



## Contribuições para a Taxonomia Sustentável Brasileira

### CNAE D: Eletricidade e Gás

#### Sumário

1	Sugestões para atividades já propostas dentro do objetivo “Mitigação da mudança do clima”	2
1.1	D1: Geração de energia elétrica de origem hidráulica .....	2
1.2	D2: Geração de energia de origem eólica .....	4
1.3	D3: Geração de energia de origem solar .....	10
1.4	D4: Geração de energia elétrica de origem térmica a partir de biomassa renovável, biogás, biometano e outros combustíveis .....	15
1.5	D5: Geração de eletricidade através das marés, ondas e correntes oceânicas.....	19
1.6	D6 e D7: Transmissão e distribuição de energia elétrica.....	22
1.7	D9: Sistemas de Armazenamento de Energia .....	25
1.8	D10: Produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono .....	27
1.10	D11 - Produção de Biogás e Biometano .....	33
1.11	Sugestão de Seção D17: energias renováveis para cocção .....	34
2	Observações sobre a seção dedicada ao objetivo “Adaptação à mudança do clima” .....	35
3	Níveis de contribuição à sustentabilidade .....	35

## 1 Sugestões para atividades já propostas dentro do objetivo “Mitigação da mudança do clima”

### 1.1 D1: Geração de energia elétrica de origem hidráulica

O agravamento das mudanças climáticas tem tornado cada vez mais frequentes e intensos eventos extremos, como enchentes e estiagens. Nesse contexto, é fundamental dispor de um sistema energético que não seja apenas limpo, mas também diversificado, permitindo que uma fonte compense outra em momentos de baixa produção. No Brasil, contamos com uma das matrizes elétr

icas mais limpas do mundo, em grande parte devido ao potencial hídrico nacional. Grandes projetos hidrelétricos, considerados relativamente limpos apesar dos impactos ambientais das barragens, foram construídos há décadas. Isso posiciona o país entre os líderes globais em matrizes energéticas sustentáveis. No entanto, é importante reconhecer que a energia hidrelétrica não está isenta de impactos ambientais. A construção de barragens frequentemente demanda a inundação de vastas áreas, acarretando desapropriações, alterações na paisagem e impactos significativos nos ecossistemas locais. Diante disso, aproveitar a infraestrutura existente para gerar energia auxiliar a partir de outras fontes torna-se uma estratégia vantajosa. Essa abordagem deve ser incorporada como uma estratégia-chave para garantir resiliência e prevenir a escassez, especialmente no setor energético, frente às crescentes incertezas climáticas.

Recomenda-se a inclusão, como item elegível capaz de contribuir tanto com a mitigação quanto com a adaptação às mudanças climáticas, do seguinte sistema híbrido:

- Mix hidro-solar: o aproveitamento da infraestrutura de hidrelétricas para a geração de energia solar é uma **adaptação** relevante para enfrentar o agravamento das mudanças climáticas. Além disso, representa uma estratégia de **mitigação**, ao ampliar a capacidade de geração de energia renovável. Essa integração é especialmente útil em períodos de estiagem, quando a produção hidrelétrica diminui e, no Brasil, as termoelétricas costumam ser ativadas, aumentando as emissões de gases de efeito estufa. Dessa forma, combinar essas fontes contribui para um sistema energético mais resiliente e sustentável.

Algumas usinas hidrelétricas têm adotado a instalação de painéis solares em seus reservatórios como uma estratégia para aumentar a produção de energia renovável. Os painéis são posicionados diretamente sobre a superfície do reservatório, aproveitando o espaço disponível e contribuindo para a redução da evaporação da água. Além disso, podem ser instalados ao redor, na própria infraestrutura da planta, otimizando ainda mais o uso do espaço.

Entre as vantagens desse modelo estão o aumento da eficiência dos painéis, graças ao resfriamento proporcionado pela água, a maximização do uso de áreas já ocupadas e as sinergias com a infraestrutura existente.

Um exemplo dessa abordagem é o [Hydro-Solar-Hybrid Project](#), em Gana, a primeira instalação híbrida do país. Este projeto destaca-se como uma estratégia para ampliar a geração de energia renovável e fortalecer o sistema elétrico, tornando-o mais diversificado e resiliente.

Balan *et al* (2024) fazem simulações sobre a hibridização da instalação no Rio Tietê, em São Paulo, e concluem que a combinação de placas solares com usinas hidrelétricas pode gerar quantidades significativas de energia, sob vários cenários. Isso aponta potencialidades que podem ser aproveitadas para tornar o sistema energético brasileiro mais resiliente, usando a infraestrutura existente.

- **Parâmetros quantitativos**

Emissões GEE: embora a energia hidrelétrica seja renovável e limpa, ainda assim existem emissões de gases de efeito estufa relacionados, principalmente em reservatórios de armazenamentos. Por conta disso, muitos padrões globais destacam a importância desse tipo de monitoramento na produção de energia através de hidrelétricas, como ENCORE, IFC, GRI, CBI, Science-based Targets Initiative e EFFAS KPIs ESG. Por exemplo, CBI e a Science-based Targets Initiative estabelecem que novas instalações hidrelétricas que entrem em operação a partir de 2020 devem apresentar uma intensidade de emissões menor que **50g CO<sub>2</sub>e/kWh**. Para instalações anteriores a 2020, o limite é um pouco maior, sendo de até **100g CO<sub>2</sub>e/kWh**. Nesse sentido, sugere-se o estabelecimento de um parâmetro quantitativo para que as instalações hidrelétricas no Brasil sejam consideradas "verdes", alinhando-se às melhores práticas globais. A adoção de parâmetros claros para emissões auxilia na promoção de transparência, no incentivo à eficiência operacional e no cumprimento de metas climáticas, ao mesmo tempo em que prepara o setor para atender às crescentes demandas por sustentabilidade e inovação tecnológica.

Além disso, destaca-se que parâmetros quantitativos foram definidos em Taxonomias Verdes de outros países, como Ruanda, Singapura, Sri Lanka e Geórgia, onde, para que uma instalação seja considerada verde, é necessário apresentar uma intensidade de emissões de até 100 g CO<sub>2</sub>e/kWh. Isso reforça a necessidade de estabelecer um parâmetro quantitativo claro na Taxonomia Brasileira considerando o contexto local.

Considerando a dificuldade de medir emissões de reservatórios, pode-se também adotar o critério de corte do CDM/MDL, que adotou a densidade de potência para projetos de carbono em hidrelétricas. Projetos com uma densidade menor do que 4 W/m<sup>2</sup> não são aceitos. Projetos com densidade maior do que 10 W/m<sup>2</sup> são aceitos. Há uma equação de correção para projetos neste intervalo, conforme pode se ver na metodologia ACM002, disponível em:

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/XB1TX7TAZ6SLWM9B7BC67THHVD16JV>

Eficiência energética: outro aspecto relevante a se considerar é a eficiência energética das instalações hidrelétricas. É essencial que tecnologias cada vez mais eficientes sejam empregadas, permitindo a geração de mais energia com o uso reduzido de recursos naturais e com menos

emissões. Essa abordagem não apenas minimiza o impacto ambiental, mas também contribui diretamente para o bem-estar da população, garantindo o acesso sustentável à energia. Nesse sentido, sugere-se o estabelecimento de parâmetros quantitativos amplamente aceitos para a eficiência energética de instalações de geração hidrelétrica no Brasil, assim como em padrões de sustentabilidade internacionais. Por exemplo, a Climate Bonds Initiative (CBI) propõe que as instalações hidrelétricas em operação antes de 2020 apresentem uma densidade de potência superior a  $5\text{W}/\text{m}^2$ , enquanto para instalações que iniciaram operações a partir de 2020, a densidade de potência sugerida é superior a  $10\text{W}/\text{m}^2$ . Ademais, parâmetros quantitativos também foram adotados em outras Taxonomias Verdes, como as de Ruanda, Singapura, Sri Lanka e Geórgia, nas quais, para uma instalação ser considerada verde, é necessário apresentar uma potência superior a  $5\text{W}/\text{m}^2$ .

A necessidade de incremento na eficiência dos reservatórios existentes em usinas hidrelétricas com mais de 30MW de potência no Brasil é ilustrada pelo fato de que a média nacional é de apenas  $2,1\text{W}/\text{m}^2$  (soma das capacidades instaladas / soma da área dos reservatórios declarados na ANEEL), de modo que mais da metade tem potência inferior a  $5\text{W}/\text{m}^2$ .

Assim, sugere-se que a Taxonomia estabeleça parâmetros claros e quantitativos para classificar instalações hidrelétricas como "verdes", alinhando-se às melhores práticas internacionais. Considerando o nível de maturidade que a geração de energia hidrelétrica possui no Brasil, sugere-se que sejam adotados os padrões da CBI.

#### Referências:

BALAN, M. H.; CAMARGO, L. A. S.; RAMOS, D. S.; CASTRO, R.; LEONEL, L. D.; PULCHERIO, E. S.; MELENDEZ, J. Hydro-solar hybrid plant operation in a hydropower plant cascade: optimizing local and bulk system benefits. *Water*, v. 16, p. 2053, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w16142053>. Acesso em: jan 2025.

KOUGIAS, Ioannis; AGGIDIS, George; AVELLAN, François; DENIZ, Sabri; LUNDIN, Urban; MORO, Alberto; MUNTEAN, Sebastian; NOVARA, Daniele; PÉREZ-DÍAZ, Juan Ignacio; QUARANTA, Emanuele; SCHILD, Philippe; THEODOSSIOU, Nicolaos. Analysis of emerging technologies in the hydropower sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 113, p. 109257, 2019. ISSN 1364-0321. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109257>. Acesso em: 24 jul. 2024.

### 1.2. D2: Geração de energia de origem eólica

Não temos propostas de exclusão de nenhum dos pontos trazidos pelo texto.

Sugerimos, porém, nos requisitos gerais, a inclusão de um critério de não elegibilidade: usinas elétricas dedicadas a apoiar a infraestrutura de combustíveis fósseis (por exemplo, operações de atividades de produção de combustíveis fósseis) não devem ser elegíveis, tal como definido na Taxonomia de Singapura para Finanças Sustentáveis.

Além dessa sugestão, nossas contribuições estão concentradas nos requisitos de não causar dano a outros objetivos ambientais, como se vê a seguir.

- **Requisitos a serem elencados no item “Não prejudicar significativamente a nenhum objetivo ambiental”:**

#### **a) Mitigação das mudanças climáticas**

A redução das emissões de CO<sub>2</sub> associadas à produção de energia eólica podem ser alcançadas por meio da redução no consumo de combustíveis fósseis na fabricação e transporte de turbinas, e durante a operação, pela associação com a energia solar.

Tecnologias de automatização nos processos de fabricação podem reduzir o consumo de combustível, além da produção local de peças e componentes das turbinas e, como consequência, reduzir o desperdício de energia e materiais.

Algumas melhorias nos métodos de transporte das turbinas eólicas podem incluir o uso de meios de transporte mais eficientes quando for possível (ferroviário ou fluvial, elétricos ou que operem com biocombustíveis) e a otimização da logística (mudança nas rotas).

Fontes:

- 1) <https://doi.org/10.1201/9780429243608>
- 2) <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138778>

#### **b) Adaptação às mudanças climáticas:**

Modificações no *design* das turbinas eólicas e principalmente o uso de materiais mais resistentes (como ligas metálicas mais fortes ou compósitos avançados) podem aumentar a durabilidade, resiliência a eventos climáticos extremos (como tempestades, furacões, etc.) e a variações da intensidade dos ventos, contribuindo para a eficiência energética da produção de energia eólica.

Projetos de usina a partir de materiais adaptados podem operar por mais tempo, minimizam a quantidade de turbinas descartadas e resíduos em geral e integram a sustentabilidade do início ao fim da cadeia de suprimentos.

Referências:

- 1) <https://www.nrel.gov/wind/assets/pdfs/wind-capabilites-advanced-manufacturing-and-materials.pdf>
- 2) <https://www.nrel.gov/docs/fy23osti/81483.pdf>
- 3) <https://gwec.net/global-wind-report-2024/#download>

#### **c) Proteção da biodiversidade:**

A localização inadequada de parques eólicos pode representar uma ameaça e ser um fator de ameaça a sobrevivência de aves migratórias e fauna local, pois a instalação de turbinas em rotas migratórias pode causar colisões fatais, comprometendo a biodiversidade e desequilibrando ecossistemas. Portanto, é crucial realizar estudos de monitoramento do comportamento de aves migratórias e outras espécies vulneráveis, definir o isolamento do parque em relação a zonas de migração e quais as distâncias seguras entre turbinas dentro da usina. A partir desses aspectos, a serem devidamente verificados no licenciamento, é possível escolher cuidadosamente o local de implantação da usina eólica.

Diversas taxonomias em vigor, seguindo o padrão da Taxonomia da União Europeia para Atividades Sustentáveis, discorrem sobre a necessidade de evitar possíveis distúrbios, deslocamentos ou colisões de aves devido à construção, operação e/ou manutenção de parques eólicos. Importa verificar se o licenciamento analisou com qualidade esses aspectos.

Referências:

- 1) <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/OCEaN-Mitigation-Report-2024.pdf>
- 2) <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46909-z>
- 3) <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02386>

#### **d) Uso sustentável da terra/florestas:**

A erosão e degradação do solo durante a construção e implantação de parques de energia eólica, se não forem controlados, podem afetar negativamente a fertilidade do solo, a qualidade da água e até mesmo a fauna local. Por isso, o monitoramento do uso do solo é uma condição para escolha do local mais adequado, em especial quando áreas degradadas são uma opção de escolha. Outras medidas de controle, como o uso de cobertura do solo, plantio de vegetação nativa ou a instalação de barreiras contra o vento são essenciais para reduzir a erosão (preexistente ou provocada pela atividade) e garantir que a construção não altere a dinâmica natural do terreno, minimizando assim os impactos ecológicos.

Referências:

- 1) <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2024-037-En.pdf>
- 2) <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107934>
- 3) <https://doi.org/10.3390/land12101822>

#### **e) Uso sustentável de recursos hídricos e marinhos:**

Diversos fatores interferem na performance das turbinas eólicas *offshore* e na distribuição de espécies marinhas, como temperatura da água, velocidade do vento, direção das correntes

oceânicas e marés, condições do solo do leito do mar, etc. O monitoramento contínuo desses fatores se torna a ferramenta mais apropriada para garantir o desempenho das turbinas e minimizar impactos da usina eólica na biodiversidade marinha.

Um desses impactos é a perturbação do ambiente aquático. O processo de instalação de turbinas eólicas pode afetar a qualidade da água, causar ruído subaquático, perturbar a fauna marinha e afetar o habitat de espécies sensíveis, como peixes, mamíferos marinhos e aves. O uso de tecnologias de redução de ruído durante a etapa de construção e a escolha cuidadosa da localização da usina eólica, evitando áreas sensíveis como zonas de reprodução de peixes, são medidas importantes para manter a responsabilidade ambiental da atividade.

Referências:

- 1) <https://doi.org/10.3390/en17133098>
- 2) <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114386>

#### f) **Economia circular:**

As empresas do setor de energia eólica, ao adotar os princípios da economia circular, devem se certificar de que práticas de não geração, redução, reutilização e reciclagem de materiais estejam sendo implementadas de forma efetiva, durante as fases de planejamento e construção, afim de prevenir contaminações do solo, da água e aumento dos custos de gestão de resíduos.

O uso de materiais com certificação de origem, especialmente metais e materiais como o aço, é um elemento importante para a sustentabilidade dos projetos eólicos. Ao analisar a cadeia de suprimentos, é preciso adquirir materiais de fontes responsáveis, que garantam que o processo de extração e produção minimize os impactos ambientais, como a degradação de ecossistemas, desmatamento ilegal ou exploração de recursos naturais não renováveis.

Tornar as estruturas de turbinas eólicas mais resilientes em termos de recuperação de danos é também uma forma de economia circular aplicada. Isso implica em projetar as turbinas eólicas de maneira que possam suportar condições climáticas atípicas e, caso haja falhas, que seja possível recuperar ou reparar essas estruturas sem precisar substituir grandes componentes, evitando assim a geração de resíduos e prolongando o tempo de vida útil dos materiais, minimizando o desperdício de recursos.

Diversas taxonomias em vigor, seguindo o padrão da Taxonomia da União Europeia para Atividades Sustentáveis, discorrem sobre avaliar a disponibilidade e, quando viável, utilizar equipamentos e componentes de alta durabilidade e reciclabilidade e que são fáceis de desmontar e reformar.

Referências:

- 1) <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/policy/position-papers/WindEurope-position-paper-how-to-build-a-circular-economy.pdf>
- 2) <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.10.016>

3) <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105439>

**g) Prevenção e controle da contaminação:**

A Taxonomia Verde de Ruanda traz como recomendações adicionais para o subtópico Prevenção e controle da poluição o controle de resíduos líquidos, tais como garantir o descarte apropriado de lubrificantes e refrigerantes usados pelos sistemas de turbinas eólicas, a fim de evitar contaminação do solo devido ao não tratamento desses resíduos.

**h) Redução das desigualdades sociais e regionais, de gênero e de raça**

Estudos e reportagens investigativas nos últimos 2-3 anos apontam para impactos negativos dos parques eólicos nas comunidades locais, como por exemplo, essa matéria da Agência Brasil (EBC): <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-04/afetados-por-eolicas-discutem-danos-causados-comunidades> e essa reportagem da Mongabay: <https://brasil.mongabay.com/2023/10/comunidades-rurais-do-nordeste-enfrentam-desafios-causados-por-parques-eolicos/>

As comunidades se organizaram e, com apoio de organizações da sociedade civil e de universidades, produziram um documento com uma lista de salvaguardas que pleiteiam sejam adotadas por novos projetos: [Salvaguardas socioambientais para energia renovável](#). Sugere-se que o conteúdo desse documento seja levado em consideração para inclusão entre os requisitos de não causar dano a outros objetivos da Taxonomia.

• **Sugestões de redação:**

<b>Não prejudicar significativamente (a nenhum dos seguintes objetivos):</b>	
Mitigação das mudanças climáticas	<p>Durante a operação, sempre que possível, utilizar a associação com a energia solar</p> <p>Redução no consumo de combustíveis fósseis na fabricação e transporte de turbinas</p> <p>Usar tecnologias de automatização nos processos de fabricação para reduzir o consumo de combustível, além da produção local de peças e componentes das turbinas</p> <p>Incrementar o desenvolvimento de melhorias em tecnologias que corrijam falhas no consumo de combustível durante o transporte de turbinas eólicas</p>



	Uso de meios de transporte ferroviário, fluvial, elétricos ou que operem com biocombustíveis sempre que possível e otimização da logística (mudança nas rotas) no transporte das turbinas eólicas
Adaptação à mudança do clima	Realizar modificações nos projetos de turbinas eólicas que podem aumentar a eficiência do uso de materiais (que sejam mais resistentes).
Proteção e restauração da biodiversidade e dos ecossistemas	Incluir no critério de localização distância de áreas importantes para aves ou rotas migratórias.
Uso sustentável da terra e conservação, manejo e uso sustentável das florestas	Utilizar medidas de controle durante a construção para reduzir a erosão e impactos ecológicos
Uso sustentável e proteção dos recursos hídricos e marinhos	Monitorar as condições oceanográficas e meteorológicas e seus impactos na carga das turbinas eólicas <i>off-shore</i> Implementar protocolos rigorosos de construção para reduzir o grau de perturbação no ambiente
Transição para uma economia circular	Adotar medidas para evitar a produção de resíduos durante a construção e instalação das turbinas Utilizar materiais (especialmente metais) com certificação de origem
Prevenção e controle da contaminação	Aumentar a resiliência da estrutura em termos de recuperação de danos causados Garantir o descarte apropriado de lubrificantes e refrigerantes usados pelos sistemas de turbinas eólicas, a fim de evitar contaminação do solo devido ao não tratamento desses resíduos.
Redução das desigualdades sociais, regionais, de gênero e raça	Ver documento: <a href="https://climainfo.org.br/wp-content/uploads/2024/02/Salvuardas_FEV02_CLIMAINFO.pdf">https://climainfo.org.br/wp-content/uploads/2024/02/Salvuardas_FEV02_CLIMAINFO.pdf</a>

### 1.1 D3: Geração de energia de origem solar

Sugere-se excluir o texto que consta em “Não prejudicar significativamente (a nenhum dos seguintes objetivos)”, no item “Uso sustentável da terra e conservação, manejo e uso sustentável das florestas”: “priorizar o uso de terras não produtivas para a instalação de painéis solares”. Isso porque uma alternativa muito mais interessante é o sistema [agrivoltaico](#), que combina a geração de energia solar com a produção agropecuária. As placas solares não precisam, necessariamente, ser instaladas no solo, já que isso não afeta sua eficiência. Ao mesmo tempo, as mudanças climáticas intensificam a exposição da agropecuária à radiação solar, tornando-a mais vulnerável. Nesse sentido, elevar as placas solares pode oferecer sombra para os animais e reduzir a incidência de radiação sobre as plantações. Dessa forma, o sistema agrivoltaico é uma solução híbrida que traz benefícios duplos: além de impulsionar a produção agropecuária, também gera energia, que pode ser utilizada em parte para atender às demandas da própria propriedade. Esse sistema já pode ser encontrado na Europa, Estados Unidos e na China. Destaca-se que esse sistema não é novo, apesar das [vantagens](#), sendo citado em um documento do governo federal como uma alternativa ao uso sustentável e eficiente do solo<sup>1</sup>.

Sugere-se incluir, além do sistema agrivoltaico, outros exemplos de inovação, na seção [Exemplos de Atividades](#), tais como: células solares de perovskita, células solares orgânicas e os sistemas híbridos que integram energia solar com outras fontes renováveis (como o armazenamento em baterias, energia eólica e painéis solares flutuantes).

Referências:

- 1) <https://www.energy.gov/eere/solar/perovskite-solar-cells>
- 2) <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23099>
- 3) <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2023.04.036>
- 4) <https://www.solarpowereurope.org/advocacy/position-papers/recommendations-for-onshore-floating-pv>
- 5) <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133790>
- 6) [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA\\_Future\\_of\\_Solar\\_PV\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf)

Também para energia solar, nossas contribuições estão concentradas nos requisitos de não causar dano a outros objetivos ambientais.

---

<sup>1</sup> SCHNEIDER, K; VIDOTTO, L. C. **Conhecimentos e Habilidades para o Uso de Energia Solar na Agricultura Familiar**. Revisão: Lucas Nascimento, Ricardo Rüther. Coordenação: Martin Studte, Roberta Knopki. Brasília: Ministério da Educação, Dez. 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/mec/pt-br/areas-de-atuacao/ept/profissionais-futuro/Perfis\\_profissionais\\_AgriPV2.pdf](https://www.gov.br/mec/pt-br/areas-de-atuacao/ept/profissionais-futuro/Perfis_profissionais_AgriPV2.pdf). Acesso em: fev 2025.

- **Requisitos a serem elencados no item “Não prejudicar significativamente a nenhum objetivo ambiental”:**

**a) Proteção da biodiversidade e ecossistemas:**

A fim de promover a restauração de áreas degradadas em uso por usinas solares ou adjacentes às instalações, é possível que a instituição mantenedora da usina, pública ou privada, receba incentivos/subsídios ou disponha de recursos próprios para implementar projetos que reconstituam vegetação nativa ou projetos de permacultura. Recuperar áreas com foco na melhoria da biodiversidade e na preservação de serviços ecossistêmicos vitais, como a purificação da água, o controle de inundações, melhoria da qualidade do solo e aumento do sequestro de carbono, também contribui para redução da quantidade de gases de efeito estufa na atmosfera.

Evitar possíveis impactos negativos sobre a avifauna devido às altas temperaturas geradas pelas plantas nessa atividade é uma recomendação apresentada pela Taxonomia Verde da República Dominicana.

Referência:

[https://www.icmbio.gov.br/cbc/images/stories/Publica%C3%A7%C3%B5es/restaura%C3%A7%C3%A3o/Guia-de-Restauracao-Ecologica\\_digital.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cbc/images/stories/Publica%C3%A7%C3%B5es/restaura%C3%A7%C3%A3o/Guia-de-Restauracao-Ecologica_digital.pdf)

Corredores ecológicos em parques solares e em qualquer área onde haja atividade humana permitem que animais e espécies de plantas se conectem entre áreas distintas (a conexão favorece a movimentação e migração de comunidades, colonização de áreas degradadas, dispersão de sementes, etc.), o que é essencial para preservar a biodiversidade e permitir que as espécies se adaptem às mudanças ambientais provocadas pela perda e fragmentação de habitats, efeitos advindos da construção e operação das usinas solares e projetos de infraestrutura adjacentes. Dessa forma, a inserção de corredores ecológicos é essencial para manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Durante a fase de estudos de localização do empreendimento, deve-se verificar a presença de corredores ecológicos no ambiente. A construção de parques fotovoltaicos poderá impactar os corredores ecológicos existentes, diminuindo sua permeabilidade. Essa consideração garante a proteção de corredores ecológicos existentes e propicia a construção em locais apropriados.

Referências:

- 1) <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/corredoresecologicosdigital.pdf>
- 2) <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02381>

A coabitação de animais silvestres deve ocorrer de forma segura nas instalações do parque solar, sem colocar em risco a sobrevivência destes e a proteção da saúde de trabalhadores contra animais peçonhentos que buscam abrigo sob os painéis solares, por exemplo.

A proteção da fauna local dentro dos parques solares pode ser alcançada por meio da atuação de um corpo técnico competente e pela disponibilização de locais adequados para captura e proteção de animais silvestres. Essas medidas de manejo são essenciais para evitar que as instalações afetem a fauna local, reduzindo a exposição a riscos, como colisões com estruturas ou a interrupção dos seus habitats naturais.

As taxonomias de Ruanda e Panamá sugerem a criação de plano de resgate e realocação de fauna, em especial quando houver evidência significativa da presença de animais selvagens em termos de quantidade e variedade de espécies.

Referências:

- 1) <https://doi.org/10.1111/csp2.319>
- 2) <https://rewi.org/wp-content/uploads/2023/05/REWI-Solar-Energy-Wildlife-Interactions-Summary-2023.pdf>
- 3) <https://www.energy.gov/eere/solar/summary-solar-impacts-wildlife-and-ecosystems-request-information>
- 4) <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/mtb-03-salv-terr.pdf>
- 5) <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/sustentabilidade/10-afugentamento-e-salvamento-de-fauna-rodoviario.pdf>

#### **b) Uso sustentável da terra/florestas:**

Especificamente nesse item, sugere-se a consideração de sistemas agrivoltaicos, em que é possível a produção de alimentos – pecuária e/ou agricultura – juntamente com a produção de energia solar. Entende-se a importância da não conversão de áreas naturais em grandes parques solares, contudo deve-se considerar que é possível, e vantajoso, a produção de energia juntamente com a produção de alimentos. Ademais, utilizar terras não produtivas ou áreas com baixa densidade populacional como locais para instalação de parques solares contribui para redução da pressão sobre as terras agrícolas e do desmatamento de áreas naturais e para preservação das áreas de vegetação natural. Da mesma forma, construir em áreas próximas à infraestrutura existente diminui a necessidade de construção de novas linhas de transmissão, consequentemente evita a perda de outros de habitats naturais. Ainda há como benefícios o aumento da disponibilidade de energia renovável que será produzida, gerando de forma veloz a substituição da matriz energética.

Essas medidas também são abordadas na Taxonomia Verde da República Dominicana, quando incentiva gerenciar riscos como o deslocamento de comunidades ou o impacto negativo na produção de alimentos devido à destinação de áreas inadequadas para construção de parques solares.

#### Referências:

- 1) <https://www.wri.org/insights/sustainable-land-use-management>
- 2) <https://www.fao.org/4/i1861e/i1861e.pdf>
- 3) <https://www.nature.com/articles/s41598-021-82042-5>

#### **c) Prevenção e controle da contaminação:**

O descarte incorreto de componentes solares que contenham substâncias tóxicas, mesmo que em baixa quantidade, podem torná-los agentes de contaminação do solo e da água. Assim, se torna necessário adotar boas práticas como o uso de materiais alternativos e a implementação de planos de gestão de resíduos e reciclagem de materiais no fim da vida útil. Este controle rigoroso reduz os impactos negativos locais das práticas de construção e operação do parque solar, fortalece o compliance com a legislação ambiental e garante a sustentabilidade do ciclo de vida dos painéis solares.

A Taxonomia de Finanças Sustentáveis do Panamá sugere para o subtópico Transição para uma Economia Circular que seja estabelecido um local temporário para acumular todos os resíduos e assim garantir que todos sejam descartados de forma correta, em especial os que podem ser reciclados, reutilizados ou recondicionados. Essa sugestão corrobora o controle de poluição que deve ser estabelecido tanto na etapa de construção quanto operação do parque solar.

#### Referências:

- 1) <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2024.100885>
- 2) <https://www.epa.gov/hw/end-life-solar-panels-regulations-and-management>
- 3) <https://www.irena.org/publications/2016/Jun/End-of-life-management-Solar-Photovoltaic-Panels>
- 4) <https://iea-pvps.org/key-topics/end-of-life-management-of-photovoltaic-panels-trends-in-pv-module-recycling-technologies-by-task-12/>

#### **d) Redução das desigualdades sociais e regionais, de gênero e de raça**

Estudos e reportagens investigativas nos últimos 2-3 anos apontam para impactos negativos dos parques fotovoltaicos nas comunidades locais, como por exemplo, essa matéria da Agência Brasil (EBC): <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-04/afetados-por-eolicas-discutem-danos-causados-comunidades> e essa reportagem da Mongabay: <https://brasil.mongabay.com/2023/10/comunidades-rurais-do-nordeste-enfrentam-desafios-causados-por-parques-eolicos/>

Recentemente, as comunidades se organizaram e, com apoio de organizações da sociedade civil e de universidades, produziram um documento com uma lista de salvaguardas que pleiteiam sejam adotadas por novos projetos: [Salvaguardas socioambientais para energia](#)

renovável. Sugere-se que o conteúdo desse documento seja levado em consideração para inclusão entre os requisitos de não causar dano a outros objetivos da Taxonomia.

- **Sugestões para incorporação no texto:**

<b>Não prejudicar significativamente (a nenhum dos seguintes objetivos ambientais):</b>	
Adaptação à mudança do clima	Sistema híbrido com usinas eólicas ou hidrelétricas, sempre que possível
Proteção e restauração da biodiversidade e dos ecossistemas	Implementar programas de restauração de habitat em áreas adjacentes após a construção e programas que financiam a melhoria dos ativos ambientais e dos serviços ecossistêmicos locais Inserir corredores ecológicos que permitam a conectividade do habitat em torno do parque solar Fornecer corpo técnico e locais adequados para captura e proteção de animais silvestres dentro do parque solar
Uso sustentável da terra e conservação, manejo e uso sustentável das florestas	Priorizar o uso de terras não produtivas, <b>áreas de baixa densidade populacional e próximos a infraestrutura de eletricidade existente</b> para a instalação de painéis solares e garantir que as áreas de implantação não tenham sido convertidas de vegetação natural.
Uso sustentável e proteção dos recursos hídricos e marinhos	-
Transição para uma economia circular	-
Prevenção e controle da contaminação	Controlar substâncias potencialmente tóxicas ou perigosas utilizadas nos componentes do sistema fotovoltaico e durante a construção do parque solar, que podem resultar em poluição.
Redução das desigualdades sociais, regionais, de gênero e raça	Ver documento: <a href="https://climainfo.org.br/wp-content/uploads/2024/02/Salvuardas_FEV02_CLIMAINFO.pdf">https://climainfo.org.br/wp-content/uploads/2024/02/Salvuardas_FEV02_CLIMAINFO.pdf</a>

#### 1.4. D4: Geração de energia elétrica de origem térmica a partir de biomassa renovável, biogás, biometano e outros combustíveis

- Descrição:

Sugere-se a inclusão, após “biometano”, de mais duas categorias: “lodo de esgoto sanitário (digestão anaeróbica de resíduos orgânicos em Estações de Tratamento de Esgoto - ETE), combustíveis renováveis de origem não biológica (RFNBOs)”

Além disso, sugere-se o acréscimo do seguinte parágrafo:

*“As rotas tecnológicas de conversão podem incluir, mas não se limitam a processos de gaseificação, pirólise e digestão anaeróbia.*

*Devem também ser consideradas tecnologias associadas à captura, uso e armazenamento de carbono (CCUS), desde que atendam aos critérios de sustentabilidade e eficiência energética”.*

Justificativa: a Política Nacional dos Combustíveis do Futuro introduz a perspectiva de novos combustíveis renováveis para apoiar a transição energética. O conceito de RFNBOs (Renewable Fuels of Non-Biological Origin) está diretamente alinhado com essa diretriz, especialmente para combustíveis produzidos a partir de fontes renováveis de eletricidade e processos de eletrólise. A Lei 14.993/2024 estabelece que os combustíveis devem seguir critérios de intensidade de carbono (ICE), o que está relacionado aos RFNBOs, como o hidrogênio renovável, a amônia verde e os combustíveis sintéticos derivados de CO<sub>2</sub> capturado. Os RFNBOs são reconhecidos como ferramentas de descarbonização do setor de energia e transporte, permitindo a redução de emissões de GEE em setores difíceis de eletrificar, como aviação, navegação e transporte pesado.

- Exclusões:

A proposta submetida a consulta pública exclui tão somente a geração de eletricidade que seja 100% de origem fóssil. Sugere-se que a restrição seja muito mais ampla e ambiciosa:

*“Atividades de geração de energia que utilizem combustíveis fósseis como fonte predominante (acima de 25%), exceto quando associadas a tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCUS) que garantam a captura de 100% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao longo do ciclo de vida”.*

Essa medida é fundamental para promover a transição para uma matriz energética mais sustentável e atender aos objetivos climáticos globais. Além das emissões de CO<sub>2</sub>, a queima de combustíveis fósseis libera poluentes atmosféricos adicionais, como NO<sub>x</sub> e material particulado, que geram graves impactos à saúde humana e ao meio ambiente.

Além dessa, sugerem-se outras exclusões importantes:

*“Utilização de lodo de esgoto sanitário em processos que não incluam recuperação energética ou que apresentem disposição inadequada, como lançamento em aterros sem aproveitamento energético.*

*Geração de energia elétrica a partir de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) que utilizem tecnologias de oxidação térmica, pirólise, gaseificação ou plasma nos seguintes casos: - ausência de recuperação térmica (quando não houver recuperação e aproveitamento do calor residual gerado no processo de conversão térmica, resultando na ineficiência energética e no desperdício de recursos naturais); - falta de etapas prévias de manejo e triagem de resíduos”.*

- Contribuição substancial para o objetivo 1 – Mitigação da mudança do clima – sugestão de critérios C, D e E

*“C. Utilização de lodo de esgoto sanitário para produção de biogás, observados os seguintes requisitos: - o processo deve incluir sistemas de captação e purificação de biogás, com eficiência mínima de conversão de 60% em energia elétrica ou térmica; - as instalações devem dispor de planos de gestão para resíduos gerados no processo (ex.: biofertilizantes), em conformidade com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010); sistemas devem incluir tecnologias de controle para captura de metano (CH<sub>4</sub>).”*

Justificativa: O lodo de esgoto sanitário possui alto potencial para a produção de biogás por meio de digestão anaeróbica. Segundo o PROBIOGÁS, essa tecnologia é amplamente utilizada para transformar resíduos orgânicos em biometano e energia elétrica, reduzindo emissões de GEE e oferecendo uma solução sustentável para o setor de saneamento.

*“D. Integração de tecnologias avançadas de digestão anaeróbica: a utilização de digestores anaeróbicos em sistemas mesofílicos e bifásicos oferece oportunidades de melhoria na eficiência energética e produção de biogás. Este processo pode ser otimizado pela inclusão de co-substratos, como gordura de caixas de gordura, aumentando a produção de biogás e reduzindo custos de tratamento.”*

Justificativa: como se vê nesse estudo da [IEA](#), a integração de tecnologias avançadas promove maior resiliência climática e economia operacional no setor de saneamento.

*“E. Tecnologia Híbrida para Produção de Biometano e Cogeração de Energia”*

Justificativa: o uso de tecnologias híbridas que combinam a produção de biometano e cogeração de energia térmica e elétrica apresenta um potencial significativo no setor de saneamento”. Conforme o [Guia Técnico de Aproveitamento Energético](#) de Biogás em Estações de Tratamento de Esgoto (PROBIOGÁS, 2017), a integração dessas tecnologias permite que o biometano produzido a partir do lodo de esgoto seja utilizado diretamente na secagem térmica do lodo residual, otimizando o processo de gestão de resíduos e reduzindo o consumo de combustíveis fósseis. A cogeração permite o aproveitamento simultâneo da energia elétrica e térmica, alcançando eficiência energética global superior a 80%. Além disso, ocorre a redução de emissões de GEE por meio da substituição de combustíveis fósseis e melhor controle de emissões no



processo de secagem. Por fim, a transformação de resíduos orgânicos em energia útil promove a economia circular.

Sistemas híbridos podem ser implementados em ETEs para processar o biogás gerado no digestor anaeróbico, convertendo-o em biometano para uso interno, como na secagem do lodo, e exportando o excedente para a rede de gás natural ou para frotas veiculares.

- **Requisitos elencados no item “Não prejudicar significativamente a outros objetivos ambientais”**

Sugere-se o acréscimo dos seguintes requisitos, para cada um dos objetivos:

#### **a) Adaptação às mudanças climáticas**

*“Obrigatoriedade de avaliações climáticas de risco antes da instalação de unidades de biomassa e lodo de esgoto em digestão anaeróbica, incluindo: resiliência a eventos climáticos extremos, como enchentes, secas e aumento da temperatura; diversificação de substratos e fontes de biomassa, reduzindo a dependência de fontes únicas e aumentando a flexibilidade operacional”*

Justificativa: deve-se incorporar a avaliação de resiliência climática para mitigar os riscos de interrupção do fornecimento de biomassa. O objetivo é garantir que o empreendimento esteja adaptado a eventos climáticos extremos e estimular o uso de matéria-prima de resíduos agrícolas para reduzir a dependência de monoculturas. Diversificar as fontes reduz os riscos de interrupção da produção de biomassa em caso de seca prolongada, pragas e doenças.

#### **b) Proteção e restauração da biodiversidade e dos ecossistemas**

*“É proibido o uso de biomassa oriunda de Áreas de Alto Valor de Conservação (AAVC) e Áreas de Importância para a Biodiversidade (Key Biodiversity Areas - KBA). Essa restrição inclui a proibição de biomassa de ecossistemas críticos, como manguezais e restingas.”*

Justificativa: esta medida visa preservar ecossistemas sensíveis e habitats críticos, essenciais para a biodiversidade e o equilíbrio ecológico, além de garantir a resiliência climática.

#### **c) Uso sustentável da terra e das florestas**

*“Para cada área utilizada para cultivo de biomassa, deve ser exigida contrapartida de reflorestamento em uma proporção de 1:1 ou superior, a fim de promover a neutralização de carbono e a recuperação de áreas degradadas.”*

*“Deve-se priorizar a cogeração a partir de resíduos secundários, como bagaço de cana, cavacos de madeira e resíduos florestais, evitar a queima de biomassa de primeira utilização e priorizar o uso de subprodutos do setor agroindustrial.”*

Justificativa: prevenção e compensação do desmatamento, que é grande fonte de emissões GEE e de perda da biodiversidade

#### **d) Uso sustentável e proteção dos recursos hídricos e marinhos**

*“Deve ser elaborado um Plano de Avaliação de Impacto Hídrico (PAIH) para verificar a disponibilidade de água e o impacto na capacidade hídrica local.”*

Justificativa: é preciso garantir que o uso de água para produção de biomassa não comprometa o abastecimento de água para consumo humano e agrícola.

*“Deve ser observada a reutilização de água em processos de cogeração e digestão anaeróbia e devem ser adotadas Tecnologias de Eficiência Hídrica, como sistemas de resfriamento a seco.”*

Justificativa: é preciso reduzir a captação de água de aquíferos e rios, minimizando o impacto nos recursos hídricos.

#### **e) Prevenção e controle da contaminação**

*“Fica proibida a utilização de resíduos perigosos (Classe I) como “outros combustíveis” em processos de geração de energia elétrica, salvo para resíduos que apresentem características de inflamabilidade, conforme o § 1º do artigo 72 do Decreto Federal nº 10.936/2022. Nesses casos, a utilização será permitida apenas mediante a comprovação de que as tecnologias de controle de emissões utilizadas estão em conformidade com os padrões internacionais de emissões, com destaque para as Melhores Técnicas Disponíveis (Best Available Techniques - BAT), e em conformidade com as normas ambientais nacionais.*

*É necessária a instalação de Sistemas de Monitoramento Contínuo de Emissões (CEMS) para medir em tempo real monóxido de carbono (CO) e oxigênio (O<sub>2</sub>).”*

Justificativa: a incineração de resíduos perigosos, como resíduos químicos e industriais, é uma fonte significativa de emissão de dioxinas e furanos. Esses compostos são classificados como Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) devido à sua alta persistência no ambiente e capacidade de bioacumulação na cadeia alimentar. A exposição humana a dioxinas e furanos está associada a diversos efeitos adversos à saúde, incluindo câncer, distúrbios endócrinos, imunológicos e reprodutivos. Essas informações são corroboradas por estudos científicos, como o artigo ["Dioxinas e furanos: origens e riscos"](#) publicado na Revista de Saúde Pública. A [Resolução CONAMA 316/2002](#) exige que a incineração de resíduos perigosos seja realizada com controle de emissões. Portanto, a exclusão garante conformidade com a regulamentação ambiental e a saúde pública.

### 1.5. D5: Geração de eletricidade através das marés, ondas e correntes oceânicas

Destaca-se, no cenário atual e naquele que se avizinha, a necessidade de criar um ambiente mais resiliente às mudanças climáticas, o que exige a intensificação e diversificação das fontes de geração de energia. À medida que essas mudanças se aprofundam, espera-se um aumento nas oscilações climáticas e na frequência e intensidade de eventos extremos. A diversificação torna-se essencial, funcionando como chave para garantir resiliência e prevenir a escassez energética.

Nesse sentido, é necessário considerar o desenvolvimento de plantas híbridas de geração de energia. Esse modelo permite um melhor aproveitamento da infraestrutura existente, ao integrar diferentes fontes renováveis, trazendo maior resiliência ao sistema e reduzindo a pegada material associada à produção de energia. Estudo da [IRENA \(2020\)](#) traz alguns modelos híbridos que já estão em desenvolvimento ou em fase de pesquisas:

- Sistemas híbridos – oceânica e eólica: modelo híbrido mais complexo que combina energia eólica *offshore* flutuante com energia das ondas. Esse modelo contribui significativamente para a adaptação climática, ao diversificar a produção de energia e fortalecer a resiliência energética diante das oscilações climáticas esperadas com o avanço das mudanças climáticas. Além disso, permite um melhor aproveitamento da infraestrutura, maximizando a geração de energia a partir de uma única instalação. Também promove a transição energética, ampliando a produção de energia por meio de fontes renováveis de baixa emissão de carbono, reforçando assim um importante aspecto da mitigação climática.
- Sistemas híbridos – oceânica e solar: dispositivos híbridos que combinam conversores de energia das ondas com painéis solares. Esse modelo já está em funcionamento através da [Eco Wave Power](#) com instalações em Gibraltar e Israel, marcando um marco comercial importante na operação de tecnologias híbridas de energia oceânica. Essa combinação permite diversificar a geração de energia, maximizando a produção mesmo em períodos de mar mais calmo, enquanto reduz o impacto ambiental e otimiza o uso das instalações. Além disso, essas tecnologias contribuem tanto para a **adaptação climática**, ao aumentar a resiliência energética frente às oscilações climáticas, quanto para a **mitigação das mudanças climáticas**, ao usar apenas fontes de energia renovável com baixas emissões de carbono.
- Sistemas híbridos – oceânica e produção de hidrogênio: o uso da eletricidade gerada por turbinas de maré para produzir hidrogênio a partir da água do mar representa uma solução inovadora e eficiente. Nesse modelo, a energia gerada é diretamente utilizada no processo de eletrólise, transformando a água do mar em hidrogênio, que pode ser armazenado na própria unidade por até duas semanas. Essa abordagem elimina a necessidade de conexão à rede elétrica, evitando a instalação de infraestrutura submarina cara e complexa, o que reduz

significativamente os custos de instalação, manutenção e operação. Além disso, a proximidade com a água do mar simplifica e torna o processo de eletrólise mais acessível, contribuindo para uma produção eficiente de hidrogênio verde. Essa solução desempenha um papel crucial na **adaptação às mudanças climáticas**, pois o hidrogênio oferece uma versatilidade superior à energia elétrica. Além de poder ser armazenado por longos períodos, o hidrogênio pode ser facilmente transportado, permitindo sua utilização em locais distantes da fonte de geração.

Sugere-se, assim, a inclusão desses sistemas híbridos, inclusive para favorecer a sua disseminação em território brasileiro.

- **Requisitos elencados no item “Não prejudicar significativamente a outros objetivos ambientais”**

Existe ainda uma carência significativa de dados sobre os impactos ambientais da geração de energia através das ondas, já que os projetos em operação atualmente são apenas testes experimentais, sem grandes implementações comerciais. O fato de que dispositivos de energia das ondas e correntes de maré ainda estão em fases experimentais significa que os dados disponíveis sobre os efeitos ambientais em desenvolvimentos comerciais são limitados. Contudo, alguns estudos já elencam alguns possíveis impactos ambientais, sendo necessária a inclusão dos seguintes requisitos para não prejudicar significativamente os demais objetivos ambientais:

- a) **Proteção e restauração de cursos hídricos e recursos marinhos:**

- Avaliação sobre a quantidade e qualidade de espécies marinhas impactadas - a instalação de turbinas pode gerar impactos significativos nos ecossistemas marinhos, afetando diretamente diversas espécies. As alterações no ecossistema podem influenciar padrões de alimentação, migração e outros comportamentos dessas espécies. Por isso, recomenda-se incluir esse aspecto no monitoramento ambiental, a fim de avaliar e mitigar possíveis efeitos adversos. (Frid et al., 2011; Copping et al., 2020; Li, 2022).
- Avaliação da taxa de erosão ou sedimentação em áreas próximas às instalações e adoção de medidas de mitigação dos impactos, se necessário - alterações nos padrões de fluxo espacial impactam a deposição e o movimento de sedimentos, influenciando diretamente as comunidades bentônicas. Nas áreas próximas às turbinas, ocorre a remoção e compactação dos sedimentos, enquanto, a montante da barragem, há maior assoreamento e acúmulo de materiais finos, comprometendo a adequação dos habitats como berçários ou áreas de desova para peixes (Frid et al., 2011; Copping et al., 2020; Li, 2022). Assim, é fundamental monitorar esse aspecto para evitar danos significativos ou, pelo menos, garantir a implementação de um plano eficaz de mitigação ambiental.
- Avaliação da mudança na velocidade/direção das correntes marítimas - essas instalações removem energia do movimento das ondas, alterando os padrões de correntes locais e modificando a dinâmica hidrodinâmica do ambiente, o que pode impactar

significativamente o ecossistema marinho (Frid *et al.*, 2011). Por isso, esse é outro aspecto que merece atenção e monitoramento constante.

- Gestão de riscos de incidentes de colisão ou distúrbio comportamental de animais marinhos com turbinas - um dos possíveis danos associados a essas instalações é a colisão de animais com as turbinas. Contudo, ainda não há evidências suficientes para determinar o grau de risco desse impacto, conforme destacado por Copping *et al.* (2020) e Li (2022). Nesse sentido, esse é um outro aspecto importante que necessita monitoramento.
- Avaliação do impacto da intensidade e frequência dos ruídos marinhos - barragens de maré, fazendas de correntes de maré e fazendas de energia das ondas são grandes estruturas de engenharia civil, cuja construção e descomissionamento geram ruídos em níveis potencialmente prejudiciais à vida marinha. Por isso, é importante monitorar a intensidade e a frequência dos ruídos em todas as fases do projeto, desde a construção, incluindo a operação das turbinas, que também pode gerar emissões sonoras. No entanto, Frid *et al.* (2011) destacam que é improvável que o ruído operacional dessas instalações tenha impacto ecológico significativo, embora ainda haja pouca informação disponível sobre os níveis sonoros produzidos durante sua operação.
- Avaliação da incidência de alterações no comportamento ou migração de espécies marinhas devido ao aumento do tráfego - a presença de instalações de médio ou grande porte para produção de energia pode aumentar significativamente o tráfego marítimo relacionado à manutenção. Esse aumento pode impactar a vida marinha, especialmente em áreas historicamente mais tranquilas. Assim, esse é outro aspecto que deve ser monitorado, como destacado por Copping *et al.* (2020) e Li (2022).

- **Parâmetros quantitativos:**

Não há uma definição específica de parâmetros para emissões de gases de efeito estufa no caso da energia oceânica. Contudo, tanto a Taxonomia Verde colombiana quanto a Mexicana consideram essa fonte de energia como qualquer outra renovável, aplicando o mesmo critério de um máximo de emissões de **100 gCO<sub>2</sub>e/kWh**, no qual fica isenta de uma avaliação do ciclo de vida, desde que atenda ao parâmetro. Este limite pode ser revisado periodicamente, caso necessário. Nesse sentido, sugere-se o estabelecimento de um limite quantitativo também para essa fonte de energia, já que sua contribuição à mitigação das mudanças climáticas advém justamente de ficar aquém do volume de emissões de gases de efeito estufa de outras fontes tradicionais – e isso precisa ser mensurado.

### Referências:

COPPING, Andrea E.; HEMERY, Lenaig G.; OVERHUS, Dorian; TUGADE, Levy. Potential environmental effects of marine renewable energy development: the state of the science.

**Journal of Marine Science and Engineering**, v. 8, n. 11, nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jmse8110879>. Acesso em dez. 2024.

FRID, Chris; ANDONEGI, Eider; DEPESTELE, Jochen; JUDD, Adrian; RIHAN, Dominic; ROGERS, Stuart I.; KENCHINGTON, Ellen. The environmental interactions of tidal and wave energy generation devices. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 32, n. 1, p. 133-139, 2012. ISSN 0195-9255. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.06.002>. Acesso em: jul. 2024.

IRENA. **Innovation outlook: Ocean energy technologies**. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020. Disponível em: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA\\_Innovation\\_Outlook\\_Ocean\\_Energy\\_2020.pdf?rev=c5025e856b1f4a4c8eda2b8e5b10c974](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_Innovation_Outlook_Ocean_Energy_2020.pdf?rev=c5025e856b1f4a4c8eda2b8e5b10c974).

Li, Hangfei; Sun, Xiwen; Zhou, Hui. Wave energy: history, implementations, environmental impacts, and economics. In: **2nd International Conference on Materials Chemistry and Environmental Engineering (CONF-MCEE 2022)**, 2022, Online, United States. Proceedings of SPIE, v. 12326, p. 123260N, 5 ago. 2022. DOI: 10.1117/12.2646119.

#### 1.6. D6 e D7: Transmissão e distribuição de energia elétrica

Não temos sugestões de exclusão de nenhum texto.

- **Parâmetros quantitativos:**

Sugere-se que a elegibilidade tenha como base o parâmetro de um máximo de emissões de 100 gCO<sub>2</sub>e/kWh. Infraestruturas de T&D dedicadas à criação de uma conexão direta ou à expansão de uma conexão direta de rede entre países/regiões existente entre uma usina de energia cujas emissões de CO<sub>2</sub> excedam esse valor de referência não são elegíveis. Diversas Taxonomias em vigor, seguindo o padrão da Taxonomia da União Europeia para Atividades Sustentáveis, seguem esse limiar como critério de elegibilidade. Já a Taxonomia Verde da Mongólia estabelece o seguinte limiar para eficiência energética em sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia para fins de enquadramento: redução mínima de 20% das emissões de GEE.

- **Requisitos elencados no item “Não prejudicar significativamente a outro objetivo ambiental”:**

- a) Proteção da biodiversidade e ecossistemas:**

A instalação de estruturas de transmissão e distribuição, como torres e condutores, pode representar uma ameaça à fauna aérea, principalmente aves que podem se chocar com essas estruturas. Portanto, implementar medidas de segurança para a fauna, como desviadores de

voo, distanciamento adequado das linhas de rede e altura das torres, densidade da vegetação (isolamento da área), telas ao redor das torres, etc., são uma forma viável para proteger a biodiversidade local e migratória de aves de colisões e choques fatais.

A Taxonomia Verde da República Dominicana sugere evitar rotas de linhas elétricas subterrâneas e terrestres com fortes impactos ambientais negativos associados.

Referências:

- 1) <https://doi.org/10.1111/cobi.14191>
- 2) <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2022.10.005>
- 3) [http://www.bestgrid.eu/uploads/media/D7.2\\_Guidelines\\_Protecting\\_Nature.pdf](http://www.bestgrid.eu/uploads/media/D7.2_Guidelines_Protecting_Nature.pdf)

#### **b) Uso sustentável dos recursos hídricos e marinhos:**

A instalação de linhas de transmissão pode impactar ecossistemas frágeis, como as zonas ripárias e costeiras, aumentando o risco de erosão, perturbação do solo e da vegetação, também prejudicando a qualidade da água das áreas afetadas e o equilíbrio natural dos ecossistemas aquáticos. As áreas ripárias e costeiras são importantes sumidouros de carbono, assim sendo, sua preservação deve ser prioritária, e os impactos ambientais minimizados.

Referências:

- 1) <https://doi.org/10.1590/S2179-975X1822>
- 2) <https://www.epri.com/research/products/1021826>
- 3) <https://nap.nationalacademies.org/catalog/10327/riparian-areas-functions-and-strategies-for-management>

#### **c) Prevenção e controle da poluição:**

Poluição térmica: as linhas de transmissão e distribuição podem gerar calor residual, especialmente se localizadas próximas a corpos d'água. A poluição térmica pode afetar a temperatura dos ecossistemas aquáticos, alterando a fauna e flora aquáticas e as interações físico-químicas destes com o ambiente. Portanto, nessas condições é importante planejar o distanciamento seguro e, caso haja proximidade da rede preexistente de corpos d'água, o monitoramento da temperatura da água para detectar possíveis variações anormais de calor deve ser realizado continuamente.

Referências:

- 1) <https://psc.wi.gov/Documents/Brochures/Environmental%20Impacts%20TL.pdf>
- 2) <https://www.epa.gov/cre/actions-could-reduce-water-temperature>

Campos eletromagnéticos (EMF): em áreas residenciais próximas a linhas de transmissão de alta voltagem, deve ser realizado o monitoramento da exposição do público aos campos

eletromagnéticos (EMF), a fim de minimizar potenciais riscos à saúde, assegurando que os níveis de EMF estejam dentro dos limites estabelecidos por organismos de saúde internacional e, caso necessário, medidas de controle como barreiras físicas ou ajustes nas linhas da rede podem ser adotadas. A Taxonomia da União Europeia para Atividades Sustentáveis e diversas outras taxonomias apontam que deve-se limitar o impacto da radiação eletromagnética sobre a saúde humana de acordo com a legislação vigente sobre radiação não-ionizante.

#### Referências:

- 1) <https://www.cdc.gov/niosh/docs/96-129/default.html>
- 2) <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPrfgdl2020.pdf>

Emissões de SF<sub>6</sub>: o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) é um gás utilizado em equipamentos de transmissão de energia elétrica, como interruptores e transformadores, com potencial de poluição e efeitos adversos sobre o clima global mais intensos que os do CO<sub>2</sub>. Sendo assim, o monitoramento e controle de emissões de hexafluoreto de enxofre deve ser realizado através da recuperação e reciclagem do gás durante a instalação, manutenção e desativação de equipamentos elétricos, da realização de manutenção regular, para evitar vazamentos e por fim, substituição do SF<sub>6</sub> por gás C<sub>4</sub>, por exemplo.

#### Referências:

- 1) [https://climate.ec.europa.eu/system/files/2020-04/2020\\_03\\_25\\_sf6\\_and\\_alternatives\\_en.pdf](https://climate.ec.europa.eu/system/files/2020-04/2020_03_25_sf6_and_alternatives_en.pdf)
- 2) [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/3\\_5\\_SF6\\_Electrical\\_Equipment\\_Other\\_Uses.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/bgp/3_5_SF6_Electrical_Equipment_Other_Uses.pdf)
- 3) <https://www.epa.gov/eps-partnership/sulfur-hexafluoride-sf6-basics>

- **Sugestões para incorporação no texto:**

<b>Não prejudicar significativamente (a nenhum dos seguintes objetivos):</b>	
Adaptação à mudança do clima	-
Proteção e restauração da biodiversidade e dos ecossistemas	Promover a segurança do entorno, como isolamento e espaçamento adequado dos condutores e torres e a instalação desviadores de voo de aves, evitando rotas migratórias e de deslocamento intenso de aves, sempre que possível.
Uso sustentável da terra e conservação, manejo e uso sustentável das florestas	-



Uso sustentável e proteção dos recursos hídricos e marinhos	Proteger a vegetação ripária, áreas costeiras ou margens de rios que estão em risco devido à erosão em que as linhas da rede traspassaram.
Transição para uma economia circular	-
Prevenção e controle da poluição	<p>Monitorar e controlar a poluição térmica gerada pelo calor residual das linhas de transmissão localizadas em proximidade a corpos d'água</p> <p>Monitorar e controlar a exposição a campos eletromagnéticos do público em geral</p> <p>Monitorar e controlar as emissões hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) provenientes da transmissão e distribuição de energia elétrica</p>

### 1.7. D9: Sistemas de Armazenamento de Energia

Sugere-se a inclusão específica de **baterias de água e sal**, também conhecidas como “baterias redox de água salgada”, que representam uma tecnologia emergente de armazenamento de energia, operando por meio de reações de oxidação-redução entre eletrólitos contendo íons de sal dissolvidos em água. Este método inovador oferece soluções seguras, sustentáveis e escaláveis para o armazenamento de energia, com aplicações que abrangem integração com fontes renováveis, indústrias, transporte, dessalinização e tratamento de água.

As baterias de água e sal têm ganhado visibilidade devido ao seu potencial de sustentabilidade. De acordo com a Engie Brasil, essas baterias podem ser fabricadas com água do mar, o que aumenta a abundância de matéria-prima e facilita sua aplicação em locais próximos a corpos hídricos costeiros, como é o caso da tecnologia Salgenx, *startup* norte-americana, que “desenvolveu uma bateria de fluxo com dois tanques separados de eletrólitos, um dos quais é água salgada e o outro um eletrólito proprietário. Os fluidos circulam através de eletrodos, que regulam a entrada e saída de eletricidade da bateria.”

Além disso, conforme destacado pelo InsideEVs, essa tecnologia pode ser utilizada em veículos elétricos, proporcionando uma alternativa ao uso de lítio e outros metais raros, que possuem maior custo e impacto ambiental. Segundo o portal Fuel Economy, as tecnologias emergentes de baterias, incluindo as de água e sal, estão alinhadas com as metas de eficiência energética e com a redução das emissões de gases de efeito estufa, além de promover maior independência energética. De acordo com a Recharge News, as baterias de água e sal também podem

revolucionar o armazenamento de energia verde, contribuindo de forma significativa para a expansão de fontes renováveis no mundo.

As baterias de água e sal são altamente compatíveis com fontes renováveis, como solar e eólica, proporcionando soluções de armazenamento e estabilidade da rede elétrica, especialmente para comunidades remotas. Adicionalmente, elas apresentam vantagens significativas na regulação de frequência e voltagem, redução de custos de infraestrutura elétrica e suporte à geração distribuída em locais isolados.

Exemplos de atividades:

- Integração de baterias em parques solares e eólicos para armazenamento de energia.
- Implementação de sistemas de armazenamento para estabilização de redes elétricas.
- Uso em sistemas isolados para fornecer eletricidade a comunidades remotas.

### **Contribuição Substancial para o Objetivo 1 - Mitigação da Mudança do Clima:**

As baterias de água e sal contribuem para a descarbonização do setor elétrico ao viabilizar o armazenamento de energia renovável e reduzir a dependência de usinas termoeletricas movidas a combustíveis fósseis.

**Critérios de elegibilidade:** As atividades são elegíveis se atenderem a todos os critérios a seguir:

A. Integração comprovada com fontes renováveis: os sistemas de armazenamento devem demonstrar compatibilidade técnica e operacional com fontes de energia solar, eólica e outras fontes renováveis, garantindo que a energia armazenada seja predominantemente de origem limpa.

B. Eficiência energética e segurança operacional comprovadas: as baterias devem atender a requisitos de eficiência energética elevados, minimizando perdas de conversão e maximizando o aproveitamento da energia armazenada. Além disso, precisam demonstrar conformidade com normativas de segurança para evitar riscos elétricos e ambientais.

C. Viabilidade técnica e econômica para expansão da capacidade de armazenamento: a solução deve permitir escalabilidade, garantindo que sua implementação possa ser ampliada conforme a demanda energética, sem comprometer a estabilidade financeira dos projetos e assegurando custos competitivos a longo prazo.

D. Compatibilidade com o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE): o armazenamento de energia deve estar alinhado com as regras do SCEE para facilitar a compensação de créditos de energia.

E. Adesão ao Programa de Energia Renovável Social (PERS): projetos devem contemplar critérios de acessibilidade e benefícios sociais para populações vulneráveis, conforme diretrizes do PERS.

### **\* Requisitos de "Não prejudicar significativamente a outros objetivos ambientais":**

Sugere-se os seguintes requisitos para prevenir danos a outros objetivos ambientais:

a) **Adaptação às mudanças climáticas:** garantir que as atividades implementadas utilizem tecnologias resilientes a eventos climáticos extremos e promovam soluções baseadas na natureza para reduzir impactos ambientais a longo prazo.

b) **Proteção da biodiversidade e ecossistemas:** exigir análises detalhadas de impacto ambiental pré-implementação, com foco na conservação de habitats sensíveis e na mitigação de impactos diretos sobre a fauna e flora locais.

c) **Uso sustentável do solo e conservação das florestas:** priorização de processos que promovam práticas regenerativas no uso do solo e evitam a ocupação de áreas de preservação permanente (APPs) ou de uso restrito.

d) **Uso sustentável de recursos hídricos:** garantir que projetos relacionados ao uso de baterias de água e sal utilizem água proveniente de fontes renováveis e tenham sistemas de reuso eficientes, reduzindo a pressão sobre recursos hídricos locais.

e) **Transição para a economia circular:** incentivar o uso de matérias-primas recicladas ou recicláveis e a implementação de programas de logística reversa para componentes usados, como baterias e equipamentos.

f) **Prevenção e controle da contaminação:** adotar limites rigorosos para emissões atmosféricas e geração de resíduos, incluindo diretrizes específicas para o manejo e descarte de resíduos perigosos.

#### **Referências:**

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). Renewable energy for remote communities: **A guidebook for off-grid projects**. Abu Dhabi, 2023. Disponível em: [www.irena.org/publications](http://www.irena.org/publications). Acesso em: 04 fev. 2025.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Off-grid renewable energy solutions to expand electricity access: An opportunity not to be missed**. Abu Dhabi, 2019. Disponível em: [www.irena.org/publications](http://www.irena.org/publications). Acesso em: 04 fev. 2025.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Innovation landscape brief: Peer-to-peer electricity trading**. Abu Dhabi, 2020. Disponível em: [www.irena.org/publications](http://www.irena.org/publications). Acesso em: 04 fev. 2025.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Renewable energy integration in power grids: Technology brief**. Abu Dhabi, 2015. Disponível em: [www.irena.org/publications](http://www.irena.org/publications). Acesso em: 04 fev. 2025.

#### **1.8. D10: Produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono**

- Exclusão de atividades do escopo de elegibilidade:

- produção de hidrogênio a partir de reforma de metano de origem fóssil sem captura e armazenamento de carbono (CCS) <sup>2</sup>ou sem controle de emissões de GEE;
- produção de hidrogênio utilizando água subterrânea de regiões com alto índice de estresse hídrico, exceto se houver dessalinização e plano de manejo de salmoura adequadamente implementados.

- Sugestão de inclusão de parâmetro quantitativo no critério A, que define uma das formas de “Contribuição Substancial para o Objetivo 1 - Mitigação da Mudança do Clima”:

*“As emissões de gases de efeito estufa (GEE) no ciclo de vida do hidrogênio não devem ultrapassar 7 kgCO<sub>2</sub>e/kgH<sub>2</sub>, conforme o marco regulatório brasileiro para indústria do hidrogênio de baixa emissão de carbono estabelecido pela Lei nº 14.948, de 2 de agosto de 2024.”*

Justificativa:

Diferentes rotas tecnológicas apresentam variações nas emissões ao longo do ciclo de vida. O hidrogênio renovável, produzido pela reforma de gás natural com captura e armazenamento de carbono (CCS), deve manter suas emissões entre 1 e 7 kgCO<sub>2</sub>e/kgH<sub>2</sub>, garantindo uma captura mínima de carbono conforme os padrões da Taxonomia da União Europeia e do CertifHy. Já o hidrogênio , obtido por eletrólise com eletricidade 100% renovável, apresenta emissões significativamente menores, variando entre 0 e 1,5 kgCO<sub>2</sub>e/kgH<sub>2</sub>, alinhado às diretrizes da Diretiva RED II da União Europeia.

O hidrogênio de biogás, produzido via reforma a vapor do biometano com CCS pode ter emissões que variam de -2 a 3 kgCO<sub>2</sub>e/kgH<sub>2</sub>, sendo potencialmente carbono-negativo dependendo da origem e do processo. Da mesma forma, o hidrogênio obtido a partir da gaseificação ou pirólise da biomassa apresenta emissões entre -5 e 2 kgCO<sub>2</sub>e/kgH<sub>2</sub>, sendo altamente eficiente do ponto de vista climático quando associado à captura de carbono. O hidrogênio, obtido pela pirólise do metano, pode apresentar emissões de 0 a 3 kgCO<sub>2</sub>e/kgH<sub>2</sub>, dependendo da eficiência do processo e do destino do carbono sólido resultante.

- Sugestão de inclusão no item B:

*“A produção por eletrólise deve incluir a exigência de comprovação de origem renovável da eletricidade utilizada por meio de garantias de origem (GOs), conforme prática internacional adotada no [CertifHy da União Europeia](#).”*

- Sugestão de critério C:

---

<sup>2</sup> De acordo com a [International Energy Agency \(IEA\)](#), a produção de hidrogênio a partir de gás natural sem captura de carbono resulta em uma intensidade de emissões na faixa de 10 a 14 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por kg de H<sub>2</sub> produzido. Portanto, a exigência de excluir tecnologias que não façam a captura e o armazenamento de carbono é justificada devido às altas emissões de gases de efeito estufa associadas a esse processo.

*“Implementação de práticas de valorização e reutilização de subprodutos gerados nos processos de produção de hidrogênio, com vistas à economia circular e à redução de impactos ambientais.”*

- Sugestão de item com lista de requisitos obrigatórios para os critérios A a C:

*“- Deve haver Análise de Ciclo de Vida (ACV) para comprovação das emissões de GEE, conforme a ISO 14067, e o uso de metodologias de certificação de carbono alinhadas ao CertifHy e ao [H2 Global](#).*

*- Exige-se a implementação de um sistema de rastreabilidade da energia consumida no processo de produção de hidrogênio, garantindo que a energia elétrica utilizada provém de fontes renováveis e seja certificada por garantias de origem.*

*- Deve-se usar ferramentas digitais para MRV (Monitoramento, Relato e Verificação), tais como tecnologias de blockchain e gêmeos digitais para monitoramento em tempo real, promovendo a integridade e a transparência dos dados de emissões de GEE e do consumo de energia.*

*- Deve-se assegurar que as metodologias de contabilização de GEE estejam alinhadas à ISO 14067 e ISO 19694, garantindo que as emissões ao longo do ciclo de vida do hidrogênio sejam contabilizadas de forma transparente e auditável.*

*- Deve-se garantir que a produção de hidrogênio seja suportada por infraestrutura de energia de backup, incluindo sistemas de armazenamento de energia elétrica (baterias ou supercapacitores) e fontes alternativas de energia renovável, para evitar interrupções de produção devido à indisponibilidade de eletricidade renovável.*

*- Devem ser mensurados Indicadores de Desempenho Climático, quais sejam:*

*a) emissões de GEE geradas na produção de hidrogênio, englobando emissões diretas (Escopo 1), indiretas de energia elétrica (Escopo 2) e emissões indiretas ao longo da cadeia de fornecimento (Escopo 3); Indicadores Chave: Intensidade de emissões de GEE (kgCO<sub>2</sub>e/kg H<sub>2</sub>) – Limite máximo: 7 kgCO<sub>2</sub>e/kg H<sub>2</sub> (Lei nº 14.948/2024). Emissões de GEE por Escopo (tCO<sub>2</sub>e/ano) – Emissões separadas por Escopos 1, 2 e 3. Emissões evitadas (tCO<sub>2</sub>e/ano) – Quantidade de emissões de GEE evitadas com a adoção de tecnologias de baixa emissão (comparação com hidrogênio cinza). Referências: **SASB – RT-CH-110a.1 e RT-CH-110a.2, GRI 305** – Emissões de GEE (Escopo 1, 2 e 3), **EFFAS KPIs ESG** – Intensidade de emissões (kgCO<sub>2</sub>e/MWh).*

*b) eficiência energética (%) - mede a eficiência da transformação da energia elétrica em energia química (H<sub>2</sub>) no processo de eletrólise. Indicadores Chave: eficiência energética do processo de eletrólise (%) – razão entre a energia química no hidrogênio e a energia elétrica consumida. Relação de conversão energia/hidrogênio (kg H<sub>2</sub>/MWh) – Quantidade de hidrogênio produzido por unidade de energia consumida. Padrões de Referência: **EFFAS KPIs ESG** – Eficiência energética no Escopo 1, **GRI 302** – Consumo de energia, **ISO 50001** – Eficiência Energética e **ISO 14067** – Pegada de Carbono de Produtos.*

*c) consumo de água (m<sup>3</sup>/kg H<sub>2</sub> produzido) - avalia a eficiência no uso de água, especialmente relevante para regiões de estresse hídrico. Indicadores Chave: Volume de água consumida (m<sup>3</sup>/kg*

*H<sub>2</sub>) – Indicador de eficiência hídrica. Porcentagem de reuso de água (%) – proporção de água reutilizada no processo. Padrões de Referência: GRI 303 – Captação, Consumo e Descarte de Água, EFFAS KPIs ESG – Eficiência no uso de água (m<sup>3</sup>/kg de H<sub>2</sub>) e ODS 6 – Água Potável e Saneamento.*

*d) pegada de carbono no Ciclo de Vida (LCA – Life Cycle Assessment) - mede as emissões de carbono ao longo de todo o ciclo de vida do hidrogênio, desde a extração de matérias-primas até o uso final. Indicadores Chave: Pegada de carbono total (kgCO<sub>2</sub>e/kg H<sub>2</sub>) – Emissões totais ao longo do ciclo de vida. Intensidade de emissões (kgCO<sub>2</sub>e/MWh) – Pegada de carbono associada ao consumo de eletricidade. Padrões de Referência: ISO 14067 – Pegada de Carbono de Produtos e ISO 14044 – Análise do Ciclo de Vida (LCA)."*

- **Requisitos de não prejudicar significativamente a nenhum dos objetivos ambientais**

São sugeridos os seguintes requisitos adicionais para os objetivos listados:

**a) Adaptação à mudança do clima:**

- Adotar tecnologia de eletrolisadores com capacidade de adaptação a variações de temperatura e umidade, permitindo a operação contínua mesmo em ondas de calor e secas prolongadas. As instalações devem ser equipadas com sistemas de controle de temperatura e umidade, que garantam a continuidade operacional e a eficiência dos eletrolisadores.

- Projetar e implementar instalações de produção de hidrogênio que resistam a condições climáticas adversas, incluindo inundações, ondas de calor, escassez hídrica, tempestades e ventos fortes. As estruturas críticas, como eletrolisadores, sistemas de reforma e gaseificação de biogás, devem ser adaptadas para suportar condições extremas, com reforço de drenagem, isolamento térmico de alta eficiência e controle de temperatura para reduzir riscos de evaporação e perda de eficiência dos sistemas de resfriamento e liquefação de hidrogênio.

- Desenvolver Planos de Contingência para Eventos Climáticos Extremos, incluindo protocolos de evacuação, interrupção de atividades e medidas para proteção de equipamentos e materiais críticos. Estes planos devem ser integrados a um Sistema de Gestão de Riscos Climáticos (SGRC) e revisados periodicamente com base nas projeções climáticas mais recentes. A exigência de planos de contingência aumenta a resiliência operacional e mitiga os riscos financeiros, ambientais e de segurança ocupacional. Esta abordagem é utilizada em políticas de descarbonização do [Banco Mundial](#) e na metodologia de "[Climate Resilience Plans](#)" da IEA.

**b) Uso sustentável e proteção dos recursos hídricos e marinhos:**

"- Realizar estudos de impacto hídrico e climático para avaliar a disponibilidade de água e as alterações na geração de energia renovável que podem afetar a produção de hidrogênio.

- Garantir a priorização do uso de águas residuais tratadas e a adoção de tecnologias de eletrólise com água do mar, para reduzir a dependência de água doce. A capacidade instalada deve contar com sistemas de recuperação de efluentes e reuso de água nas operações industriais."

Justificativa:

A produção de hidrogênio consome quantidades significativas de água, variando conforme a tecnologia empregada apresentada nos estudos pela [Argonne National Laboratory](#), sendo pela Eletrólise da água: aproximadamente 9 kg de água por kg de hidrogênio produzido. Reforma de metano a vapor (SMR) com captura e armazenamento de carbono (CCS): entre 13 e 18 kg de água por kg de hidrogênio. Esse elevado consumo hídrico é particularmente preocupante em regiões com escassez de água. Para mitigar esse impacto, alternativas como o uso de água do mar e águas residuais tratadas estão sendo exploradas. Contudo, a corrosão dos eletrodos representa um desafio técnico significativo na eletrólise com água do mar. Empresas como a [Siemens Energy](#) e a [Thyssenkrupp Nucera](#) estão desenvolvendo eletrolisadores avançados que utilizam água e energia renovável para produzir hidrogênio de forma eficiente e sustentável.

#### c) **Proteção e restauração da biodiversidade e dos ecossistemas:**

- Realizar o planejamento e a seleção de locais para a instalação de plantas de produção de hidrogênio priorizando áreas previamente degradadas, industriais ou de baixo valor de biodiversidade.

- Evitar a implantação de instalações em Áreas de Preservação Permanente (APP), Unidades de Conservação (UCs), zonas de amortecimento e áreas reconhecidas como "[Key Biodiversity Areas](#)" (KBAs) ou áreas designadas sob convenções internacionais, como a [Convenção de Ramsar](#).

- Elaborar Avaliação de Impacto de Biodiversidade (AIB) para qualquer instalação de produção de hidrogênio. A AIB deve abordar a identificação de espécies sensíveis, corredores ecológicos, impactos cumulativos e riscos associados a espécies migratórias. A avaliação deve considerar as diretrizes definidas pelo [IFC Performance Standard 6](#) e pela [Convenção sobre Diversidade Biológica \(CDB\)](#).

- Implementar e monitorar medidas de restauração de áreas degradadas e impactadas pela instalação de infraestruturas de produção de hidrogênio, priorizando a restauração ecológica com base no conceito de "[Rehabilitation for Biodiversity](#)". As medidas devem incluir replantio de vegetação nativa, controle de espécies invasoras, recuperação de solos compactados e reabilitação de corredores ecológicos para fauna. A restauração deve ser acompanhada de indicadores de sucesso e monitoramento contínuo por pelo menos cinco anos após a implantação do projeto.

- Aplicar a hierarquia de mitigação de impactos para todos os projetos de produção de hidrogênio, conforme os princípios da **IFC Performance Standard 6 (PS6)**. A hierarquia deve seguir a seguinte ordem de prioridade: (1) evitar o impacto, (2) minimizar o impacto, (3) restaurar

o impacto, e (4) compensar o impacto. A compensação deve ser a última medida, aplicada apenas após esgotar todas as alternativas de mitigação e restauração locais.

- Exigir o monitoramento contínuo das condições de biodiversidade nas áreas afetadas pelas instalações de produção de hidrogênio. O monitoramento deve ser realizado anualmente por pelo menos cinco anos, utilizando indicadores de biodiversidade (por exemplo, densidade de espécies, taxa de regeneração de vegetação nativa, presença de fauna). Relatórios anuais de conformidade devem ser enviados à autoridade reguladora e disponibilizados ao público, promovendo a transparência e o controle social.

#### d) **Transição para uma economia circular:**

- Priorizar o uso de resíduos sólidos urbanos (RSU) e lodo de estações de tratamento de esgoto (ETE) como fontes de insumos para a produção de hidrogênio.

- As plantas de hidrogênio que utilizarem RSU e lodo de ETE devem realizar uma triagem prévia para separação de materiais recicláveis e garantir que os resíduos perigosos sejam tratados adequadamente, minimizando riscos de contaminação ambiental.

- Implementar indicadores de desempenho para medir a eficiência dos processos de reaproveitamento de resíduos orgânicos na produção de hidrogênio. Os indicadores de circularidade devem incluir a **taxa de utilização de biomassa residual (% do total de insumos)**, **redução de resíduos destinados a aterros sanitários** e **proporção de resíduos reaproveitados**. Esses indicadores devem ser relatados anualmente e auditados por um organismo independente.

- Adotar a hierarquia de resíduos estabelecida pela [Lei nº 12.305/2010 \(Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS\)](#), garantindo que a produção de hidrogênio priorize o aproveitamento de resíduos orgânicos de forma a: (1) Reutilizar, (2) Reciclar, (3) Recuperar energia e (4) Dispor de forma controlada e responsável. Esse princípio deve ser aplicado para os resíduos sólidos urbanos (RSU), biomassa residual de atividades agroindustriais e lodo de estações de tratamento de esgoto (ETE).

- Maximização do Aproveitamento de Resíduos: aplicar o conceito de "economia circular" por meio de etapas que maximizam a reutilização, reciclagem e a recuperação de energia.

[Como exemplos práticos, no setor de biogás, o lodo de ETes e a biomassa residual já são amplamente utilizados como insumos para a produção de gás de síntese (syngas) e metano, sendo que o mesmo conceito pode ser aplicado à produção de hidrogênio.]

- Exigir a rastreabilidade e a certificação dos resíduos utilizados na produção de hidrogênio, com base nos princípios da **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)** e na **Diretiva Europeia de Economia Circular**. A rastreabilidade deve assegurar a identificação da origem dos resíduos e garantir que a biomassa e os resíduos utilizados não tenham origem em áreas de preservação ambiental ou áreas de alto valor de conservação (HCV - High Conservation Value).



- Fomentar a integração de tecnologias de conversão de resíduos orgânicos na produção de hidrogênio, como pirólise, gaseificação e digestão anaeróbica, priorizando a conversão de resíduos sólidos urbanos (RSU), lodo de estações de tratamento de esgoto (ETE), resíduos agroindustriais e biomassa residual. As instalações devem aplicar práticas de **controle de emissões atmosféricas**, de forma a minimizar as emissões de poluentes secundários, como dioxinas e furanos, durante o processo de conversão térmica.
- Implementar indicadores de circularidade para medir o desempenho dos processos de aproveitamento de resíduos orgânicos na produção de hidrogênio. Os indicadores devem incluir a **taxa de reciclagem**, **percentual de resíduos reutilizados** e a **quantidade de resíduos desviados de aterros sanitários**. Esses indicadores devem ser monitorados e reportados anualmente às autoridades reguladoras de acordo com as diretrizes da **PNRS**.

#### 1.10. D11 - Produção de Biogás e Biometano

Não temos nenhuma sugestão de exclusão de texto.

**Inclusões:** Para o critério A, a atividade deverá atender aos requisitos abaixo:

- Para que a produção de biogás e biometano ocorra com eficiência, faz-se necessária a adoção de tecnologias avançadas que otimizem os processos de digestão anaeróbia. Isso inclui a **utilização de reatores de fluxo contínuo e batelada, além de sistemas de purificação para conversão do biogás em biometano**, garantindo sua qualidade para injeção na rede de gás natural. Também se destaca a necessidade de **recuperar e reutilizar o calor residual gerado durante o processo**, promovendo maior eficiência energética.

Fontes:

1) <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/guia-pratico-do-biogas.pdf>

2) <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/probiogas-guia-etes.pdf>

3) <https://www.giz.de/en/downloads/probiogas-tecnologias-biogas.pdf>

- **Requisitos elencados no item “Não prejudicar significativamente outros objetivos ambientais”:**

##### a) **Mitigação das mudanças climáticas**

Com o objetivo de minimizar impactos climáticos, é essencial implementar mecanismos de redução de emissões fugitivas de metano e adoção de tecnologias de dessulfurização para remoção de H<sub>2</sub>S.

##### b) **Transição para a economia circular:**

A produção de biogás deverá comprovar a origem sustentável da biomassa utilizada, assegurando que os insumos sejam provenientes de fontes renováveis e compatíveis com a economia circular. Nesse sentido, além das tradicionais fontes como resíduos agroindustriais e dejetos animais, também devem ser incluídos **resíduos alimentares urbanos, lodo de estações de tratamento de esgoto e resíduos industriais orgânicos**. Isso amplia as possibilidades de aproveitamento de substratos e reduz a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários.

### **c) Prevenção e Controle de Contaminação:**

A captura e o uso do biogás em vez da liberação direta do metano para a atmosfera evitam emissões significativas de gases de efeito estufa. Tecnologias modernas de purificação permitem que o biogás seja convertido em biometano de alta qualidade, substituindo combustíveis poluentes e reduzindo a pegada de carbono do setor energético.

O controle da qualidade do ar é reforçado pelo uso de filtros avançados para remoção de contaminantes como o sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e outras impurezas presentes no biogás bruto. Esse processo melhora a segurança operacional e evita impactos ambientais adversos, garantindo uma combustão mais limpa e eficiente quando o biogás é utilizado para geração de energia.

Para garantir a segurança ambiental e evitar riscos de contaminação, as instalações de biogás devem seguir normas rigorosas para o manuseio de substratos e efluentes. Monitoramentos contínuos da qualidade do ar, água e solo devem ser implementados para assegurar a conformidade com os padrões ambientais.

### **Seções D8, D12, D13, D14, D15 e D16:**

Não temos observações

#### **1.11 Sugestão de Seção D17: energias renováveis para cocção**

Em regiões rurais de baixa renda, é comum o uso da lenha para cocção, levando tanto ao desmatamento quanto à degradação florestal.

Esse é um problema que não deve ser ignorado, devendo ser fomentadas tecnologias para uso mais eficiente ou substituição da lenha, tais como fogões movidos a energia solar, uso de cascas de côco no lugar da lenha, etc.

Sugere-se a inclusão da seguinte atividade:

- Fabricação de fogões ou combustíveis renováveis para cocção.

### **Referências:**

CAMARA, André Felipe *et al.* **Aproveitamento de cascas de coco para geração de energia térmica: potencialidades e desafios.** 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/339284371\\_Aproveitamento\\_de\\_cascas\\_de\\_coco\\_para\\_geracao\\_de\\_energia\\_termica\\_potencialidades\\_e\\_desafios](https://www.researchgate.net/publication/339284371_Aproveitamento_de_cascas_de_coco_para_geracao_de_energia_termica_potencialidades_e_desafios)

Instituto Perene. **Fogões mais eficientes para comunidades rurais.** Disponível em: <https://www.perene.org.br/fogoes-eficientes/>

SANTOS, Camila; FERRARETTO, Tânia. **Fogão solar: ferramenta viável para cozimento de alimentos a partir de materiais de baixo custo.** UFSC, 2016. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscaador.html?task=detalhes&id=W2403551072>

## 2 Observações sobre a seção dedicada ao objetivo “Adaptação à mudança do clima”

- **Sugestão para as Tabelas 1 (Atividades de Adaptação Elegíveis CNAE D) e 2 (Medidas de Adaptação Elegíveis CNAE D) – coluna Ameaças:**

Deve-se especificar ameaças por eventos climáticos adversos e/ou inusitados causados por mudanças climáticas.

- **Considerações para a Tabela 4 (Requisitos específicos para investimentos em adaptação para o setor energia) – Linha “Mitigação das Mudanças Climáticas”: A atividade/medida não leva a um aumento nas emissões líquidas de gases de efeito estufa.**

Há necessidade de mais especificidade em termos quantitativos, por exemplo, há aumento em relação as emissões por qual medida de tempo? Qual a porcentagem de aumento aceitável? Falta também um valor de referência ou uma faixa aceitável do total de emissões.

## 3 Níveis de contribuição à sustentabilidade

A classificação em vários “tons de verde” pode ser aprofundada tanto à luz de critérios ambientais quanto sociais. Para efeitos preliminares, elabora-se sugestão de que sejam adotados ao menos dois níveis de enquadramento:

### a) Verde claro:

a) novas usinas de produção, transmissão ou distribuição de eletricidade renovável, biogás ou biometano que atendam aos parâmetros quantitativos previstos nessa Taxonomia;

b) armazenamento de CO<sub>2</sub> e iluminação pública eficiente

### b) Verde escuro:

a) sistemas de eletricidade híbridos, que conjugam baixas emissões com resiliência às intempéries climáticas;

- b) sistemas de geração, transmissão ou distribuição de eletricidade renovável ou produção de biogás ou biometano para populações que não tinham acesso a esses serviços;
- c) medidas de eficiência energética ou hídrica para usinas de energia renovável já em funcionamento;
- d) armazenamento de energia usando baterias de água e sal;
- e) utilização de energias renováveis para cocção.