

planear o futuro da energia eólica em Portugal

T. Simões, A. Couto, J. Duque, M. Fontes, A. Estanqueiro
LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

I. Introdução

A energia eólica em Portugal cresceu de forma acentuada, em particular na primeira década do séc. XXI. Apesar desta fase de mercado crescimento, o potencial eólico em Portugal está longe de se esgotar, podendo dar um contributo expressivo para o Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC) no horizonte temporal 2020-30, bem como para o Roteiro de Neutralidade Carbónica (2020-2050), ambos os planos atualmente em preparação no contexto europeu. O aproveitamento do potencial eólico em território nacional encontra-se numa fase muito avançada restando, ainda assim, vários locais para a instalação de uma nova capacidade eólica, e sendo expectável que, em terra e com o aproximar do seu fim de vida útil das atuais turbinas eólicas, sejam as opções como a substituição de equipamentos por outros mais modernos e sofisticados, mantendo (ou não) as infraestruturas de interligação à rede, vulgarmente designadas por *repowering* que começam a ser encaradas como o próximo passo neste setor, numa perspetiva de sustentabilidade económica dos investimentos.

É, no entanto, no território marítimo que Portugal possui o seu “ouro verde”, isto é, um elevadíssimo potencial eólico, quase integralmente por explorar. As dúvidas associadas à incerteza de sobrevivência de equipamentos expostos a tempestades oceânicas na costa portuguesa foram dissipadas com o recente projeto europeu EC FP7 *Demowfloat* que, de 2011 a 2015, demonstrou a excelência da tecnologia *WindFloat* e, de forma igualmente importante, a adequabilidade do território marítimo português à exploração do potencial eólico *offshore*. Com o sucesso alcançado com esse projeto encontra-se atualmente em fase de desenvolvimento o projeto *WindFloat Atlantic*, o qual prevê a instalação de 25 MW de capacidade eólica ao largo de Viana do Castelo [1].

Para apoiar o desenvolvimento dos aproveitamentos de energia eólica *offshore*, em dezembro de 2018, o LNEG concluiu um projeto de ID&D, mais concretamente o projeto *OffshorePlan* – Planeamento do Aproveitamento de Energias Renováveis *Offshore* em Portugal, (POSEUR – 01-1001-FC-000007), cofinanciado pelo Programa Operacional de Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos, através do Portugal 2020 e do Fundo de Coesão. O seu principal objetivo foi o desenvolvimento de ferramentas de planeamento otimizado para o setor que:

- i) permitam às entidades licenciadoras identificar os locais que apresentam um maior benefício para a economia nacional, numa perspetiva de minimização dos reforços da rede elétrica e proximidade entre a geração de energia e os grandes centros consumidores (como por exemplo, áreas urbanas);
- ii) possibilite aos investidores conhecerem, antecipadamente, as áreas marítimas e tecnologias que lhes garantam uma recuperação do investimento otimizada, bem como identificar oportunidades de negócio ao longo de toda a cadeia de valor.

2. Mapeamento dos recursos renováveis disponíveis na costa portuguesa (*deep offshore e near-shore*)

A avaliação fiável dos recursos eólicos *offshore* é crucial para o estabelecimento de um plano estratégico para a exploração das energias renováveis marinhas. Para atingir este objetivo, sem recorrer a uma extensa e onerosa rede de estações ou boias anemométricas, torna-se necessário o uso de modelos numéricos de previsão atmosférica, os chamados modelos de mesoescala. Neste trabalho recorreu-se ao modelo numérico de mesoescala MM5 [2] desenvolvido pelo NCAR – *National Center for Atmospheric Research*, tendo-se procedido à calibração e seleção das mais adequadas:

- i) parametrizações atmosféricas – opções físicas;
- ii) conjunto de dados meteorológicos iniciais e condições fronteira (IBC);
- iii) procedimentos de assimilação de dados meteorológicos para resolver os fenómenos de comportamento do escoamento atmosférico junto ao solo, à superfície do mar e na fronteira terra-mar.

Foram ainda efetuados testes de sensibilidade usando as métricas estatísticas comuns e os dados horários simulados/observados foram usados para calibrar o modelo. Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos a partir de diferentes sistemas de medição, nomeadamente bóias oceanográficas, sistemas de alta resolução (LiDAR), mastros anemométricos costeiros e sistemas LiDAR horizontais e verticais com diferentes alturas de medição acima da altura do nível do mar. Assim, os conjuntos de dados LiDAR disponíveis para calibrar o modelo representam também uma importante contribuição deste trabalho porque os trabalhos anteriores de avaliação do recurso eólico *offshore* português foram sempre baseados em medições a nível quase superficial, ou estimativas em altura utilizando dados extrapolados que desprezam alguns fenómenos verticais [3]. A **Figura 1** apresenta um dos mapeamentos elaborados – velocidade horizontal do vento, para 100 metros acima do nível médio do mar – e que constituem o atlas do potencial eólico *offshore* de alta resolução (1x1 km).

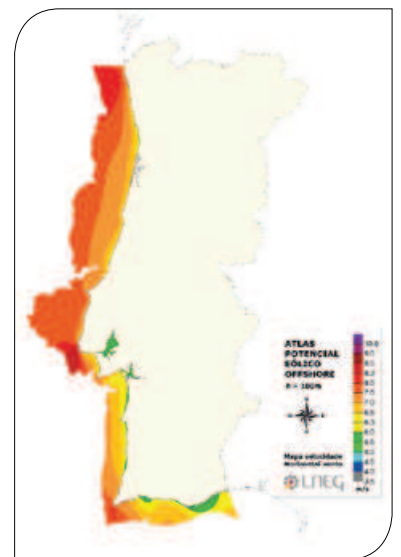


Figura 1 Atlas do Potencial Eólico Offshore – Tema: Velocidade horizontal, $h=100$ metros acima do nível médio do mar.

3. Identificação de zonas de exclusão e outros constrangimentos ao desenvolvimento de sistemas de aproveitamento de energias offshore na costa portuguesa

O aproveitamento das energias *offshore* não depende apenas do recurso energético disponível, mas também das características do fundo do mar e das tecnologias de amarração. As turbinas eólicas para instalação no mar podem ser divididas em duas grandes categorias, as de fundação fixa ao fundo do mar cuja instalação deve ser efetuada até 50 metros de profundidade, e as de fundação flutuante cuja instalação é habitualmente efetuada a partir de 50/60 metros de profundidade. Neste contexto, a batimetria e constituição do fundo do mar são aspetos de máxima relevância na escolha de um local para o desenvolvimento deste tipo de sistemas.

Neste contexto foi necessário proceder à identificação das restrições à instalação destes sistemas de energias renováveis e à sua georreferenciação, tendo-se procedido ao desenvolvimento de um modelo de planeamento num sistema de informação geográfica, tendo como objetivo principal a identificação de áreas adequadas à instalação de turbinas eólicas correspondentes aos dois tipos de amarração referidos, fixa e flutuante. Para tal, além dos diversos tipos de constrangimento – canais de navegação, sítios protegidos, zonas de cabos submarinos, entre outras – mapeou-se igualmente a energia produzida por uma turbina eólica, de acordo com o tipo de amarração pretendida, e programou-se uma ferramenta de planeamento num sistema de informação geográfica com a capacidade de selecionar as áreas de interesse respeitando as condicionantes e restrições à instalação destes sistemas de energias renováveis. A **Figura 2** exemplifica o mapeamento referente à tecnologia WindFloat.

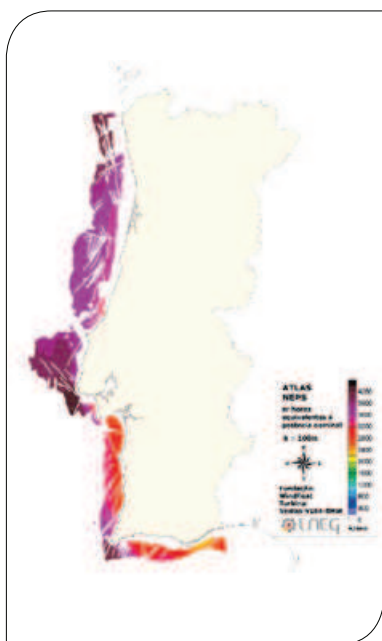


Figura 2 Mapeamento do número de horas equivalentes à potência nominal de uma turbina de 8 MW com sistema flutuante do tipo WindFloat.

Uma das condições mais importantes para definir as zonas com maior potencial de desenvolvimento é a capacidade da rede elétrica de escoar a energia produzida pelos Parques Eólicos. Assim, recorreu-se aos mapeamentos disponíveis sobre a rede elétrica nacional e consumos de energia elétrica por concelho (**Figura 3**), tendo-se considerado critérios hierárquicos em função dos grandes centros de consumo situados na costa e dos pontos de interligação à rede elétrica junto à costa. Com base nesta informação foram definidas várias configurações de Parques Eólicos, as quais foram introduzidas num modelo de otimização técnico-económica de cenários de evolução do setor renovável *offshore*.

4. Desenvolvimento de modelos matemáticos de otimização técnico-económica de cenários de evolução do setor renovável offshore

Na construção de cenários de evolução do setor elétrico desenvolveu-se uma ferramenta de planeamento otimizado para a instalação de geração eólica, tendo como base a modelação matemática de um conjunto de parâmetros técnicos e económicos a saber:

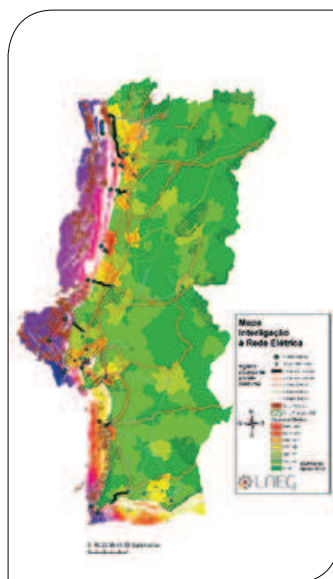


Figura 3 Mapeamento da interligação à rede elétrica e distribuição das zonas de consumo de energia elétrica.

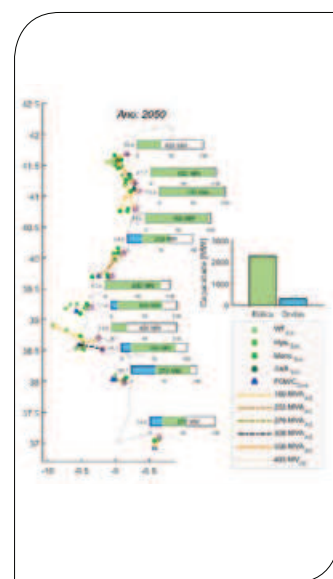


Figura 4 Resultados obtidos no modelo de otimização para o ano de 2050 (eólica e ondas).

- i) a identificação de locais adequados ao aproveitamento dos recursos renováveis marinhos, respetivos potenciais e tecnologias;
- ii) inclusão do desempenho técnico-económico das diferentes tecnologias;
- iii) a localização dos grandes centros de consumo e potências de interligação disponíveis.

O modelo desenvolvido usa uma representação discreta no tempo com a duração de um ano para o horizonte temporal 2020-2050. O modelo de base inicial foi adaptado aos requisitos resultantes do trabalho desenvolvido anteriormente no projeto – mapear o recurso existente, identificar o tipo de instalação possível, selecionar as zonas para uma possível geração *offshore*, verificar os possíveis pontos de injeção na rede elétrica e a respetiva capacidade – além de definir todo o conjunto de valores necessários à parametrização do modelo, isto é, à definição do caso de estudo.

O modelo permite minimizar o LCOE agregado dos diversos elementos instalados, e definir o escalonamento ótimo da instalação da geração renovável *offshore* para os diversos cenários. As soluções do problema de otimização permitem selecionar os locais que apresentam um maior benefício para a economia nacional, definindo as regiões e o escalonamento da instalação integrada das diversas tecnologias que permitam uma rápida e segura recuperação do investimento (**Figura 4**).

5. Caracterização das principais condicionantes socioeconómicas ao desenvolvimento e implementação das tecnologias e identificação de estratégias de abordagem

A concretização do potencial das tecnologias renováveis marinhas requer a construção de uma nova cadeia de valor que combine competências associadas às novas tecnologias e competências complementares presentes na indústria nacional, as quais terão de ser mobilizadas para suportar uma área ainda emergente e incerta. Neste contexto foi realizado um questionário dirigido a um leque variado de empresas, que visava compreender como perspetivam o envolvimento nesta área e qual a sua visão sobre as condições que terão de enfrentar. Obtiveram-se respostas, provenientes de empresas ativas na área, empresas que perspetivam entrar e empresas sem interesse na área. Foi obtida informação sobre áreas onde atuam ou podem vir a atuar; natureza e novidade em relação à oferta corrente dos produtos

O trabalho realizado pelo LNEG, no âmbito do projeto POSEUR OffshorePlan aqui descrito, desenvolveu metodologias cuja aplicação permite otimizar e hierarquizar de forma objetiva por aplicação de critérios de sustentabilidade.

e serviços oferecidos ou a oferecer; *timings* de entrada; alterações necessárias na organização da empresa; problemas enfrentados na área. Das respostas recebidas concluiu-se que as empresas pertencem, essencialmente, ao grupo que “*não está, nem esteve envolvido na área das energias renováveis oceânicas, mas coloca a perspetiva de se vir a envolver no futuro*”. Há uma percentagem significativa de empresas que não pensa vir a envolver-se e, algumas das empresas que responderam estar atualmente envolvidas não pertencem ao grupo inicialmente identificado como tal, o que pode indicar um aumento efetivo da atividade nesta área, atraindo novas empresas.

6. Síntese e notas finais

Portugal tem um grande potencial de exploração das energias marinhas, em particular da energia eólica *offshore*. O trabalho realizado pelo LNEG, no âmbito do projeto POSEUR OffshorePlan aqui descrito, desenvolveu metodologias cuja aplicação permite otimizar e hierarquizar de forma objetiva por aplicação de critérios de sustentabilidade (técnicos, socioeconómicos e ambientais) o aproveitamento das energias marinhas na costa portuguesa. Foi desenvolvido o Atlas do Potencial Eólico *Offshore*, com base em modelação numérica de mesoscala com alta resolução espacial (1x1 km), tendo-se procedido à sua validação com base em dados experimentais.

Este atlas constitui uma importante mais-valia para o planeamento de novas centrais eólicas *offshore* em Portugal. Adicionalmente foi desenvolvida uma ferramenta de planeamento otimizado que permite determinar a capacidade a instalar anualmente – em que região da costa e qual a tecnologia mais adequada – recorrendo às tecnologias existentes e tendo em consideração o crescimento do consumo nas zonas urbanas costeiras.

Este projeto contou ainda com o estudo das condicionantes socioeconómicas ao desenvolvimento do setor do mar, representando uma valiosa contribuição para uma nova cadeia de valor no setor das energias renováveis marinhas e, conseqüentemente, para o crescimento económico nacional. Assim, as metodologias desenvolvidas e os resultados obtidos neste projeto permitem às entidades licenciadoras programar temporalmente a instalação de tecnologias renováveis *offshore* em Portugal e minimizar o risco de investimento neste setor.

Referências

- [1] www.edp.com/en/windfloat. Consultado em 28.12.2018.
- [2] Costa P, Simões T, Estanqueiro A (2010), *Sustainable Offshore Wind Potential in Continental Portugal. Work Ocean as a Source Energy*, 40–43.
- [3] Grell G, Dudhia J, Stauffer DR (1994), *A description of the Fifth-generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5)*. NCAR Tech Note NCAR/TN-398+STR 121. doi: 10.5065/D68S4MVH. [tm](#)

Cofinanciado por:

