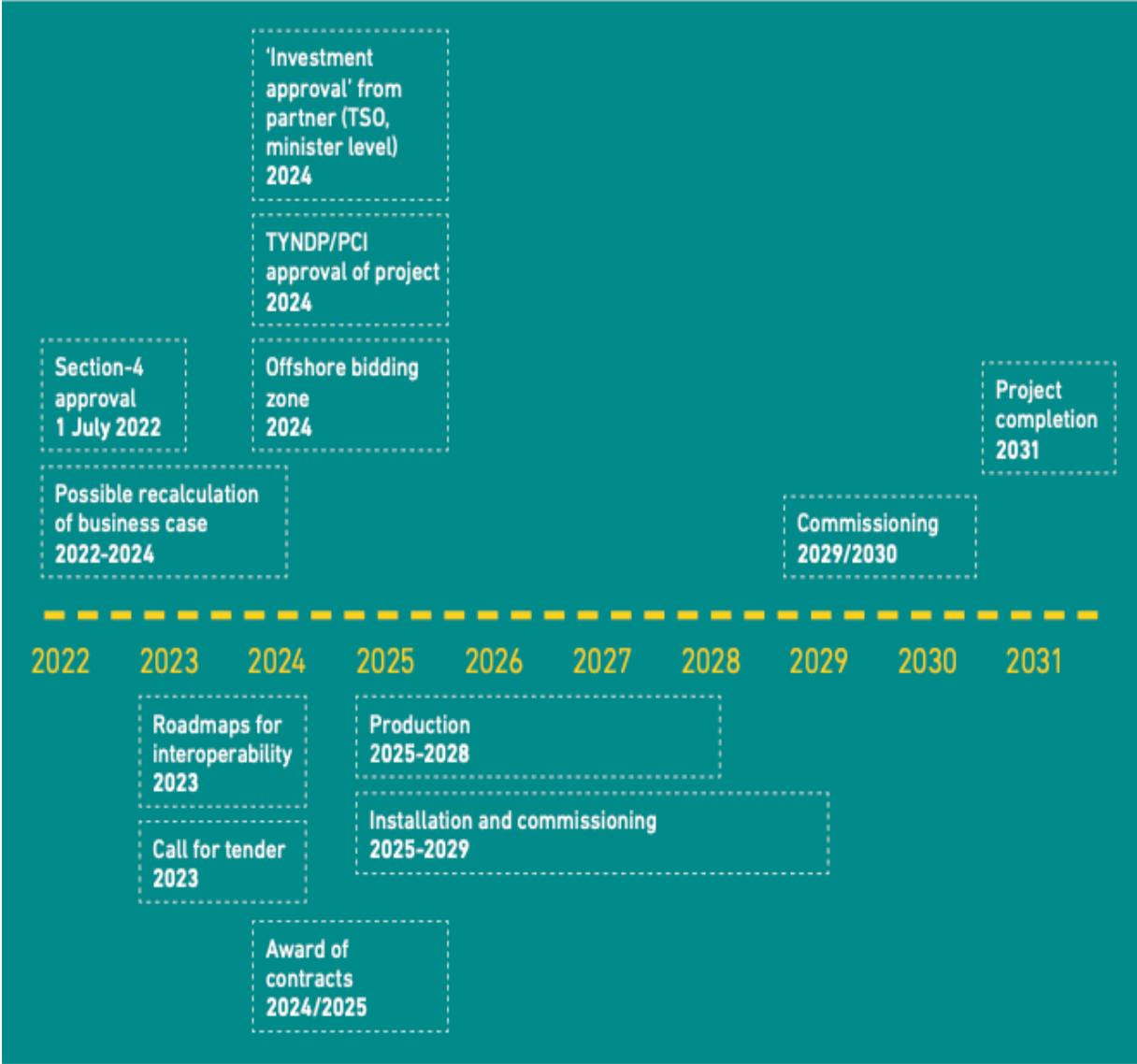
Fonte 3: (NSWPH, 2022)

Anexo D - Cronograma para a implementação de 3 GW e 10 GW da ilha no Mar do Norte



Fonte 4: (COWI, 2021)

Anexo E - Cronograma previsto para a implementação da ilha do Mar Báltico



Fonte 5: (Energinet, 2022a)

Anexo F - Riscos (%) alusivos à implementação de um modelo de alternativa (DK + DE), mediante o investimento necessário

CONSEQUENCE

	≤1	≤4	≤10	≤20	≤50	≤90
6: Catastrophic (> DKK 500 million)			Change in division of ownership for the cable to Germany	Risk of unforeseen market conditions Interconnection with Bornholm's electricity system Environmental assessment processes etc. delay the project		
5: Critical (> DKK 300 million)					Development of HVDC standards and technology Energinet cannot take out insurance for offshore construction work	
4: Serious (> DKK 100 million)				Partner TSO is delayed Development of market design	Uncertainty about connection requirements for PtX plants	
3: Major (> DKK 50 million)						
2: Significant (> DKK 25 million)			Connection conditions for offshore wind power	Transfer of Energinet's offshore wind power costs	Change in acquisition process for construction in stages	
1: Minor (> DKK 10 million)						

PROBABILITY (%)

Fonte 6: (Energinet, 2022a)

Anexo G - Guião da entrevista

- **Como é que encara as vias de interação entre as energias renováveis e o gás natural?**

- **Na minha investigação estou a entender os seguintes conceitos da seguinte forma: ilhas artificiais / tipos de governação (multiusos e multiescalar). Como considera a sua integração molda o atual contexto político energético europeu? (Pergunta conceptual)**

- **Como é que o setor do gás natural irá reagir a estas práticas de governação que estão a ser espoletadas por estes projetos que estão a surgir (ilhas artificiais)? (Pergunta técnica)**

- **Como é que este cenário, tal como está a evoluir neste momento, se poderá refletir em transformação no contexto geopolítico? Qual o impacto de uma reformulação a nível interno ou internacional? (Pergunta de carácter político)**

- **Como é que o contexto geopolítico se pode posicionar mediante os desafios de coexistência que estão a ser apresentados ao setor do gás natural e energias renováveis eólicas offshore? - Focar no Mar do Norte que detém várias atividades, nomeadamente zonas de proteção, como a Natura 2000.**

- **Neste momento qual considera ser a aposta mais viável, de uma forma geral?**